

ConBAP 2016

CONGRESSO BRASILEIRO DE
AGRICULTURA DE PRECISÃO

ANAIS



ConBAP 2016

CONGRESSO BRASILEIRO DE
AGRICULTURA DE PRECISÃO

ÍNDICE

7	QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO E RENDIMENTO DE GRÃOS DE FEIJÃO IRRIGADO EM SEMEADURA DIRETA
11	ANÁLISE DE OPERAÇÃO DESENVOLVIDA PARA ADUBAÇÃO LOCALIZADA DE FERTILIZANTE EM CANA-SOCA
15	PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE SOJA: VARIABILIDADE ESPACIAL SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA
19	AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR DE FORMA ESPACIALIZADA
23	VARIABILIDADE ESPACIAL DOS INDICES DE CLOROFILA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO SILAGEM
27	USO DA AP NO GERENCIAMENTO DE METADADOS DE LONGO PRAZO DE MONITORAMENTO DE PRAGAS DA MACIEIRA
31	VARIABILIDADE ESPACIAL DOS INDICES DE QUALIDADE DO FRUTO DE TOMATE INDUSTRIAL
35	ESPECTROSCOPIA DO VISÍVEL E DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO NA DIFERENCIAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS
39	MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE MAPAS DE NECESSIDADE DE CALAGEM PARA CULTURA DA SOJA
43	DETERMINAÇÃO DA TAXA VARIADA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CAPIMXARAÉS COM BASE NO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO (ISN)
48	VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO TOMATE INDUSTRIAL
52	VARIABILIDADE TEMPORAL DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EM AMAMBAI-MS
56	VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO TOMATE INDUSTRIAL
60	MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO POR MEIO DE SENSOR ÓPTICO ATIVO
64	PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ESPECTROSCOPIA E QUANTIFICAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DISPONÍVEIS NO SOLO
69	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E SUA INTERAÇÃO COM SEUS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA SECA DE BRACHIARIA BRIZANTHA E MILHETO
73	SATURAÇÃO DE BASES DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM ARROZ EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA
77	RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO MPRI E NDVI: A POSSIBILIDADE DO USO DE CÂMERAS SEM INFRAVERMELHO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO
81	O EVI2 E O DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM SOLO ARGISOLO E ARENOSO: UM ESTUDO SOBRE O SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO AGRÍCOLA
85	FOTOGRAFIAS OBTIDAS COM VANT COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DE PLANTIO
89	MÉTODOS DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO NA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO
93	UTILIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO PRODUTOR NA GERAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO
97	MONITORAMENTO DA UMIDADE DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE DE MILHO POR MEIO DE CARTAS DE CONTROLE
101	RELAÇÃO DO NDVI E PRODUTIVIDADE DE MILHO SEMEADO EM ESPAÇAMENTO CONVENCIONAL E EM LINHAS GÊMEAS

ÍNDICE

- 105** RELAÇÃO TEMPORAL DO NDVI COM PRODUTIVIDADE DE MILHO SEMEADO EM LINHAS GÊMEAS E DIFERENTES POPULAÇÕES
-
- 109** CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO COMO FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO EM LAVOURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR
-
- 113** DELINEAMENTO DE ZONAS DE MANEJO PARA A CAFEICULTURA DE PRECISÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS COM A PRODUTIVIDADE
-
- 117** USO DE SENSORES ELÉTRICOS PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA AVALIAÇÃO DE VARIABILIDADE ESPACIAL DO PH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO
-
- 121** SPATIAL ANALYSIS OF SOIL ATTRIBUTES RELATED TO SALINITY IN A MANGO IRRIGATED AREA IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID
-
- 125** ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA Vis-NIR: UMA ALTERNATIVA ÀS ANÁLISES QUÍMICAS TRADICIONAIS DE SOLO
-
- 130** SENSOR A LASER PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BIOMÉTRICOS NA CANA-DE-AÇÚCAR
-
- 134** MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DA MODELAGEM DIGITAL DO DOSSEL COM IMAGENS OBTIDAS COM RPA (DRONE)
-
- 138** AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE EM UMA LAVOURA DE CACAU EM SEIS ÉPOCAS
-
- 142** QUANTIFICAÇÃO DE ERROS ENTRE PASSADAS DE UM CONJUNTO TRATOR-CARRETAS TRANSBORDO DURANTE A COLHEITA DA CANA DE AÇÚCAR
-
- 146** RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES EM ZONAS DE MANEJO COM BASE NA PRODUTIVIDADE POTENCIAL SIMULADA
-
- 150** VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO CULTIVADO COM ARROZ EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
-
- 154** DESEMPENHO DO MECANISMO DOSADOR DE FERTILIZANTES EM TAXAS VARIÁVEIS DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA DE PRECISÃO SOB DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO
-
- 158** PLATAFORMA MULTISENORES DE SOLO: PROPOSTA E TESTES INICIAIS
-
- 162** ÍNDICE DE MATURAÇÃO DE CAFÉ POR PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS
-
- 166** DETECÇÃO DE ANOMALIAS VEGETAIS EM TALHÕES CANAVIEIROS POR MEIO DE MODELAGEM ESPAÇO TEMPORAL DO VIGOR RELATIVO DE FITOMASSA
-
- 170** CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DE SOLOS EM AMBIENTE DE CERRADO: DISPERSÃO DOS VALORES E VARIABILIDADE ESPACIAL EM ALGUMAS LAVOURAS
-
- 174** EVOLUÇÃO DE FALHA DE PERFILHAMENTO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR
-
- 178** VALIDAÇÃO DE LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO REALIZADO PELO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO - EBEE - SENSEFLY
-
- 181** COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DELINEAMENTO DE UNIDADES DO VIGOR DE PLANTAS DE SOJA
-
- 185** ANÁLISE COMPARATIVA DO CAFÉ IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL E IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO
-
- 188** DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PARÂMETROS OPERACIONAIS NO PREPARO PRIMÁRIO DO SOLO
-
- 193** ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO ATRAVÉS DE SENSOR ÓPTICO DE VEGETAÇÃO
-
- 197** ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA A CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA EM ESTUDOS DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS SOLOS
-

ÍNDICE

- 201** METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE PLANTAS DANINHAS UTILIZANDO IMAGENS PONTUAIS A BAIXA ALTURA DO SOLO
-
- 206** USO DE UM SISTEMA AÉREO NÃO TRIPULADO PARA MONITORAMENTO DE BOVINOS EM PASTAGENS
-
- 211** VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO
-
- 215** AVALIAÇÃO DOS ERROS DE PARALELISMO DE CONJUNTOS MECANIZADOS UTILIZANDO SISTEMA DE CORREÇÃO VIA SATÉLITE
-
- 219** CAPACIDADE OPERACIONAL DE ARRANQUIO-ENLEIRAMENTO DE AMENDOIM EM DIFERENTES TIPOS DE MANOBRAS
-
- 223** VARIABILIDADE ESPACIAL DOS TEORES DE ALUMÍNIO NO SOLO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO
-
- 227** IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS EM LAVOURAS DE MILHO EM IMAGENS CAPTURADAS POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP), USANDO CLASSIFICADOR RANDOM FOREST
-
- 231** PLANEJAMENTO AMOSTRAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CAFÉ NO SUDOESTE DE MINAS GERAIS
-
- 235** CRIAÇÃO DE MAPAS DE PRESCRIÇÃO DE NITROGÊNIO EM DOSES VARIADAS PARA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE DADOS DE SENSOR DE DOSSEL
-
- 239** ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NA ESTIMATIVA DA TAXA DE APLICAÇÃO AGRÍCOLA E DEPOSIÇÃO NA CULTURA DO MILHO
-
- 243** PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO SOB SUCESSÃO SOJA-MILHO EM SEMEADURA DIRETA POR 11 ANOS
-
- 247** CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE (CE_a) COMO INDICADOR DE LA VARIABILIDAD DE UN SUELO CULTIVADO CON ARROZ EN CONDICIONES TROPICALES
-
- 251** EFEITO DA SISTEMATIZAÇÃO POR DECLIVIDADE VARIÁVEL NO MICRORRELEVO DE TALHÃO CULTIVADO COM ARROZ NO PACÍFICO CENTRAL DA COSTA RICA
-
- 255** ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DO SOLO BASEADA NO COMPORTAMENTO ESTOCÁSTICO ESPACIAL DOS ESFORÇOS ATUANTES EM UMA HASTE SUCALDORA ESTREITA
-
- 259** QUALIDADE DA OPERAÇÃO DE SEMEADURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE ENGRENAGEM DA UNIDADE DE DEPOSIÇÃO DE SEMENTES
-
- 263** AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM ÁREA SUBSOLADA E NÃO SUBSOLADA EM PIVÔ CENTRAL POR MEIO DA GEOESTATÍSTICA
-
- 267** CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA COMPACTAÇÃO DO SOLO USANDO A TÉCNICA DE KRIGAGEM
-
- 271** USO DE UM SISTEMA AÉREO NÃO TRIPULADO NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR E DO EUCALIPTO
-
- 275** SENSOR DE REFLETÂNCIA DO DOSSEL PARA IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES COM CRESCIMENTO DIFERENCIADO EM LAVOURAS DE SOJA
-
- 279** VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE E SUA CORRELAÇÃO COM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS NA CULTURA DA SOJA
-
- 283** ACURÁCIA DO DIRECIONAMENTO AUTOMÁTICO DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DOS TURNOS DE OPERAÇÃO
-
- 287** AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TEMPORAL DO TEOR DE CLOROFILA EM UMA LAVOURA DE CACAU EM SEIS ÉPOCAS
-
- 291** DESENVOLVIMENTO DE MEDIDOR DE PULSOS DE ALTA FREQUÊNCIA COM INTERFACE BLUETOOTH DEDICADO A SENSORES CAPACITIVOS DE UMIDADE DO SOLO
-

ÍNDICE

- 295** APTIDÃO À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA EM JABOTICABAL-SP
-
- 299** SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DE MILHO
-
- 303** PROJETO ADAPTATIVO DE EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO PARA CONTROLE VARIÁVEL DE PROFUNDIDADE DE ESCARIFICAÇÃO
-
- 307** ZONAS DE MANEJO EM POMAR DE VIDEIRA DE MESA COM BASE EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO
-
- 311** DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MODELOS NEURAL E FUZZY PARA ESTIMATIVA DE TEMPERATURA RETAL DE BOVINOS UTILIZANDO TERMOGRAFIADA INFRAVERMELHO
-
- 315** VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO TEOR DE POTÁSSIO, EM SOLO E FOLHA, EM TRÊS ÉPOCAS, NA CAFEICULTURA DE PRECISÃO
-
- 319** VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO FÓSFORO DISPONÍVEL E DO FÓSFORO REMANESCENTE, EM TRÊS ÉPOCAS, NA CAFEICULTURA DE PRECISÃO
-
- 323** DENSIDADE DE PONTOS GERADOS POR MONITOR DE PRODUTIVIDADE PARA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE
-
- 327** COMPARAÇÃO DE DOIS PENETRÔMETROS SUBMETIDOS A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO
-
- 331** MONITORAMENTO DA ACURÁCIA E PRECISÃO POR MEIO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO
-
- 335** USO DE SOFTWARE CAD COMO AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NA SEMEADURA MECANIZADA DE AMENDOIM
-
- 339** SENSORIAMENTO REMOTO E PROXIMAL COMO FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DE ATRIBUTOS DO SOLO COM REDUÇÃO DE AMOSTRAGEM EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR
-
- 343** COMPARATIVO SOBRE A VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES
-
- 346** CLASSES DE NDVI COMO FERRAMENTA PARA RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO EM MILHO
-

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO E RENDIMENTO DE GRÃOS DE FEIJÃO IRRIGADO EM SEMEADURA DIRETA

RENAN FRANCISCO RIMOLDI TAVANTI¹, ONÁ DA SILVA FREDDI², MOREL DE PASSOS E CARVALHO³, MARCELO ANDREOTTI³, RAFAEL MONTANARI³

¹ Eng° Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, UFMT, Sinop-MT. E-mail: renan.tavanti@hotmail.com.br

² Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira-SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A produtividade média do feijoeiro comum no Brasil é considerada baixa, quando se comparada ao potencial produtivo das cultivares utilizadas. As condições químicas e físicas do solo, decorrentes de adubações superficiais e a compactação ocasionada pelo não revolvimento do solo em áreas irrigadas e de semeadura direta, podem ser alguns dos fatores que limitam o rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi determinar a distribuição espacial e a correlação de atributos físicos e químicos do solo com a produtividade do feijão irrigado cultivado em sistema de semeadura direta. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho distroférico localizado no município de Selvíria (MS), região do bioma Cerrado. Para coleta dos dados instalou-se uma malha amostral contendo 121 pontos distribuídos em uma área de 1815 m². Com isso, determinou-se a resistência do solo à penetração (Rp), umidade gravimétrica (Ug) e os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ do solo e a produtividade de grãos do feijão (Pg). Observou-se que em locais com teores de Al³⁺ entre 9 e 15 mmol_c dm⁻³ a Pg foi inferior a 2530 kg ha⁻¹. O solo apresentou locais com Rp inferiores a 2 MPa, mas também locais com RP atingindo valores de 4,67 MPa, entretanto, sem correlação com a produtividade do feijão.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; sustentabilidade agrícola, geoestatística multivariada.

PHYSICO-CHEMICAL QUALITY OF AN TYPIC ACRUSTOX AND THE YIELD OF IRRIGATED BEANS IN NO-TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT: The average productivity of common bean in Brazil is considered low when compared to the productive potential of the cultivars used. The chemical and physical soil conditions resulting from superficial fertilizations and compaction caused by direct seeding system in irrigated areas may be some of the factors that limit productivity. The objective of this study was to determine the spatial distribution and correlation of physical properties and chemical soil with productivity of irrigated beans cultivated in no-tillage system. The study was conducted in a Typic Acrustox located in Selvíria (MS), the Cerrado region. For data collection installed a sampling grid containing 121 points distributed over an area of 1815 m². Therefore, we determined the soil penetration resistance (Rp), gravimetric humidity (Ug) and Ca²⁺ concentrations, Mg²⁺ and Al³⁺ in the soil. It was observed that in areas with Al³⁺ content between 9 and 15 mmol_c dm⁻³ was inferior productivity to 2530 kg ha⁻¹. The soil showed places with Rp of less than 2 MPa, but also with local Rp reaching values of 4.67 MPa, however, no correlation with bean productivity.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; agricultural sustainability, multivariate geostatistics.

INTRODUÇÃO: No Brasil, o feijão comum foi cultivado em 3,4 milhões de hectares na safra 2014/2015, com uma produção registrada em 3,1 milhões de toneladas e uma produtividade média de grãos de 1025 kg ha⁻¹. Contudo, na região Centro-Oeste, o feijão de inverno atingiu produtividade média de 2672 kg ha⁻¹, para a mesma safra (CONAB 2016). Dentre as técnicas indispensáveis e que asseguram a viabilidade do cultivo de feijão neste período estão o uso da irrigação e o sistema de semeadura direta (SSD), associado também a menor incidência

de pragas e doenças neste período. Segundo Dalchiavon et al. (2013) uma das limitações do potencial produtivo do feijão é a condição de fertilidade dos solos, que foge do ideal. Uma vez que o não revolvimento do solo contribui para alterações na variabilidade vertical e horizontal dos solos. Em áreas irrigadas a compactação superficial também pode ser um fator limitante à produtividade do feijoeiro. Segundo Collares et al. (2008) a produtividade de feijão foi reduzida em 17% em área de plantio direto com compactação adicional quando comparada a área de plantio direto de 6 anos sem compactação adicional. Devido a essa heterogeneidade das propriedades do solo submetido ao SSD, o mapeamento destes atributos se faz necessário às tomadas de decisões e manutenção dos sistemas de produção agrícola. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi determinar a distribuição espacial e correlação dos atributos físicos e químicos do solo com a produtividade do feijão em semeadura direta, utilizando, de forma conjunta, as técnicas de análise de componentes principais e a geoestatística, buscando um maior entendimento entre as relações solo e planta.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, situada no município de Selvíria-MS, nas coordenadas 20°22'02"S e 51°25'08"O, região de Cerrado. O clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw, segundo a classificação de Köppen), com duas estações, chuvas no verão e seca no inverno. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico muito argiloso, A moderado, hiperdistrófico, álico, caulínítico, férrico, muito profundo, moderadamente ácido (Typic Acrustox), com valores de 620 g kg⁻¹ de argila, 100 g kg⁻¹ de silte, 60 g kg⁻¹ de areia grossa e 220 g kg⁻¹ de areia fina. A semeadura do feijão foi realizada em 10/04/2012, sendo utilizada a cultivar Alvorada, no espaçamento de 0,45 m entre linhas e densidade de 16 plantas por metro linear. As práticas de manejo da cultura foram procedidas homoganeamente em toda a área experimental seguindo as recomendações técnicas para o cultivo do feijão irrigado na região. Para o mapeamento dos atributos químicos e físicos do solo construiu-se uma malha de amostragem retangular, contendo 11 linhas e colunas. O espaçamento utilizado foi de 5 m no sentido da linha e 3 m nas entrelinhas, totalizando 121 pontos distribuídos em uma área de 1815 m². Em cada ponto da malha, retirou-se uma amostra deformada na camada de 0-0,20 m para determinação dos teores de Ca²⁺, Mg²⁺, e Al³⁺. As análises foram realizadas conforme a metodologia descrita por Raij et al. (2001). Para determinação da resistência do solo à penetração (Rp) foi utilizado um penetrômetro de impacto Stolf (1991) em cada ponto amostral, considerando-se a camada de 0-0,20 m. Concomitantemente, foram coletadas amostras de estrutura deformada na mesma camada para determinação da umidade gravimétrica do solo (Ug) conforme Embrapa (1997). A produtividade de grãos (Pg) foi determinada através das plantas coletadas no entorno de cada ponto amostral, em uma área útil de 3,24 m² (1,8 x 1,8 m). Posteriormente, foi extrapolada para a área de um hectare, considerando-se a umidade de 13%. Foram realizados três métodos estatísticos. Inicialmente procedeu-se a análise descritiva dos dados para estudo explanatório, posteriormente foi verificada a normalidade pelo teste de Shapiro Wilk a 0,05 de probabilidade. Os atributos do solo foram padronizados para apresentar variância 1 e média 0 e então submetidos a análise de componentes principais. A seleção do número de componentes foi baseada segundo critério proposto por Hair (2005). Os dados da Pg e os escores dos componentes principais (Cps) foram submetidos à análise geoestatística, a qual constituiu-se da modelagem dos semivariogramas e interpolados por krigagem ordinária para elaboração de mapas de contorno com intervalos equidistantes. Ao final testou-se a obtenção do semivariograma cruzado entre os Cps e a Pg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A produtividade média de grãos obtida para o feijoeiro foi de 2635,31 kg ha⁻¹, semelhante à região Centro-Oeste, que foi de 2543 kg ha⁻¹ no ano de 2015 (CONAB, 2016). Verifica-se que a amplitude dos dados de Pg, devido ao coeficiente de variação de 13,65%, atingiu valores abaixo da média do Centro-Oeste, atingindo valor mínimo de 1744 kg ha⁻¹ em alguns locais da área. O Latossolo apresentou Rp média de 2,76 MPa e elevado coeficiente de variação, resultando em uma amplitude na Rp de 1,54 a 4,67 MPa. Para determinação da Rp a campo, recomenda-se que o solo esteja com dois terços dos microporos preenchidos com água, o que foi atendido com a UG média de 0,23 kg kg⁻¹. Na caracterização da fertilidade do solo empregou-se os critérios estabelecidos por Raij et al. (1996). Verifica-se que os teores médios de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo foram classificados como alto para cálcio com 11,13 mmol_c dm⁻³, e médio para magnésio com 7,52 mmol_c dm⁻³. Foi verificado elevado teor médio de Al³⁺ de 7,44 mmol_c dm⁻³. O coeficiente de variação foi classificado como baixo para Ug, médio para Pg e Rp e alto para Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺. Com isso, observa-se heterogeneidade com relação à fertilidade do solo, e assim como para a Rp a variabilidade dos atributos químicos pode ter limitado a Pg. O teste de Shapiro Wilk confirmou a distribuição do tipo normal para a Pg e Ug.

TABELA 1. Análise descritiva dos atributos físicos e químicos do Latossolo Vermelho distroférico e da produtividade de grãos do feijão no sistema de semeadura direta. **Descriptive analysis of physical and chemical attributes of Typic Acrustox and productivity of beans in no-tillage system.**

Atributos	Pg (kg ha ⁻¹)	Rp (MPa)	Ug (kg kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)
Média	2635,31	2,76	0,23	11,13	7,52	7,44
Mínimo	1744,00	1,54	0,20	4,00	3,00	1,00
Máximo	3565,00	4,67	0,26	19,00	15,00	16,00
Erro ¹	±32,85	±0,06	±0,00	±0,37	±0,24	±0,33
Cv ²	13,42	25,00	4,34	36,20	35,50	48,92
Pr>w ³	0,65 ^N	0,01 ^T	0,56 ^N	0,00 ^T	0,00 ^T	0,00 ^T

¹ Erro padrão da média; ² Cv: coeficiente de variação (%); ³ Pr>w: teste de Shapiro Wilk a 0,05 de probabilidade, sendo ^N distribuição normal de frequências e ^T distribuição tendendo ao normal.

Os atributos físicos e químicos do solo foram submetidos a análise de componentes principais, ao qual foram extraídos 2 componentes que juntos corresponderam a 71,10% da variância total dos dados. O primeiro componente principal Cp1, denominado fertilidade do solo, apresentou autovalor de 2,45 e foi responsável por 49,03% de variância total, sendo positivamente correlacionado ao Ca²⁺ e Mg²⁺ com coeficientes de correlação de 0,92 e 0,94, respectivamente. O Al³⁺ foi correlacionado neste Cp com coeficiente de correlação negativo de -0,82. Em relação ao segundo componente principal (Cp2), denominado condição física do solo, este foi responsável por 22,07% da variância total, sendo correlacionado positivamente com Rp e negativamente com Ug, com coeficientes de correlação de 0,69 e -0,77, respectivamente. Este Cp apresentou autovalor de 1,10, justificando sua menor variância explicada quando comparado ao Cp1. A análise geoestatística foi realizada com intuito de mapear a Pg e escores dos Cps obtidos na análise de componentes principais. Com isso observou-se elevada dependência espacial para Cp2 e moderada para Pg e Cp1 (Tabela 2). O Cp1 apresentou o maior alcance de 36,92 m, indicando maior continuidade dos atributos químicos do solo no espaço em relação a Pg. Por meio da validação cruzada pode-se constatar a qualidade dos ajustes dos semivariogramas com coeficientes angulares (b) acima de 0,75, referentes ao modelo linear entre os valores observados e estimados.

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade de grãos do feijão e componentes principais do Latossolo Vermelho distroférico. **Parameters set semivariograms for bean grain yield and principal components of Typic Acrustox.**

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste							Validação cruzada		
	Mod ¹	Co	Co+C	Ao ²	SQR ³	r ²	ADE ⁴	a	b	R
Pg	exp	44237,32	145700,00	35,49	4,38E+08	0,94	69	-0,88	0,99	0,62
Cp1	gau	0,61	1,23	36,92	0,14	0,76	50	0,01	0,99	0,50
Cp2	exp	0,08	0,99	4,29	0,12	0,03	91	-0,01	0,76	0,12
Pg = f(Cp1)	esf	0,10	62,53	7,97	2464,00	0,30	99	503,36	0,80	0,63

¹ Mod: corresponde aos modelos esférico (esf), exponencial (exp) e efeito pepita puro (epp); ² Ao: corresponde ao alcance (m); ³ SQR: soma de quadrados do resíduo; ⁴ ADE: avaliador de dependência espacial (%).

A correlação espacial entre Pg e os Cps foi testada pela formação do semivariograma cruzado, o que foi conseguido entre o Cp1 versus a Pg. Com isso, verificou-se que a variabilidade espacial da Pg se correlacionou de forma direta com a distribuição espacial dos atributos químicos do solo. O semivariograma cruzado ajustou-se ao modelo esférico, com elevada dependência espacial e alcance de 7,97 m. Na validação cruzada apresentou coeficiente angular de 0,80 que indica ajuste satisfatório do modelo. Pelo mapa do Cp1 (Figura 1) observa-se que os escores abaixo de -0,5 corresponderam a 19,05% da área, indicando os maiores teores de Al³⁺. Neste intervalo houve uma variação no teor de Al³⁺ entre 9 e 16 mmol_c dm⁻³, e nos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ entre 4 e 8 mmol_c dm⁻³ e 3 e 5 mmol_c dm⁻³, respectivamente. As classes representadas pelos escores maiores ou iguais a -0,5 representaram a melhor condição de fertilidade do solo. Neste intervalo os teores Ca²⁺ e Mg²⁺ atingiram 19 e 15 mmol_c dm⁻³, respectivamente, o teor de Al³⁺ nestas regiões foi em média de 5 mmol_c dm⁻³. Com relação ao Cp2 (Figura 1) verifica-se pelo mapa que 29,97% da área apresentou escores acima de 0,2. Nesta região a Rp variou entre 3,49 e 4,67 MPa. Nos 70,03% onde os scores foram inferiores a 0,2 os valores de Rp variaram entre 1,54 e 3,48 MPa. Não houve correlação espacial entre o Cp2 e a Pg, sendo que a variação da Rp dentro estes limites não foram limitantes a Pg.

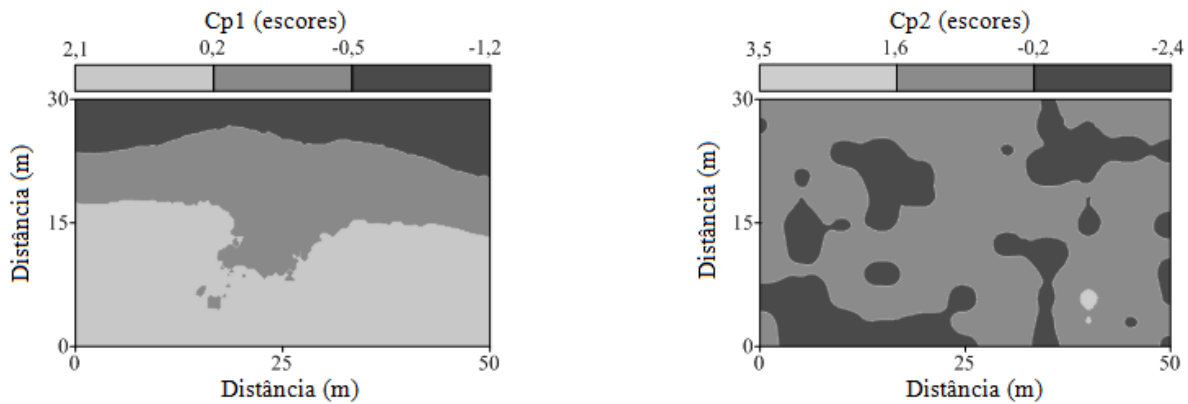


FIGURA 1. Mapa dos escores referentes ao primeiro e segundo componente principal. **Map of scores for the first and second principal component.**

Pelo mapa da Pg observa-se que 36,05% da área foi representada pela classe de produtividades inferiores a 2530 kg ha⁻¹, e 63,95% representada por produtividades entre 2531 e 3565 kg ha⁻¹. Devido ao semivariograma cruzado entre Pg e Cp1, a distribuição da classe de elevada produtividade coincidiu com os maiores escores no mapa do Cp1. Nestas regiões os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ estiveram entre 10 e 19 mmol_c dm⁻³, e 5 e 15 mmol_c dm⁻³, respectivamente. Nas regiões de baixa produtividade os teores de Al³⁺ foram elevados entre 9 e 16 mmol_c dm⁻³.

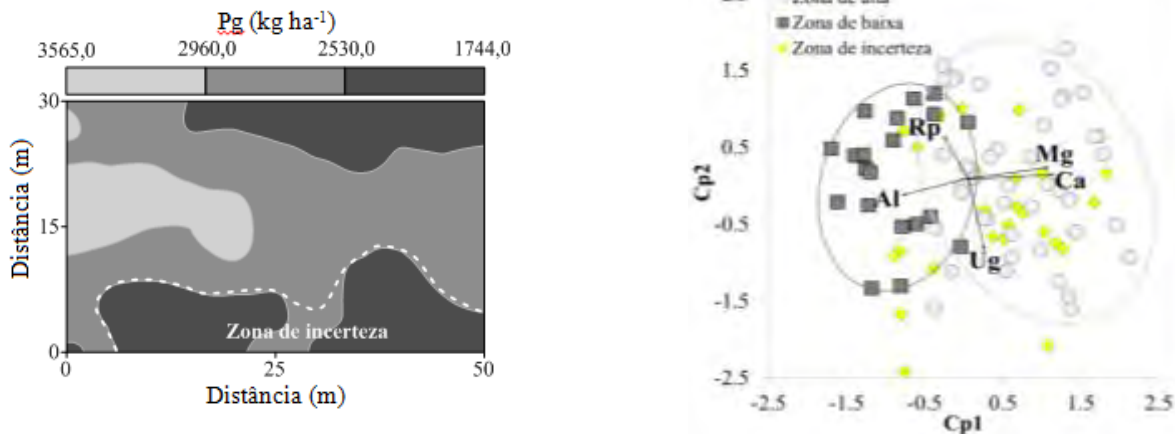


FIGURA 2. Mapa da produtividade de grãos de feijão e scree plot dos componentes principais 1 e 2 indicando os escores correspondentes às zonas de alta e baixa produtividade e zona de incerteza. **Map bean grain yield and scree plot of the principal components 1 and 2 indicating the corresponding scores to high and low productivity zones and uncertainty zone.**

Contudo houve a existência de uma “zona de incerteza”, em que os níveis de Al³⁺ foram baixos e na qual a baixa Pg não pode ser justificada pelos atributos avaliados.

CONCLUSÃO: Os atributos físicos e químicos do solo foram resumidos em 2 componentes principais. Houve correlação positiva entre a variabilidade espacial da produtividade de grãos e o primeiro componente principal. As maiores produtividades foram observadas em condições de maior teor de Ca²⁺ e Mg²⁺. Valores de resistência do solo à penetração de até 4,67 MPa não foram restritivas à produtividade do feijão.

REFERÊNCIAS:

- COLLARES, G. L., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., KAISER, D. R. Compactação de um Latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.933-942, 2008.
- DALCHIAVON, F. C., CARVALHO, M. P., MONTANARI, R., ANDREOTTI, M. Strategy of specification of management areas: rice grainyield as related to soil fertility. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.45-54, 2013.
- van RAIJ, B., CANTARELA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C. *Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC. 1996.
- HAIR, J. F. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre, Bookman. p.593, 2005.

ANÁLISE DE OPERAÇÃO DESENVOLVIDA PARA ADUBAÇÃO LOCALIZADA DE FERTILIZANTE EM CANA-SOCA

MARCELO J. DA SILVA¹, PAULO S. GRAZIANO MAGALHÃES^{2*}

¹ Eng^o Agrícola, Doutorando. Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP, Fone: (XX19)35211008, marcelo.jose@feagri.unicamp.br

² Eng^o Agrícola, Prof. Doutor. Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Campinas-SP, Fone: (XX19)35211053, graziano@agr.unicamp.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Após a colheita mecanizada da cana-de-açúcar, durante a brotação das soqueiras, geralmente, o fertilizante nitrogenado é aplicado incorporado ao solo por meio de sulcos ou aplicado em superfície. Na aplicação em superfície, a eficiência na absorção dos nutrientes pelas plantas pode ser reduzida por perdas, como a volatilização de amônia. Também, a camada de palha sobre a superfície atua como uma barreira entre o fertilizante e a camada superficial do solo. Em contraposição, a aplicação incorporada pode reduzir a volatilização de amônia, combinado a maior eficiência no uso do fertilizante pelas plantas. No entanto, o processo de abertura de sulcos é dificultado pela palha deixada sobre a superfície do solo (~10 a 20 Mg ha⁻¹), além disso, o processo danifica parcialmente as raízes utilizadas na absorção dos nutrientes. Considerando a lacuna tecnológica, temos trabalhado no desenvolvimento de um equipamento para aplicação localizada de fertilizante em cana-soca, utilizando mínima mobilização do sistema (solo-palha-raízes) por meio de processo de puncionamento no solo para a injeção de adubo líquido. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar qualidade da operação de aplicação realizada em nível de caixa de solo. Em geral, as aplicações foram consideradas adequadas às exigências da aplicação localizada. Na operação mecanizada, o fluido foi incorporado no solo com baixo coeficiente de variação (13%) das doses médias, utilizando o princípio de puncionamento.

PALAVRAS-CHAVE: adubação nitrogenada, adubadora, aplicação incorporada de fertilizante.

ABSTRACT: After mechanical green cane harvesting, during cane sprouting, it is common performing nitrogen fertilization by means of continuous incorporation or at surface application. On surface application, uptake efficiency of nutrients by the plants may be reduced due to losses, such as ammonia volatilization. Also, crop residues left on surface works as a barrier between the fertilizer and soil. In contrast, incorporation nitrogen fertilizers can reduce ammonia volatilization, combined with greater nitrogen efficient use by the plants. However, the opening furrows process is hampered by the straw layer left on the soil surface (~10 to 20 t ha⁻¹), besides partially damage in the roots used to nutrients uptake. Considering the technological gap, we have been working on developing of equipment for site-specific management (SSM) applied to nitrogen fertilization in ratoon cane, by means of minimal mobilization (soil-straw-roots) through soil punching process to liquid fertilizer injection. In this work, objective was performing evaluation of liquid injection operation quality, at soil bin level. In general, the applications were considered appropriate to the requirements raised to SSM. At mechanized operation, the fluid was incorporated into the soil with low coefficient of variation (13%) to the average doses, using the working principle of soil punching.

KEYWORDS: nitrogen fertilization, fertilizer machine, deep placement of fertilizers.

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene com colheita anual. Após a colheita, geralmente é realizada uma adubação nitrogenada, principalmente para a reposição dos nutrientes exportados pela colheita. No Brasil, o processo de aplicação de fertilizantes nitrogenados têm sofrido alterações, sobretudo, devido aos

resíduos vegetais deixados na superfície após a colheita mecanizada, sem queima. Na aplicação de fertilizantes nitrogenados sobre a superfície do solo, o processo pode favorecer perdas por volatilização de amônia (NH₃) e escoamento superficial, reduzindo a eficiência de absorção dos nutrientes; além disso, na aplicação de fertilizantes nitrogenados sobre a palha, as perdas do fertilizante por volatilização de amônia podem ser de 20% a 40% (COSTA et al., 2003), principalmente quando utilizado a ureia, comumente empregada em áreas de cana-soca. O fornecimento do adubo nitrogenado incorporado no solo, próximo às raízes da cana-de-açúcar é uma alternativa para aumentar a disponibilidade dos nutrientes no solo e reduzir perdas para o meio ambiente (PRASERTSAK et al., 2002). No entanto, o processo de abertura de sulcos é dificultado pela palha deixada sobre a superfície do solo, além disso, o processo danifica parcialmente as raízes utilizadas na absorção dos nutrientes. Atualmente, não existe processo para adubação em cana soca que contemple a incorporação de adubo líquido no solo com mínima mobilização, redução de danos ao sistema radicular e eficácia de absorção dos nutrientes. Uma alternativa proposta é a adubação localizada por meio de processo mecanizado de puncionamento no solo para a injeção de adubo líquido. Para realizar a operação foi desenvolvido um mecanismo puncionador e um sistema hidráulico injetor (SILVA; MAGALHÃES, 2014). Neste trabalho, o objetivo foi avaliar qualidade da operação realizada em nível de caixa de solo.

MATERIAL E MÉTODOS: No desenvolvimento de processo para a aplicação localizada de fertilizante em cana-soca, os requisitos exigidos para aplicação incorporada foram reduzir a mobilização do sistema (solo-palha-raízes) por meio de princípio de puncionamento no solo. Para tanto, a profundidade de aplicação foi estabelecida em 50-100 mm para reduzir a volatilização de amônia (PRASERTSAK et al., 2002); na operação foi determinada também uma distância entre as aplicações de aproximadamente 300 mm (Figura 1C), uma distância média entre soqueiras de cana-de-açúcar. Para viabilizar a operação de perfuração do solo foi desenvolvido um protótipo com mecanismo puncionador (Figuras 1A e 1B). O sistema puncionador foi projetado para realizar perfurações equidistantes no solo durante uma operação mecanizada (SILVA; MAGALHÃES, 2014). De acordo com o princípio de funcionamento do mecanismo puncionador, a velocidade relativa na direção do deslocamento da máquina é anulada durante a perfuração vertical até a profundidade de aplicação, porém, quando o mecanismo é acionado sobre o solo, o deslocamento puncionador ocorre na direção da próxima aplicação (Figura 1C). Desse modo, o sincronismo mecânico é fundamental para o processo de aplicação. A condição foi mantida utilizando transmissões por meio de correntes/rodas dentadas e engrenagens. Na operação de puncionamento no solo, o fornecimento do adubo líquido às plantas deve ser realizado no intervalo em que o sistema mecânico perfura o solo, com dose de aplicação de acordo com a recomendação agrônômica. Para atender os requisitos da operação, a solução encontrada foi desenvolver um sistema injetor fundamentado em uma bomba injetora de pistão. Em síntese, o sistema hidráulico proposto para realizar a aplicação do fertilizante foi composto por um reservatório, uma bomba dosadora-injetora e uma sonda injetora fixada ao mecanismo puncionador (Figura 1D). No sistema, a perfuração do solo sincronizada com a injeção do fluido foi garantida pelo acionamento do sistema dosador utilizando um came excêntrico. Enquanto, a variação de dose aplicada em função da recomendação agrônômica foi determinada utilizando o controle do volume destinado ao retorno do fluido para o reservatório. Após a confecção do sistema dosador-injetor, uma montagem experimental foi realizada em caixa de solo, com metodologia similar ao descrito em Bianchini and Magalhães (2008). Para tanto, o sistema hidráulico dosador-injetor foi acoplado ao protótipo com mecanismo puncionador. Nas avaliações, a vazão e dose aplicada durante o puncionamento no solo foi mensurada utilizando um sensor micro-turbina (Flo-tech, model FSC-375, Milwaukee-United States), por meio do módulo de aquisição QuantuX (HBM, Inc., model MX840A, Darmstadt-Germany), com interface com computador realizada pelo software Catmam (HBM, Inc., Version 3.4.1, Darmstadt-Germany). Na avaliação em caixa de solo, realizamos 18 operações; em cada operação foram considerados 16 a 18 ciclos de puncionamento significativos ao longo de ~5 m de deslocamento do equipamento. Para contribuir na análise da qualidade das operações (dose média e desvio padrão), nós utilizamos uma carta de controle, com limites determinados a partir de metodologia descrita em Montgomery (2009).

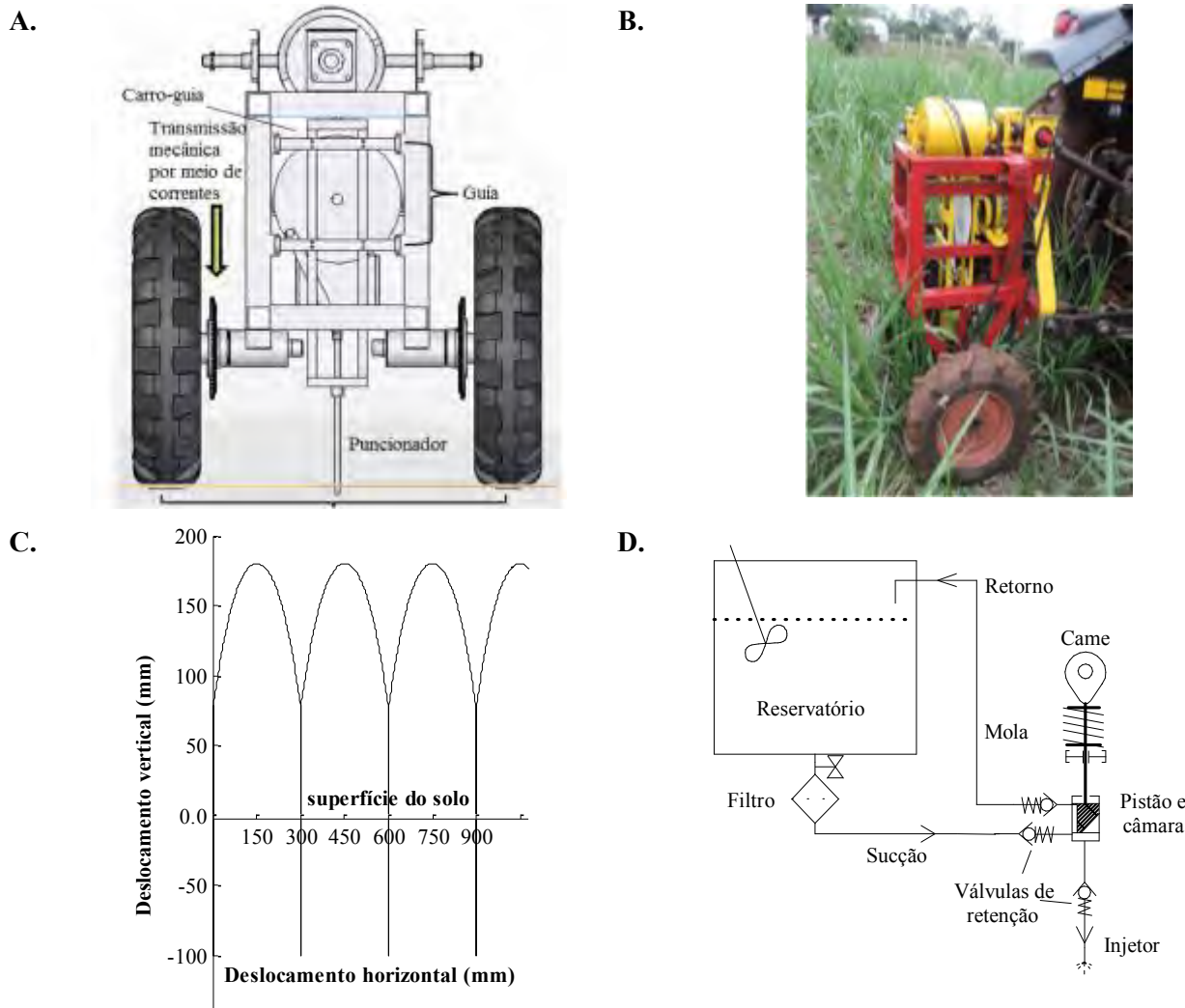


FIGURA 1. Aplicação localizada por meio de injeção de adubo líquido. **A.** Esboço de protótipo desenvolvido ao processo de puncionamento no solo. **B.** Protótipo confeccionado em avaliação em área de cana-soca. **C.** Deslocamento do injetor durante os ciclos de puncionamento. **D.** Diagrama do sistema hidráulico do injetor. **Site-specific management by means of liquid fertilizer injection. A. Sketch of the soil punching prototype. B. Manufactured prototype under evaluation in a sugarcane area. C. Injector displacement during the soil punching cycles. D. Hydraulic injection system.**

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas operações em caixa de solo, a distância média medida entre as aplicações foi de 330 – 350 mm, com profundidade das punções em 80 – 95 mm. Em geral, o fluido foi incorporado em profundidade maior que 50 mm, uma condição considerada suficiente para reduzir as perdas por volatilização da amônia. Nas aplicações, a dose média foi estabelecida em aproximadamente 17.5 mL ciclo⁻¹ de puncionamento (Figura 2), equivalente a uma taxa de aplicação de 150 kg ha⁻¹ se considerado uma operação prática em área de cana-soca utilizando o adubo líquido UAN (*liquid urea ammonium nitrate* – 0.41 kg L⁻¹). As operações foram realizadas com doses médias contidas nos intervalos dos limites de controle inferior e superior (15.7 e 19.2 mL ciclo⁻¹). Contudo, houve operações em que a dose média foi próxima aos limites de controle, além da ocorrência de operações com desvio padrão médio excedente aos limites. A dispersão em torno da linha central média foi atribuída à variação da velocidade através dos ciclos de puncionamento no solo, devido à descontinuidade no carregamento, com maior demanda de potência e torque no intervalo de puncionamento no solo sincronizado a injeção de fluido, além de diferenças na resistência do solo à penetração e resistência ao fluxo para injeção. Mesmo assim, as operações foram consideradas satisfatórias, principalmente porque as operações na caixa de solo foram realizadas com velocidades de deslocamento diferentes, em uma faixa de 0.6 a 1.0 m s⁻¹. Além disso, não verificamos problemas com entupimento, superando os problemas relatados por (BAUTISTA et al., 2001) em operação semelhante para aplicação incorporada de fertilizante por meio de injeção de adubo líquido. De

acordo com resultados das operações em caixa de solo, o coeficiente de variação (c.v.) médio foi de 13%. O resultado está em consenso com a abordagem de agricultura de precisão, em que a uniformidade de aplicação determinada em operações de aplicação localizada de fertilizante é realizada com c.v. de 8.0 a 15%, e.g. (NING et al., 2015; REYES et al., 2015). Em operações de adubação de cobertura com distribuição a lanço é comum obter c.v. acima de 20%, porém, quando é utilizado formulações N-P-K os c.v.(s) podem ser superiores a 30% (FULTON et al., 2001; CAMPBELL et al., 2015). Em geral, consideramos a operação satisfatória devido à aplicação de fluido sincronizado a perfuração do solo e atendimento da dosagem exigida, mesmo sob a variação moderada de velocidade.

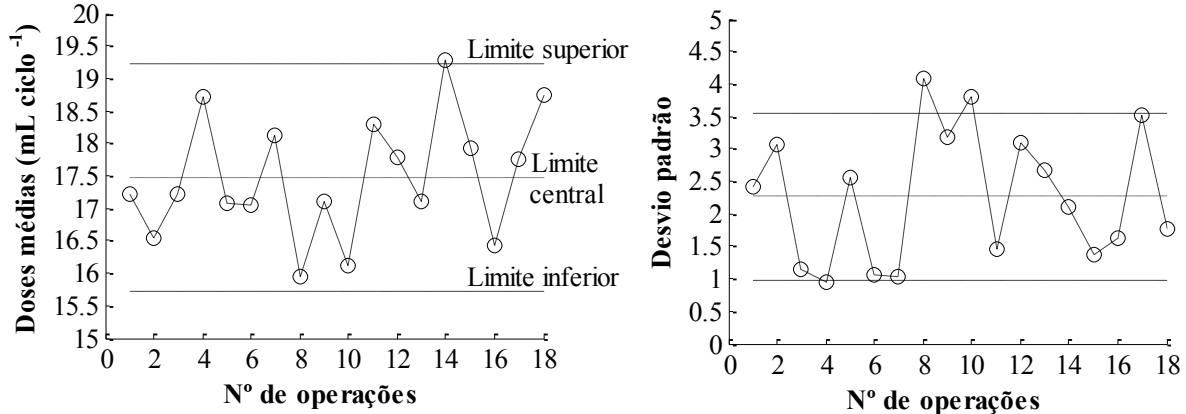


FIGURA 2. Carta de controle Shewhart utilizada para análise da aplicação do fluido injetado no solo. **Shewhart control chart applied for analysis of liquid injected into the soil.**

CONCLUSÃO: Em geral, a aplicações foram consideradas adequadas à especificação da operação, com a aplicação do fluido em profundidade maior que 50 mm, uma condição considerada suficiente para reduzir perdas do nitrogênio mineral para o meio ambiente. Além disso, a operação demonstrou potencial para melhorar a qualidade da operação, devido ao baixo coeficiente de variação (13%).

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq (475855/2011) e a FAPESP (Processo 2013/50942-2) pelo financiamento e ao CNPq concessão da bolsa (160123/2013) ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS: BAUTISTA, E. U.; KOIKE, M.; SUMINISTRADO, D. C. Mechanical deep placement of nitrogen in wetland rice. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 78, n. 4, p. 333–346, 2001.

BIANCHINI, A.; MAGALHÃES, P. S. G. Evaluation of coulters for cutting sugar cane residue in a soil bin. *Biosystems Engineering*, v. 100, n. 3, p. 370–375, 2008.

CAMPBELL, C. M.; FULTON, J. P.; WOOD, C. W.; MCDONALD, T. P.; ZECH, W. C. Utilizing nutrient over mass distribution patterns for assessment of Poultry litter spreaders. *Transactions of the ASAE*, v. 53, n. 3, p. 659–666, 2015.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. N-NH₃ losses from nitrogen sources applied over unburned sugarcane straw. *Rev. Bras. Ciência do Solo*, v. 27, p. 631–637, 2003.

FULTON, J. P.; SHEARER, S. A.; CHABRA, G.; HIGGINS, S. F. Performance assessment and model development of a variable-rate, spinner-disc fertilizer applicator. *Transactions of the ASAE*, v. 44, n. 5, p. 1071–1081, 2001.

MONTGOMERY, D. *Introduction to statistical quality control*. 2009.

NING, S.; TAOSHENG, X.; LIANGTU, S.; RUJING, W.; YUANYUAN, W. Variable rate fertilization system with adjustable active feed-roll length. *International Journal of Agriculture & Biological Engineering*, v. 8, n. 4, p. 19–26, 2015.

PRASERTSAK, P.; FRENEY, J. R.; DENMEAD, O. T.; SAFFIGNA, P. G.; PROVE, B. G. Effect of fertilizer placement on nitrogen loss from sugarcane in tropical Queensland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 62, n. 3, p. 229–239, 2002.

REYES, J. F.; ESQUIVEL, W.; CIFUENTES, D.; ORTEGA, R. Field testing of an automatic control system for variable rate fertilizer application. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 113, p. 260–265, 2015.

SILVA, M. J.; MAGALHÃES, P. S. G. Design of a mechanical system for liquid fertilizers injection in ratoon cane. ASABE and CSBE/SCGAB Annual International Meeting. *Anais...* . p.10p, 2014. Montreal-CAN.

PRODUTIVIDADE DE SEMENTES DE SOJA: VARIABILIDADE ESPACIAL SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA

CÉSAR IVÁN SUÁREZ CASTELLANOS¹, ARIELE PAULA NADAL², ANELISE CHAGAS KERCHNER², CRISTIANE DEUNER³, GIZELE INGRID GADOTTI⁴

¹ Engº Agrônomo, Doutorando em Ciência e Tecnologia de Sementes, FAEM, UFPel, Pelotas – RS, Fone: (053) 3275-7264, cesarivansuarez@gmail.com

² Graduandas do curso de agronomia, FAEM, UFPel, Pelotas – RS.

³ Engª Agrônoma, Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Sementes, FAEM, UFPel, Pelotas – RS.

⁴ Engª Agrícola, Profª adjunta, Doutora, CEng, UFPel, Pelotas – RS.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A variabilidade espacial das características do solo influencia a produtividade e a qualidade das sementes produzidas. Uma alternativa para aumentar os ganhos em produtividade e reduzir sua variabilidade é a variação da densidade de semeadura. Por tanto, o objetivo do trabalho foi caracterizar a influência da densidade de semeadura sobre a variabilidade espacial da produtividade de soja em um campo de produção comercial. O experimento foi realizado em um campo de 10 ha, semeado com a cv. BMX Desafio RR em três densidades de semeadura, 357.000; 394.000 e 453.000 pl ha⁻¹. A amostragem da produtividade de sementes foi realizada em uma grade de 45x45 m. Concluiu-se que a variação observada na produtividade de sementes ocorre por fatores aleatórios que não se ajustam a um padrão espacial.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, rendimento.

SOYBEAN SEEDS YIELD: SPATIAL VARIATION UNDER SEVERAL SEEDING RATES

ABSTRACT: The spatial variability of soil characteristics influences the yield and seed quality. An alternative to increase yield gains and reduce its variability is the change in sowing density. Therefore, the objective of this study was to characterize the influence of sowing density on the spatial variability of soybean yield in a commercial production field. The experiment was conducted in a 10 ha field, sown with the cultivar BMX Desafio RR in three sowing densities, 357,000; 394,000 and 453,000 pl ha⁻¹. The sampling seed yield were performed in a grid of 45x45 m. It was concluded that the observed variation in seed yield occurs by random factors that do not fit into a spatial pattern.

KEYWORDS: *Glycine max*, yield.

INTRODUÇÃO: A semente é fundamental para a cadeia produtiva da soja, uma vez que é através dela que novas cultivares são disponibilizadas para os agricultores (PESKE et al., 2012). Igualmente, comprovou-se que sementes com alta qualidade geram aumentos na produtividade das lavouras (HENNINGEN et al., 2015; FRANÇA NETO et al., 2010). Segundo Mattioni (2013), Mattioni et al. (2014) e Gazolla-Neto (2016), os campos de produção de sementes apresentam variabilidade espacial das características do solo, a qual influencia a produtividade e a qualidade das sementes produzidas. Por tanto, novas tecnologias e formas de manejo devem ser adotadas com objetivo de produzir sementes de alta qualidade em alta quantidade.

Uma alternativa de manejo a ser usada, é alterar a densidade de semeadura com o intuito de aumentar os ganhos em produtividade e reduzir a variabilidade que pode-se apresentar em um campo de produção de sementes, uma vez que o uso de uma população adequada para uma oferta ambiental e de solo específica, pode fazer com que as plantas aproveitem melhor os recursos disponíveis e expressem seu máximo potencial produtivo.

O objetivo desse experimento foi caracterizar a influência da densidade de semeadura sobre a variabilidade espacial da produtividade de sementes de soja em um campo de produção comercial.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em um campo de produção comercial de sementes de aparência homogênea com área de 10 ha, localizado no município de Rondonópolis - MT durante a safra 2015/16. Utilizando a semeadora Case SOL TT 28/30, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, realizou-se a semeadura de soja (*Glycine max* L. Merrill), cv. BMX Desafio RR, em três densidades: 453,000; 394,000 e 357,000 pl ha⁻¹, conforme apresenta a Figura 1. A semeadura foi realizada sobre palhada de milho, fazendo-se uma adubação NPK de base aportando 350 kg ha⁻¹ de 5-20-20. Durante o ciclo de cultivo foram realizadas seis aplicações de inseticidas e três aplicações de fungicidas.

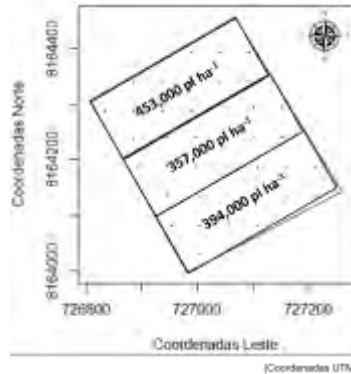


FIGURA 1. Representação gráfica das densidades de semeadura utilizadas dentro do campo de produção de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. **Graphic representation of plant densities used in the production of soybean seeds field, cv. BMX Desafio RR.**

No final da safra, durante o período de maturação de colheita (estádio fenológico R8), realizou-se a amostragem do campo usando uma grade de 45x45 m gerada a partir do mapa do contorno do talhão. Em cada ponto da grade, dos 39 pontos no total, foram tomadas sete sub-amostras de 1 m linear cada, uma no centro do ponto e mais seis em um raio de 10 e 20 m, sendo o ângulo entre cada raio de 120°. As plantas colhidas foram debulhadas manualmente determinando-se o número de sementes por planta. Posteriormente, as sementes foram embaladas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 35°C até atingirem umidade média de 12%. Depois de secas, foi calculado o peso de mil sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes RAS (BRASIL, 2009), e em conjunto com a informação da densidade de semeadura foi calculado a produtividade em cada ponto amostrado. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística descritiva e a análise geoestatística, usando-se o programa estatístico R (2015) e o pacote geoR (RIBEIRO-JR., 2001). Os dados foram submetidos inicialmente a análise exploratória, testando a existência de dependência espacial e a distribuição dos dados no campo. Posteriormente, elaborou-se o semivariograma empírico e testou-se a tendência direcional nos ângulos 0°, 45°, 95° em 135° por meio de semivariogramas direcionais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 2A são apresentados os resultados da análise descritiva dos dados de produtividade obtidos no talhão estudado. Observa-se que o campo apresentou uma produtividade média de 5,9 t ha⁻¹, com valor mínimo e máximo de 3,9 e 8,1 t ha⁻¹, respectivamente. O valor do primeiro quartil foi de 5,1 t ha⁻¹, da mediana foi de 6,0 t ha⁻¹ e do terceiro quartil de 6,4 t ha⁻¹. Na Figura 2B é apresentada a distribuição espacial da produtividade, dividido em quartis. Observa-se que existe uma tendência de agrupamento do quarto quartil na zona norte do talhão, a qual corresponde ao bloco com maior densidade. Igualmente se observa um agrupamento dos valores do segundo quartil na zona leste do talhão enquanto que os valores do terceiro quartil se agrupam no oeste do campo de produção.

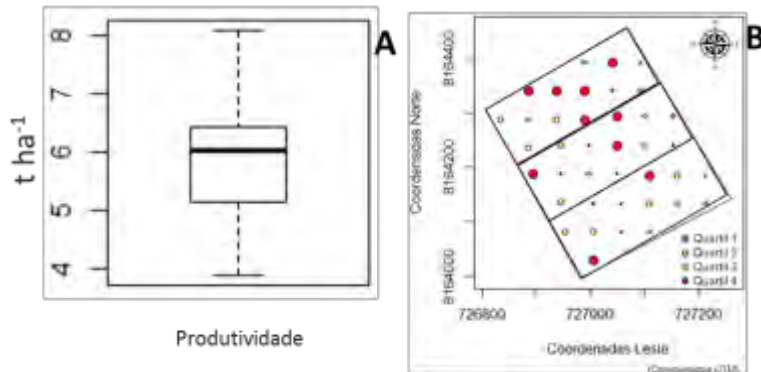


FIGURA 2. A) *Boxplot* da produtividade de sementes de soja. B) Distribuição espacial da produtividade de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, dividido por quartis. **A) Box plot of soybean seed yield. B) Spatial distribution of soybean seed yield, cv. BMX Desafio RR divided by quartiles.**

Na Figura 3A se apresenta o semivariograma empírico com seu envelope, o qual representa os limites da independência espacial dos dados observados, conforme com a metodologia proposta por Diggle e Ribeiro Junior (2007). De acordo com a análise exploratória, observa-se que a produtividade de sementes de soja no campo estudado não apresenta dependência espacial. Isso sugere que as variações observadas não ocorrem por influências ligadas aos pontos geográficos, como características do solo por exemplo, e sim por razões aleatórias. Segundo Pires et al. (2000) a produtividade potencial de uma cultivar é determinada geneticamente, porém, devido a efeitos de fatores limitantes, de caráter biótico e/ou abiótico, que atuam em diferentes fases do ciclo de cultivo, esse potencial produtivo se vê diminuído diferenciadamente, como se observa no presente trabalho.

Na Figura 3B são apresentados os semivariogramas direcionais ajustados pelo método dos mínimos quadrados. Nessa figura se observa que nas direções 0°, 45° e 90° o comportamento da produtividade de sementes de soja apresenta um comportamento de efeito pepita puro, mas na direção de 135° a produtividade se ajustou a um semivariograma exponencial, com efeito pepita de 0,3477, contribuição de 0,8968 e alcance de 61,4 m. Esse resultado é esperado, uma vez que a direção 135° é perpendicular aos blocos obtidos nas diferentes densidades de semeadura, por tanto a variação encontrada nesta direção não se deve a variações geográficas, mas a variações na densidade de semeadura.

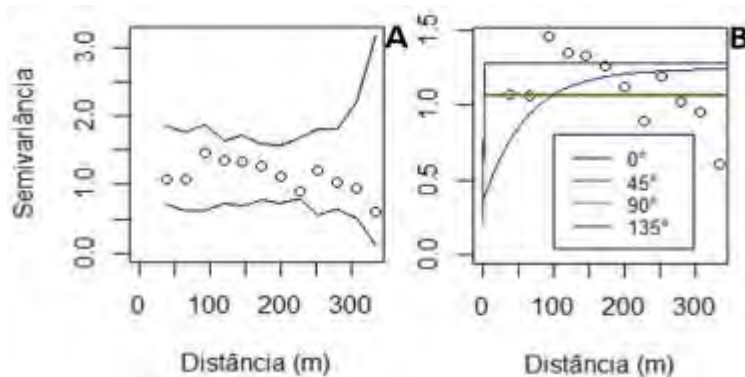


FIGURA 3. A) Limite da independência espacial entre as amostras (linhas) do semivariograma empírico omnidirecional. B) Semivariogramas direcionais, ajustados pelo método de mínimos quadrados, da produtividade de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR. **Narrow spatial independence between samples (lines) of omnidirectional empirical semivariogram. B) Directional semivariograms adjusted by the least squares method, of soybean yield, cv. BMX Desafio RR.**

Os resultados obtidos neste trabalho são contrários aos encontrados por Mattioni et al. (2011) e Gazolla-Neto (2016), trabalhando com produção de sementes de soja, e por Reichert et al. (2008), trabalhando com produção de grãos de soja. Esses autores observaram dependência espacial da produtividade. Já Mondo et al. (2012), observaram que a produtividade de sementes de soja em um campo de produção apresenta uma alta variabilidade e dispersão na área, por tanto não conseguiram identificar dependência espacial desta variável, resultado similar ao encontrado neste experimento.

CONCLUSÃO: A variação observada na produtividade de sementes de soja, cv. BMX Desafio RR, com diferentes densidades de semeadura no campo estudado, ocorre por fatores aleatórios que não se ajustam a um padrão espacial.

REFERÊNCIAS:

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise__sementes.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2016.
- DIGGLE, P.J.; RIBEIRO JUNIOR, P.J. **Model-based geostatistics**. New York, Springer, 2007. 230p.
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; A importância do Uso de Semente de Soja de Alta Qualidade. **Informativo ABRATES**. v.20, n.1, p.037-038, 2010.
- GAZOLLA-NETO, A.; FERNANDES, M.C., VERGARA, R.O., GADOTTI, G.I.; VILLELA, F.A. Spatial distribution of the chemical properties of the soil and of soybean yield in the field. **Revista Ciência Agronômica**, v.47, n.2, p.325-333, 2016.
- HENNINGEN, A.; FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F. Máximas produtividades com o uso de sementes de soja de alto vigor. **Associação Brasileira de Sementes e Mudas, Anuário 2014**, p.33-37, 2014.
- MATTIONI, N.M.; SCHUCH, L.O.B.; VILLELA, F.A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade de sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.4, p. 608-6015, 2011.
- MATTIONI, N. M. **Variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja estimada pela condutividade elétrica massal e individual**. 2013. 93f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- MATTIONI, N.M.; BECHE, M.; ZEN, H.D. Semente na medida certa. **Revista Seed News**. v.18, n.2, p.34-36. 2014.
- MONDO, V.H.V.; JUNIOR, F.G.G.; PINTO, T.L.F.; MARCHI, J.L.; MOTOMIYA, A.V.A.; MOLIN, J.P.; CICERO, S.M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n.2, p-193-201, 2012.
- PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; MAEHLER, A.R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.
- PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; SCHUCH, L.O.B. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2012. p.14-103.
- R CORE TEAM. **R - A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2015. Disponível em: <<http://r-project.org>>. Acesso em: 17 ago. 2016.
- REICHERT. J.M.; DARIVA, T.A.; REINERT, D.J.; SILVA, V.R. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.981-988, 2008.
- RIBEIRO JR., P.J.; DIGGLE, P.J. geOR: A package for geostatistical analysis. **R-NEWS**, v.1, n.2. 2001. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR DE FORMA ESPACIALIZADA

MURILLO GRESPAN DA ROCHA⁽¹⁾, RODRIGO LEME DE PAULO⁽²⁾,
RAFAEL YUKIO OKAMOTO NOGUCHI⁽³⁾, LUCAS RIOS DO AMARAL⁽⁴⁾

- ⁽¹⁾ Eng. Agrônomo, Mestrando, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas/SP, fone (19) 3521-1008, murillo.rocha@feagri.unicamp.br
⁽²⁾ Eng. Agrícola, Mestrando, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas/SP.
⁽³⁾ Bacharel em Ciência e Tecnologia e Engenheiro Ambiental e Urbano – UFABC, Santo André/SP.
⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas/SP.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia/GO, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O Índice de Área Foliar (IAF) é uma variável importante para monitorar o crescimento das culturas e atualmente há diversas metodologias disponíveis para realizar tal estimativa. Dessa forma, objetivou-se avaliar diferentes metodologias de levantamento de dados de IAF na cana-de-açúcar e correlacionar com dados de NDVI obtidos por sensor de dossel, uma vez que esse último pode ser ferramenta prática para se obter dados de crescimento vegetal. Assim, o levantamento de dados foi realizado em área de cana planta, com dados coletados em 11 pontos georreferenciados. A partir deles, dados de IAF foram obtidos por um ceptômetro (metodologia I), um scanner a laser (metodologia II) e uma equação matemática (metodologia III) para então serem comparados através do teste t-student e correlacionados com dados de sensor de dossel. Os resultados mostraram que as metodologias II e III não diferiram estatisticamente entre si, porém diferiram da I, que foi mais eficiente para levantamento de dados devido ao seu princípio de funcionamento. Os métodos testados geram representações distintas da variabilidade espacial do IAF da cana-de-açúcar. Não houve correlação das metodologias de estimativa do IAF com o NDVI, mostrando que o sensor de dossel é influenciado por outros fatores biométricos da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: ceptômetro; scanner a laser; NDVI; sensor de dossel.

SPATIALIZED EVALUATION OF METHODS FOR SUGARCANE LEAF AREA INDEX MEASUREMENTS

ABSTRACT: Leaf Area Index (LAI) is an important variable to monitor crop growth and currently many methodologies are used to its estimation. The aim of this study was to evaluate different methodologies of sugarcane LAI sampling and correlate them with NDVI obtained by a canopy sensor, since the last can be a practical tool to indirect obtain crop growth data. Thus, plant cane data was collected in 11 georeferenced points and LAI was measured with a ceptometer (methodology I), a laser scan (methodology II) and a practical equation (methodology III). Methodologies were compared with t-student test and correlated with canopy sensor data. Results showed that methodology II and III did not differ between them but differ from I, which was more efficient on data sampling due to its operation principle. The tested methods lead to different spatial variability representation of sugarcane LAI. There was no correlation between LAI methodologies with NDVI, showing that canopy sensor is influenced by other sugarcane biometrics factors.

KEYWORDS: ceptometer; laser scan; NDVI; canopy sensor.

INTRODUÇÃO: Na cultura da cana-de-açúcar, a expansão foliar e o rendimento da cultura estão intimamente relacionados. Um rápido crescimento da área foliar permite maximizar a interceptação de radiação solar e acúmulo de fitomassa, enquanto o crescimento lento do dossel pode limitar o rendimento final da cana-de-açúcar (INMAN-BAMBER, 1994). A área foliar está intimamente ligada ao Índice de Área Foliar (IAF), uma variável

importante para monitoramento do crescimento das culturas, definido por Watson (1947) como o total de área foliar por área de solo ocupada pela cultura. Para a determinação da área foliar, podem ser utilizados métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos utilizam medidas realizadas diretamente nas folhas, mas é uma amostragem destrutiva e dispendiosa (Caruzzo & Rocha, 2000). Em estudos florestais, Roberts *et al.* (1996) identificaram que métodos indiretos que realizam estimativa do IAF a partir de informações da planta apresentam uma forma muito mais prática de obtenção dos dados. Na cana-de-açúcar, Scarpari e Beauclair (2008) e Xavier *et al.* (2004) utilizaram diferentes técnicas indiretas para obter IAF, enquanto Pereira *et al.* (2015) e Sugawara *et al.* (2009) puderam estimar o IAF a partir do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), obtido a partir de imagens de satélite. Além dos métodos tradicionais e de sensoriamento, Hermann e Câmara (1999) criaram um método simples de medida para ser utilizado em trabalhos de pesquisa em campo com cana-de-açúcar, através de uma equação matemática. Contudo, quando se deseja adotar um dos métodos acima, há dúvidas de qual seja o mais confiável e prático para utilização em campo, principalmente quando são demandadas medidas espacializadas. Dessa forma, o presente trabalho visou comparar diferentes metodologias de coleta de dados que permitam inferir quanto à variabilidade espacial do IAF na cultura da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O levantamento de dados foi realizado no dia 25 de maio de 2016, em uma área de cana planta de 12,76 ha, variedade CTC 11, plantada em dezembro de 2015 (a cultura apresentava aproximadamente 1,7 m de altura de colmos), no município de Artur Nogueira/SP, coordenadas 22°32'29.7"S e 47°07'51.7"W, onde foram coletados 11 pontos amostrais. Os pontos foram alocados conforme as coletas eram realizadas, buscando abranger todo o talhão (Figura 1b). A área amostral de cada ponto era composta por 3 m lineares de cana, tomando-se o cuidado para não haver falhas de brotação. A coleta de dados foi realizada através de três metodologias de IAF e de um sensor de dossel. O método I é do ceptômetro, um sensor de radiação fotossinteticamente ativa (AccuPAR LP-80, Decagon Devices, Pullman, Washington, EUA) que calcula o IAF através de equações internas; a coleta foi realizada num dia sem nuvens, em período com máxima incidência solar e o valor de IAF do ponto refere-se à média simples de três medições. O método II consiste de um scanner a laser não destrutivo (CI-203 Handheld Laser Leaf Area Meter, CID Bio-Science, Camas, Washington, EUA) que calcula a área da superfície foliar. O método III se dá através da equação: Área Foliar do colmo (AFc) = C x L x 0,75 x (N + 2), medindo-se o comprimento (C), a maior largura (L) da folha +3 e o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde (N). Para os métodos II e III, em cada área amostral, coletaram-se dados de 10 folhas representativas, contou-se o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde, número de colmos por touceira e o número de touceiras para se obter o número médio de folhas por touceira, para então obter a área foliar de uma touceira. Adotando o espaçamento de 1,5 x 0,5 m entre plantas, há 13333,33 plantas/ha e o valor da área foliar da touceira foi extrapolado para hectare e dividido por 10000 m², para obter o IAF. O método IV é o NDVI, calculado a partir da reflectâncias das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (V), sendo NDVI = (NIR-V)/(NIR+V). O valor de cada ponto corresponde à média dos valores obtidos pelo sensor de refletância de dossel (Crop Circle ACS-430, Holland Scientific Inc., Lincoln, Nebraska, EUA), conduzido manualmente à aproximadamente 80 cm acima da cultura, ao longo da parcela. As análises estatísticas foram realizadas através do teste t-student para comparação dos valores obtidos pelos métodos (p<0,05) e, para medir o grau de correlação entre NDVI e os métodos, gerou-se uma matriz de correlação de Pearson, avaliando sua significância a 5%. Os mapas foram criados por meio do método de interpolação “Inverso do quadrado da distância”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de IAF obtidos pelas metodologias II e III não diferiram entre si, porém ambas diferiram do método I (Figura 1a). Yoon (1971) identificou valores de IAF, no crescimento máximo da cana, da ordem de 5,0, o que sugere equivalência aos valores obtidos pelo método I. Cada metodologia mede uma característica diferente relacionada à planta: os métodos II e III medem área da folha que, para obtenção do IAF, devem ser submetidas a uma série de extrapolações que contém aproximações – isso pode explicar a diferença entre o método I e as duas metodologias; o método I mede a radiação interceptada pela planta e para obtenção do NDVI, usa-se um sensor que mede a refletância do dossel das plantas a partir de uma fonte de luz modulada. Roberts *et al.* (1996) destacam a praticidade de se obter dados de forma indireta, especialmente com o uso do ceptômetro, sendo capaz de fornecer dados instantâneos de IAF. Já as metodologias II e III apresentaram-se funcionais, porém quando se pretende levantar grande número de amostras, podem ser laboriosas quando comparadas ao método I, já que demandam o levantamento de vários dados para as

extrapolações. Embora não tenha sido realizada nenhuma análise geoestatística, foi possível constatar que os mapas obtidos com as diferentes técnicas apresentam distribuição espacial distintas, indicando que os métodos de estimativa de IAF apresentam resultados variáveis e precisam ser utilizados com cuidado quando o objetivo é mapear o comportamento do IAF (Figura 1b).

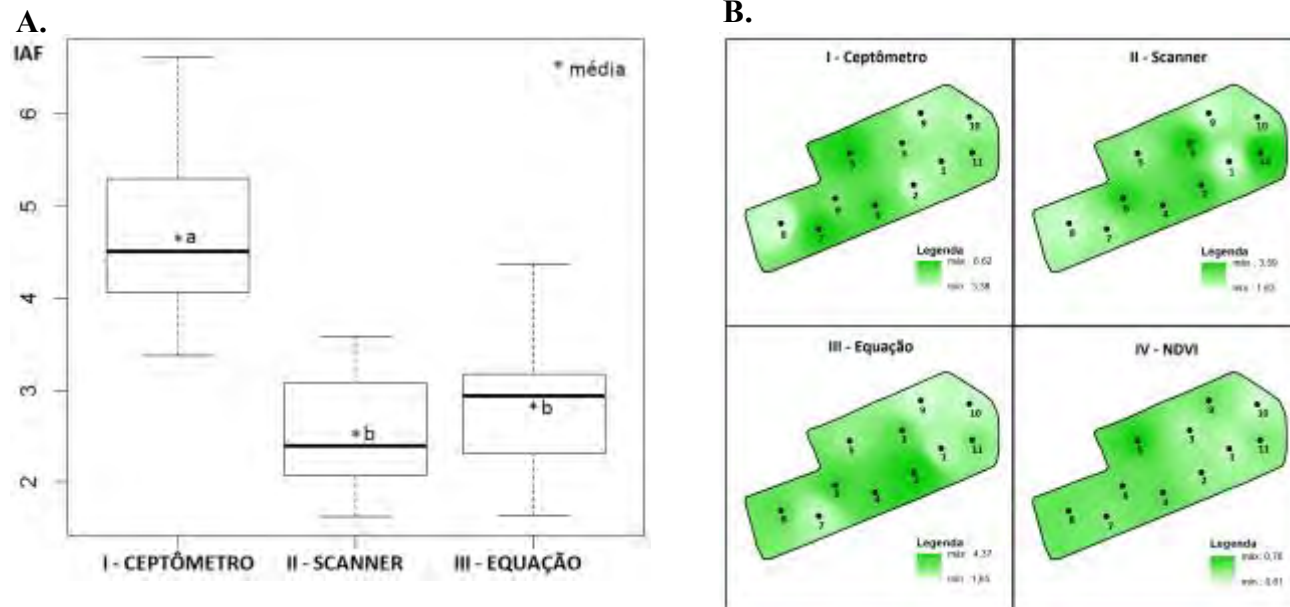


Figura 1. a) Box-plot da distribuição dos dados de IAF; b) mapas interpolados das variáveis.

Para verificar se há relação entre IAF e NDVI, como afirmado por Pereira *et al.* (2015) e Sugawara *et al.* (2009) em estudos com imagens orbitais, gerou-se uma matriz de correlações entre as metodologias e NDVI. De acordo com a interpretação do coeficiente de correlação de Hinkle *et al.* (2003), verificou-se correlação moderada entre as metodologias II e III ($0,5 < r < 0,7$) e baixa entre IV e I ($0,3 < r < 0,5$), conforme figura 2a. Contudo, apenas a correlação entre II e III apresentou-se significativa (Figura 2b). Destaca-se que o número de pontos amostrais foi reduzido devido à necessidade de coleta de dados sob a mesma condição ambiente, o que pode ter reduzido a chance de obtenção de correlações significativas.

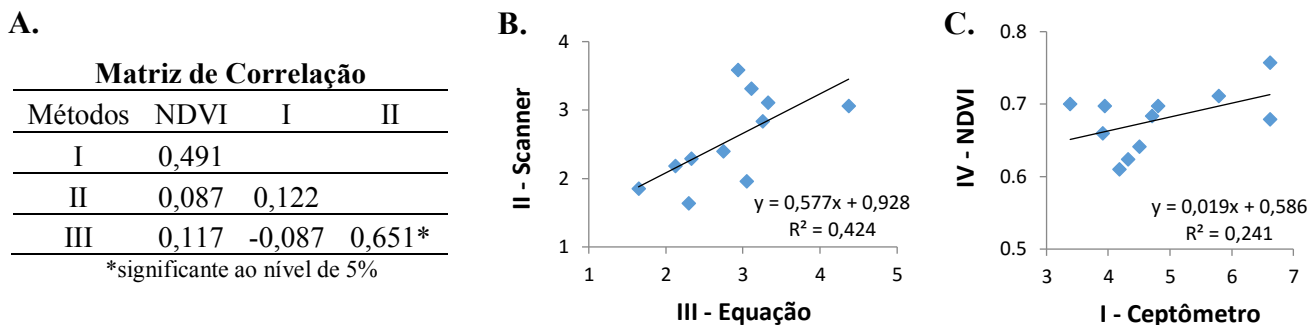


Figura 2. a) matriz de correlação entre parâmetros estudados; b) correlação entre os métodos II e III; c) correlação entre os métodos IV e I.

CONCLUSÕES: As três metodologias analisadas não são equivalentes, ou seja, o uso de cada uma delas gera uma representação distinta da variabilidade espacial do IAF da cana-de-açúcar. Não houve correlação das metodologias de estimativa do IAF com o NDVI, mostrando que o sensor de dossel é influenciado por outros fatores biométricos da cana-de-açúcar, não sendo eficiente em prever o índice de área foliar, em função do avançado estágio fenológico da cultura e elevado IAF.

AGRADECIMENTOS: À Fernando Mello da MI Comércio de Frutas, fornecedor de cana da Usina Ester (Cosmópolis/SP), por disponibilizar área para coleta de dados e ao Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE/CNPEM), por disponibilizar os equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CARUZZO, A.; ROCHA, H. R. Estimativa do índice de área foliar (IAF) em regiões de pastagem e floresta com um método indireto ('gap fraction') durante o experimento AMC/LBA-1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 2478-2485.

HERMANN, E.R. e CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar da cana-de-açúcar. **STAB**, Maio-Junho, 1999 – Vol 17, nº5.

INMAN-BAMBER, N. G. A growth model for sugar-cane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. **South African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v. 8, n. 2, p. 93–99, 1991.

HINKLE D.E., WIERSMA W., JURIS S.G. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences** (5th ed.). Boston: Houghton Mifflin, 2003.

PEREIRA, R.M., CASAROLI, D., QUIRINO, D.T., CAETANO, J.M., VELAME, L.M. Estimativa do índice de área foliar da cana-de-açúcar a partir de imagens do satélite Landsat-8 (OLI). **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1183.pdf>. Acesso em: 10/06/2016.

ROBERTS, J. M.; CABRAL, O. M. R.; COSTA, J. P. da; McWILLIAM, A. L. C.; SÁ, T. D. de. An overview of the leaf area index and physiological measurements during ABRACOS. In: GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Ed.). **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: J. Wiley, 1996. p. 287-306.

SCARPARI, M. S., BEAUCLAIR, E. G. F. Variação espaço-temporal do índice de área foliar e do brix em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.35-41, 2008.

SUGAWARA, L.M., ADAMI, M., RUDORFF, B. F. T., DE FARIA, V. G. C. Avaliação de três métodos de estimativa de índice de área foliar aplicados à cana-de-açúcar. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 499-506.

XAVIER, A. C., VETTORAZZI, C.A., MACHADO, R. E. Relação entre índice de área foliar e frações de componentes puros do modelo linear de mistura espectral, usando imagens Etm+/Landsat. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.421-430, maio/ago, 2004.

YOON, C. N. Growth studies on sugarcane. **The Malaysian Agricultural Journal**, 1971, 48 (2): 47-59.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I., variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 41-76, Jan. 1947.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS INDICES DE CLOROFILA E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DO MILHO SILAGEM

PHILIP DOS SANTOS LEMOS¹, ELTON FIALHO DOS REIS², DANILO GOMES DE OLIVEIRA³, ANDERSON DA SILVA UMBERLINO⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO Fone (0xx62) 93673152 philiplemos_@hotmail.com;

² Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, fialhoreis@ueg.br.

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Mestre, Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins - TO, danilogomes.engenharia@gmail.com ;

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, anderson-umbelino@hotmail.com;

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O nitrogênio (N) é um nutriente muito requerido pelo milho (*Zea mays*). O conhecimento da variabilidade espacial pode auxiliar na determinação de estratégias de manejo que venha otimizar a produtividade. Objetivou-se com este trabalho avaliar a variabilidade espacial dos índices de clorofila e dos componentes de produção da cultura do milho para silagem. Com auxílio de um receptor GPS foi construída uma grade amostral de 37 x 37 m, totalizando 40 pontos em uma área de 6 hectares, onde foram determinados o teor de clorofila durante o ciclo da cultura na fase vegetativa e reprodutiva antes e após a adubação nitrogenada e foliar. Para os componentes de produção, foram coletadas todas as plantas em um metro quadrado no centro de cada ponto da grade amostral, onde foram medidos a altura de plantas, diâmetro médio de colmo e massa verde. Os modelos para definição dos mapas de krigagem e o índice de dependência espacial foram analisados pelo software GS+ versão 7.0. Os índices de clorofila apresentaram baixa dependência espacial e os componentes de produção apresentaram baixa e moderada dependência espacial, explicados pelo modelo Gaussiano. Os maiores valores de produtividade foram nas regiões dos mapas que apresentaram maior diâmetro médio do colmo, altura de plantas e índice de clorofila na fase vegetativa.

PALAVRAS-CHAVE: Dependência espacial, índice de clorofila, *Zea mays*.

SPATIAL VARIABILITY OF INDICES OF CHLOROPHYLL AND CORN PRODUCTION COMPONENTS SILAGE

ABSTRACT: Nitrogen (N) is a nutrient very required by corn (*Zea mays*). Knowledge of spatial variability can assist in determining management strategies that will optimize productivity. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of chlorophyll content and the components of production of for corn silage. With the aid of a GPS receiver built a sampling grid of 37 x 37 m, totaling 40 points in an area of 6 hectares, which were determined chlorophyll content during the crop cycle in the vegetative and reproductive phase before and after nitrogen fertilization and foliar. For the components of production, all plants were collected in one square meter in the center of each point of the sampling grid, which were measured plant height, diameter of stem and green mass. The models for definition of kriging maps and spatial dependency ratio were analyzed by GS + version 7.0 software. The chlorophyll contents showed low spatial dependence and yield components showed low and moderate spatial dependence, explained by the Gaussian model. The greatest yields were in the regions of the maps showed higher average stem diameter, plant height and chlorophyll content in vegetative stage.

KEYWORDS: Spatial dependence, chlorophyll index, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO: O princípio básico da agricultura de precisão consiste em aumentar a produtividade das culturas, considerando a variabilidade espaço-temporal dos fatores de produção de forma a proporcionar o manejo adequado, respeitando os princípios de sustentabilidade (RIA, et al., 2015). A determinação do Índice SPAD (ClorofiLOG) é uma ferramenta que tem apresentado boa correlação com a produtividade (BARBOSA

FILHO et al., 2008). De acordo com Lobo et al. (2012), a relação entre a determinação dos teores de clorofila e a concentração de N nas folhas é dependente de fatores como estágio fisiológico, cultivar, condições climáticas, fertilidade do solo, etc.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido em uma pequena propriedade produtora de leite, com área de 6 hectares de milho para silagem, em cultivo convencional na Fazenda Piancó localizada no município de Anápolis-GO. Foi construída uma grade amostral utilizando um receptor GPS com sistema de correção diferencial em tempo real, totalizando 40 pontos de espaçamentos 37 x 37 m. Em cada ponto foi determinado o índice de clorofila utilizando o clorofilômetro, ClorofiLOG® modelo CFL 1030, medidor portátil de clorofila, gerando o Índice de Clorofila Falker (ICF). Realizou-se a primeira e segunda determinação do teor de clorofila na fase vegetativa da cultura antes e após a adubação nitrogenada e a terceira na fase reprodutiva. Em cada ponto foram feitas dez leituras, no terço superior, obtendo o valor médio. O valor de leitura atribuído ao ponto foi representado pela média de 10 plantas aleatórias em cada ponto da grade amostral. Antes da colheita definitiva foram coletadas todas as plantas em um metro quadrado no centro de cada ponto da grade amostral, onde foram mensuradas altura das plantas, diâmetro basal do colmo e massa verde. Para a massa verde foram pesadas todas as plantas coletadas. A estatística descritiva foi realizada pelo software GS+ versão 7.0. A análise da dependência espacial dos atributos do solo e dos componentes de produção foi avaliada pela geostatística, e os procedimentos para ajuste do modelo do semivariograma foram feitos conforme VIEIRA et al. (1983), utilizando o programa GS+ versão 7.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A estatística descritiva para as variáveis analisadas é apresentada na Tabela 1. Valores de assimetria e curtose entre 0 e 3 indicam distribuição normal dos dados, sendo esta determinação importante, pois a krigagem apresenta melhores resultados quando a normalidade dos dados é satisfeita. A área apresentou produtividade média de massa verde 70,9 t ha⁻¹, com os valores variando entre mínimos e máximos de 30,1 a 114 t ha⁻¹ (Tabela 1). O coeficiente de variação da produtividade foi de 25,01% classificado como médio (15% ≤ CV ≤ 35%). Já para, altura de plantas e diâmetro médio de colmo estes valores foram baixos (CV ≤ 15%), mostrando maior homogeneidade desse atributo para a área de estudo. Observa-se uma tendência de aumento dos valores médios dos índices vegetativos com o desenvolvimento da cultura, Nitrogênio (478,40, 621,09 e 709,53), respectivamente, fase vegetativa e reprodutiva, o que era esperado devido a maior fixação do nitrogênio na folha é na fase vegetativa da cultura do milho.

TABELA 1. Estatística descritiva para a Produtividade (PR), 1ª Análise do teor de clorofila (1º ICF), 2ª Análise do teor de clorofila (2º ICF), 3ª Análise do teor de clorofila (3º ICF), altura de plantas (ALT), diâmetro médio de colmo (DMC). **Descriptive statistics for Productivity (PR), 1º Analysis of chlorophyll content (1º ICF), 2º Analysis of chlorophyll content (2º ICF), 3º Analysis of chlorophyll content (3º ICF), plant height (ALT), average stem diameter (DM) .**

Parâmetros	PR(t ha ⁻¹)	1º ICF	2º ICF	3º ICF	ALT(m)	DMC(m)
Nº Amost.	40	40	40	40	40	40
Média	70,93	478,40	621,09	781,46	3,10	0.020
Mínimo	30,5	406,80	455,00	659,30	2,43	0.017
Máximo	114	547,80	695,40	854,00	3,57	0.025
Mediana	71,6	475,20	622,85	788,15	3,12	0.020
Assimetria	-0,13	0,10	-0,98	-0,91	-0,29	0.519
Curtose	0,06	-0,48	1,77	0,59	-0,47	-0.396
D.Padrão	17,74	32,40	49,59	49,96	0,27	0.002
Variância	314,67	1049,48	2458,73	2496,19	0,07	0.000005
CV(%)	25,01	6,77	7,98	6,39	8,7	10

CV- Coeficiente de variação; ICF-Índice de clorofila Falker.

Na Tabela 2 é possível verificar os parâmetros dos modelos matemáticos que se ajustaram aos parâmetros e os componentes de produção do milho silagem, já o modelo gaussiano foi utilizado para altura de plantas e

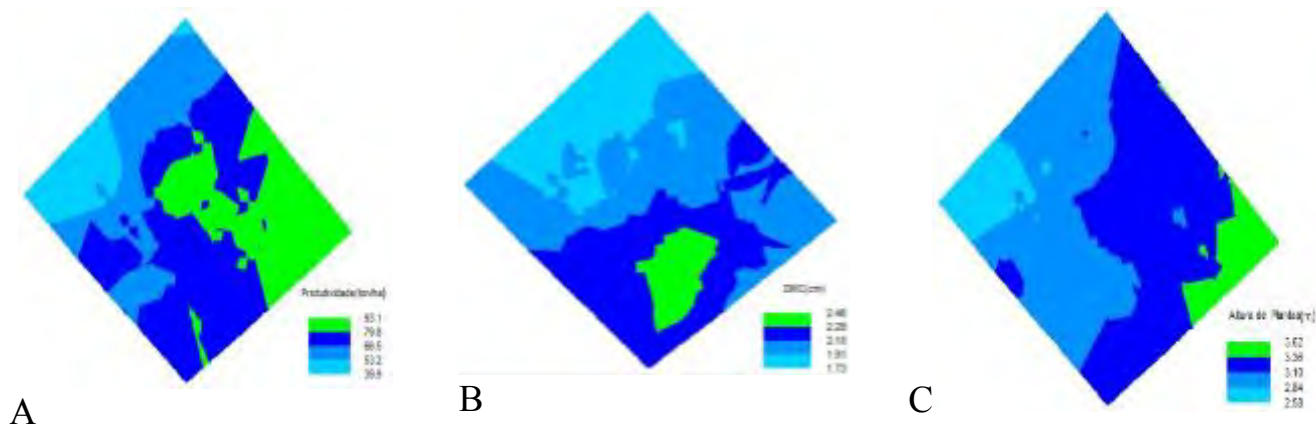
diâmetro médio do colmo e o esférico ajustou-se melhor para teor de clorofila, conforme critérios de classificação proposto por Dalchiavonet al. (2012).

TABELA 2. Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para as variáveis Produtividade (PR), 1ºAnálise do teor de clorofila (1ºICF), 2ºAnálise do teor de clorofila(2ºICF), 3ºAnálise do teor de clorofila (3ºICF), Altura de plantas (ALT), Diâmetro médio de colmo(DMC). **Theoretical models of adjusted semivariogram for the variables productivity (PR), 1ºAnalysis of chlorophyll content (1ºICF), 2ºAnalysis of chlorophyll content (2ºICF) , 3ºAnalysis the content chlorophyll (3º ICF), plant height (ALT), average stem diameter (DMC) .**

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	a	R ²	RSS	GDE%
PR	Gaussiano	149,00	1208,90	291,20	0,82	88959	12,32
1º ICF	Esférico	1,00	940,00	36,60	0,00	358675	0,1
2º ICF	Esférico	10,00	2436,00	60,70	0,105	1820582	0,41
3º ICF	Gaussiano	1990,00	8090,00	380,50	0,633	3473088	24,59
ALT	Gaussiano	0,015	1,45300	610,9	0,778	0,0165	1,03
DMC	Gaussiano	0,021	0,04876	62,40	0,204	1,353.10 ⁻³	44,36

Co- efeito pepita; Co+ C1 - patamar; a - alcance (m); GDE = Co/(Co+ C1) - grau de dependência (%). GDE - Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%, baixa 20 a 40%, média 40 a 60%, alta 60 a 80%, muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavonet al. (2012).

Os parâmetros dos modelos de semivariogramas selecionados (Tabela2) é o método de interpolação por krigagem e cokrigagem, foram utilizados para gerar os mapas de contorno da distribuição espacial dos atributos analisados na cultura do milho silagem. Observa-se nas figuras abaixo que onde ocorreu maior produtividade apresentou maior diâmetro médio do colmo, altura de plantas e índice de clorofila na fase vegetativa.No entanto observando os valores médios de produtividade de massa verde de silagem de milho e índice de clorofila na fase vegetativa na tabela1, verifica-se pouca similaridade entre os mapas, possivelmente é devido as plantas de milho ainda apresentar pouco número de folhas. Observando (Figura 1A,1C e 1F), pode-se verificar que nos pontos onde apresentou maior altura de plantas e teor de clorofila a produtividade de massa verde foi maior variando de 79,8 e 93,1 tha⁻¹, indicando que com o aumento do teor de clorofila e altura de plantas houve um aumento da produtividade.



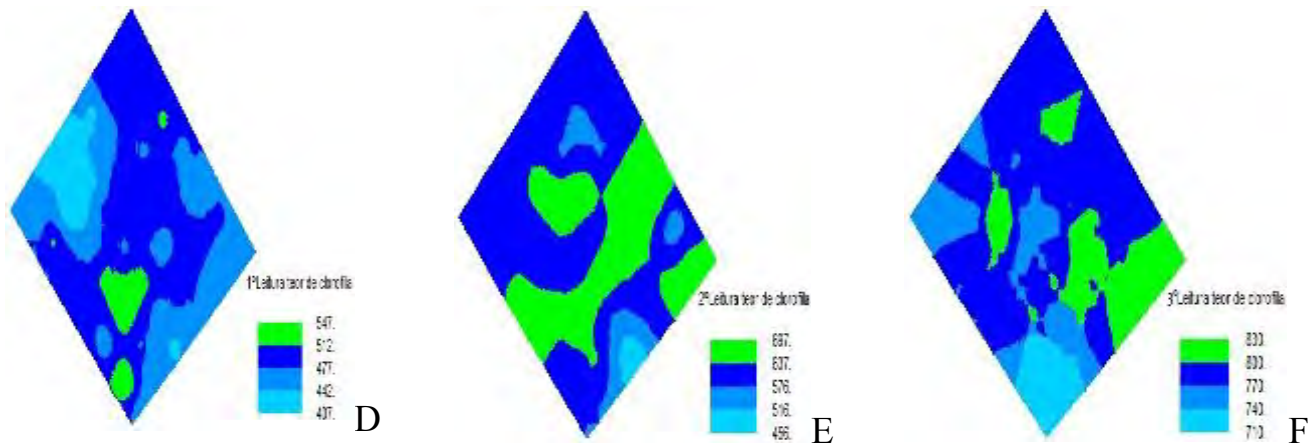


FIGURA 1. Mapas de contorno de produtividade (A), Diâmetro médio de colmo (B), Altura de planta (C), 1ºAnálise do teor de clorofila (D), 2ºAnálise do teor de clorofila(E),3ºAnálise do teor de clorofila(F).

CONCLUSÃO: Os índices de clorofila na fase vegetativa da cultura do milho apresentaram dependência espacial muito baixa explicada pelo modelo esférico o da fase reprodutiva apresentou baixa dependência espacial explicado pelo modelo Gaussiano. Os componentes de produção apresentaram baixa e moderada dependência espacial, explicados pelo modelo Gaussiano. Os maiores valores de produtividade foram nas regiões dos mapas que apresentam maior diâmetro médio do colmo, altura de plantas e índice de clorofila na fase vegetativa.

REFERÊNCIAS:

- BARBOSA FILHO, M. P.; COBUCCI, T.; FAGERIA, N. K.; MENDES, P. N. Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1843-1848, 2008.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.43, n.3. 2012.
- LOBO, V. S. FILIPPI, M. C. C.; SILVA, G. B.; VENANCIO, W. L.; PRABHU, A. S. Relação entre o teor de clorofila nas folhas e a severidade de brusone nas panículas em arroz de terras altas. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.37, n.1, p.83-87, 2012.
- RIA, W. O.; CRUZ, J. C.; FASCINA, M.; KOVALESKI, J. L. Tecnologias aplicadas ao agronegócio agricultura de precisão. **Revista Gestão do Conhecimento**, Castelo Branco, v.7, n.7, 2015.
- VIEIRA, S. R.; HATFIEL, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, v.51, 1983, p.1-75.

USO DA AP NO GERENCIAMENTO DE METADADOS DE LONGO PRAZO DE MONITORAMENTO DE PRAGAS DA MACIEIRA

MARINES GNOATTO CANDEIA¹, LUCIANO GEBLER², MARCIO BOEIRA BUENO³

¹ Graduanda agronomia, Universidade de Caxias de Sul, Campus Vacaria, Vacaria – RS

² Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria – RS, Fone: (XX54)32318300, luciano.gebler@embrapa.br.

³ Eng. Agrônomo, Professor, Universidade de Caxias de Sul, Campus Vacaria, Vacaria – RS

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O monitoramento é uma ferramenta segura e sustentável para a tomada de decisão de tratamentos contra pragas, porém os dados ficam armazenados sem uso após a análise semanal durante a safra. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a facilidade no gerenciamento de informações acumuladas na criação de mapas de tendência de ocorrência das principais pragas e no planejamento da distribuição de armadilhas utilizado em pomares de maçã. Verificou-se a possibilidade da implantação da agricultura de precisão e o uso de SIG em pomares de maçã no gerenciamento de pragas, através da análise de dados anuais acumulados, facilitando o reconhecimento de locais favoráveis a incidência de pragas, distribuição de armadilhas e possíveis áreas de permanência e entrada de pragas.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de Pragas; Fruticultura de precisão; Mosca das frutas; Bonagota.

USE OF PA IN METADATA MANAGEMENT FOR LONG-TERM MONITORING OF PESTS OF APPLE TREE

ABSTRACT: Monitoring is a safe and sustainable tool over decision related to treatments against pests, but the data is stored without use after weekly analysis during the crop season. This study aimed to demonstrate the ease of information management accumulated over the creation of maps illustrating the occurrence of the main pests trends, which can be used to plan the distribution of traps in apple orchards. There was the possibility of the precision agriculture implementation and the use of GIS in apple orchards related to the pest management through the accumulated annual data analysis, facilitating the recognition of favorable places of pest incidence, distribution of traps and possible areas of permanence and entrance of pests in the field.

KEYWORDS: Pest Management; Precision Fruit growing; Fruit fly; Bonagota.

INTRODUÇÃO: A exploração econômica nas cultivares de macieira expandiu-se significativamente nos últimos anos, principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo a produção autossuficiente em importações e exportações para mercados altamente exigentes. Diante desse cenário, empresas produtoras caminham em direção à produção eficiente com qualidade e sustentabilidade, minimizado os efeitos negativos à saúde e ao meio ambiente pela utilização de agrotóxicos. (FIORAVANÇO & SANTOS, 2013). Com o aumento de produtividade e a exigência em qualidade da fruta, surgiu a necessidade da adoção de um sistema que auxiliasse no gerenciamento e manejo das áreas, surgindo então a Produção Integrada de Maçãs (PIM), sistema de certificação de qualidade que exigia a implantação de um sistema para auxílio na tomada de decisões do uso de agrotóxicos com base no monitoramento de pragas, exigindo a coleta e armazenamento desses dados em planilhas por um período de 5 anos (KOVALESKI & RIBEIRO, 2002). A partir daí, os pomares passaram a contar com planilhas de dados temporais (FIORAVANÇO & SANTOS, 2013), utilizadas semanalmente para manejo de pragas durante as safras, mas sem posterior utilização. O objetivo do presente trabalho é aplicar a agricultura de precisão no manejo desse banco de dados (Metadados), com a finalidade de compreender o comportamento das pragas que atuam nos pomares ao longo dos anos na forma de mapas,

permitindo uma tomada de decisão afinada com o comportamento das pragas ao longo do tempo, através da visualização mais precisa dos eventos de infestação, além de utilizar as informações de alto custo já disponíveis, inúteis até o momento.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho de pesquisa foi baseado na comparação direta de cenários temporais (antes, sem a tecnologia proposta aplicada, e o depois, com a aplicação da tecnologia e análise de resultados), através de mapas temáticos. A amostra da pesquisa foi realizada sobre os dados cedidos pela empresa Agropecuária Schio LTDA, no pomar da Várzea, Vacaria, RS, coordenadas da sede, 28°28'52"S e 50°48'35"O, em uma área com cultivares Gala, Fuji e seus clones. A empresa segue as normas da PIM, através do Manejo Integrado de Pragas (MIP), aplicando agrotóxicos somente quando as pragas atingem nível de controle determinado pela pesquisa, 0,5 mosca armadilha⁻¹dia⁻¹, 20 insetos machos armadilha⁻¹semana⁻¹ para Lagarta Enroladeira, baseado no resultado do monitoramento de armadilhas a campo. As armadilhas utilizadas pela empresa são do tipo Delta com piso adesivo e feromônios para Bonagota (Lagarta Enroladeira) e armadilhas bola com suco de uva para Mosca-das-Frutas, estando dispostas a aproximadamente 1,5 m do solo nos galhos das plantas, com numeração gravada com pincel atômico. Após a coleta a campo, os dados são disponibilizados em tabelas em Excel®, que possuem a numeração do talhão, número da fila, posição Norte (N), Sul (S) ou Meio (M) como posição no talhão e a numeração da armadilha. Os dados utilizados foram compilados dos ciclos 11/12, 12/13 e 13/14 de monitoramentos, obtidos diretamente da empresa. Entre os meses de novembro e dezembro de 2014 foi feita a conferência do posicionamento das 248 armadilhas no campo, através de levantamento geográfico individual, utilizando-se um GNSS geodésico modelo V30RTK (Hi TARGET®). A escolha do receptor de dupla frequência foi devido a necessidade de levantamento em linhas com distância maior em relação a base e sua alta precisão. O receptor base foi situado com coordenada conhecida, e o Rover utilizou o posicionamento de modo relativo estático-rápido, com intervalo de 2 minutos para a coleta de dados. A etapa de escritório constou na tabulação das informações obtidas pelo receptor base, com pós-processamento de coordenadas geodésicas, obtidas diretamente do programado GNSS (TOPCON LINK), para coordenadas UTM, utilizando-se o método de triangulação, baseado no IBGE-PPP (Posicionamento por Ponto Preciso), para sistema Sirgas 2000. Após o trabalho da organização dos dados de campo, as planilhas eletrônicas com os dados da empresa foram transformados para forma binária (zero e um), conforme a existência ou não e o número de eventos de infestação durante o ciclo, limitados por níveis de controle pré-estabelecidos pelo MIP. Com o número de eventos por semanas e por armadilhas construiu-se um mapa anual de ocorrência para os três ciclos trabalhados, unificados em uma nova planilha com as coordenadas de altitude, longitude e latitude corrigidas para cada armadilha, obtendo-se uma malha regular de dados. Foram-se empregadas técnicas de geoprocessamento para a interpolação por krigagem simples de dados no programa SURFER 9® para a criação de mapas temáticos, a partir de banco de dados, com sobreposições de ocorrência de eventos nos três anos estudados. Utilizou-se o programa Quantum GIS para geração de mapas de distribuição espacial de armadilhas e posterior criação de um sistema de informações geográficas contendo os metadados da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A aplicação de mapas de ocorrência de pragas permite a avaliação do que está ocorrendo na área baseado em grande volume de dados. A análise de planilhas numéricas toma tempo excessivo para serem interpretadas, mas, a partir da geração dos mapas há a possibilidade de uma análise temporal da área. Nele é possível identificar imediatamente e visualmente os pontos onde ocorrem as altas e baixas infestações e a repetibilidade das mesmas zonas durante os anos. Segundo o mapa de infestações da praga Mosca das Frutas, apresentado na Figura 1, pode-se observar uma grande zona sobreposta com as colorações verde e azul, apresentando incidência mediana anula entre os ciclos anuais. As zonas em vermelho, com ocorrência em um ano do período de análise, aparecem localizadas em uma lateral da área, pressupondo-se que essa seja a provável entrada da praga. Uma das razões é a existência de uma região de matas no local, fonte de infestação dessa praga.

MONITORAMENTO DE MOSCA-DAS FRUTAS		2010/2011																								
POMAR DA VARZEA																										
QUADRA	2GX	2GX	2GX	6GX	6GX	6GX	7GX	7GX	7GX	7FS	7FS	9F	9F	9F	9F	10G	10G	10G	10G	11GX	11GX	11GX	11FS	11FS	12F	12F
FILA	10	75	115	15	45	60	10	45	75	130	150	10	90	200	250	50	100	200	280	15	45	60	85	95	20	90
POSICÃO	N	M	S	S	M	M	N	M	S	M	S	S	M	M	N	S	M	N	M	S	M	N	M	S	M	S
ARMADILHA	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599
25/10/2010	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	0	2	0	3
28/10/2010	2	4	5	3	2	6	4	3	7	4	3	5	3	8	2	6	4	3	5	5	3	4	8	6	5	6
03/11/2010	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
09/11/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/11/2010	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/11/2010	7	3	9	5	2	7	5	8	6	11	5	3	6	8	5	9	5	10	6	3	8	5	9	12	8	6
24/11/2010	3	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	2	1	0	2	1	1	0	3	1	1	0	0	0	1
29/11/2010	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/12/2010	0	0	0	9	0	2	1	1	3	0	0	4	0	1	3	18	5	12	1	25	3	2	5	1	1	10
07/12/2010	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	5	0	0	1	5	5	9	1	3	2	1	0	2	1	3
15/12/2010	5	0	0	4	0	0	0	1	3	0	0	3	1	1	2	11	4	2	2	30	3	0	5	3	0	5
20/12/2010	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	3	1	0	0	7	1	1	0	4	0	2	1	2	0	2
23/12/2010	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3	1	0	1	2	0	0
28/12/2010	3	1	5	2	4	1	6	2	4	1	6	4	2	5	3	8	2	4	3	1	0	3	1	1	5	6
04/01/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
10/01/2011	3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
13/01/2011	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/01/2011	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
25/01/2011	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/02/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	6	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	9	5
09/02/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/02/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/02/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/02/2011	1	3	0	1	0	2	0	1	3	3	4	6	3	5	2	3	1	1	8	0	1	0	5	6	8	10
08/03/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/03/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/03/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/03/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/04/2011	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/04/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/04/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Evolução de eventos de mosca de 2011 a 2014

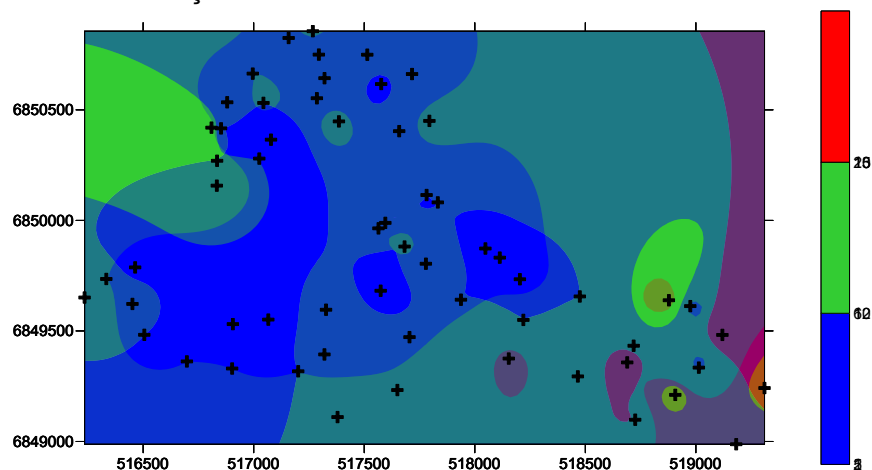


FIGURA 1. Comparativo visual entre a análise de dados de tabelas nos dias atuais e a proposta do uso de mapas baseados em AP para a praga *Anastrepha fraterculus*, onde azul são regiões de baixa infestação, verde média e vermelha alta, segundo os valores de detecção de cada ano. **Visual comparison between the data analysis tables in the present day and the proposed use of AP-based maps for the pest *Anastrepha fraterculus*, where blue are regions of low infestation, medium infestation, green, and high, red, according to the detection values of each year.**

Em outro exemplo, é possível observar o comportamento da praga *Bonagota salubricola*, ou lagarta enroladeira, menos móvel que o comportamento apresentado pela mosca (Figura 2). Nota-se que a ocorrência de níveis de controle é frequente nos dois pontos em vermelho localizados no meio da propriedade, representando altas infestações. Isso leva a supor que a lagarta permanece naqueles locais de um ano para outro, uma vez que a infestação está longe das divisas. Verifica-se ainda que a ocorrência de zonas em verde, com número mediano de eventos, também apresenta constância ao longo dos três anos, solicitando cuidados para evitar que passe para situação de zonas vermelhas. Ainda assim, a maior área da propriedade se apresenta em azul, indicando que nessas áreas o controle está ocorrendo satisfatoriamente. Essa informação pode servir de base para a decisão de se aplicar o controle da praga em toda a área ou somente nas áreas vermelha e verde. É importante sempre manter o controle visual sobre a área, permitindo a verificação das condições naturais, presença de água, rios, matas, dentre outras, que podem estar ligadas à dispersão das pragas.

Evolução de eventos de Bonagota de 2011 a 2014

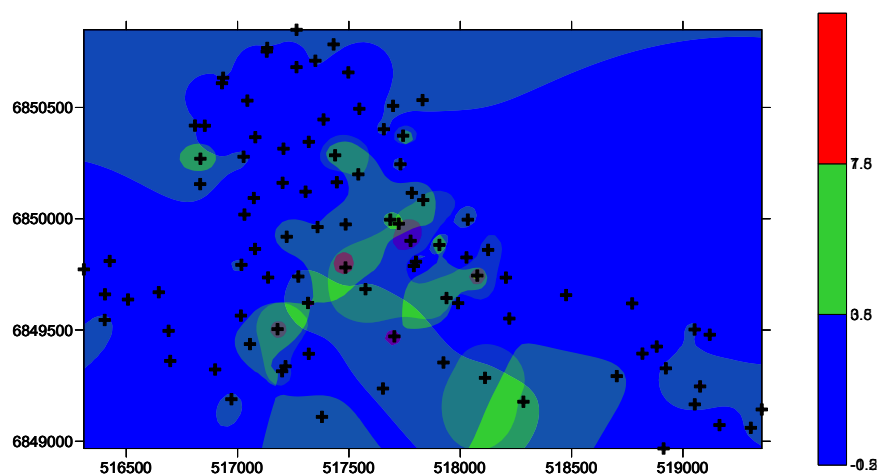


FIGURA 2. Mapas baseados em AP para analisar o comportamento da praga *Bonagota salubricola* em pomar de maçã, onde azul são regiões de baixa infestação, verde média e vermelha alta, segundo os valores de detecção de cada ano. **Maps based on AP to analyze the behavior of *Bonagota salubricola* in apple orchard, where blue are regions of low infestation, medium infestation, green, and high, red, according to the detection values of each year.**

Com base nessas informações, os mapas de incidência e de distribuição espacial tornam-se instrumentos-chaves para o controle de procedimentos para tratamentos fitossanitários, utilizando-se informações obtidas junto às unidades de produção que não tinham, até então, uma ferramenta para manejar tamanho volume de dados para quantificar níveis de infestação e conhecimento da área. O controle e a exatidão destas informações possibilitam ações no sentido de controles preventivos possibilitando menores custos de produção e menor agressão ao ambiente.

CONCLUSÃO: As informações contidas nos metadados, considerados inservíveis pela empresa, podem ser reutilizadas. Os dados brutos, mesmo que coletados para outra finalidade, ao serem agregados como metadados, permitem a ampliação do escopo da análise, demonstrando seu valor.

AGRADECIMENTOS: à Embrapa pelo apoio dado pelo projeto MP2 “Tecnologias para a sustentabilidade das cadeias produtivas da maçã e da pera no Sul do Brasil” e à Universidade de Caxias do Sul.

REFERÊNCIAS:

- FIORAVANÇO, J.C (Org.) ; SANTOS, R. S. S. (Org.) . **Maçã: o produtor pergunta a Embrapa responde**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2013
- KOVALESKI, A.; RIBEIRO, L. G. **Manejo de pragas na produção integrada da maçã**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. p.8 (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica,34).
- SHIRATSUCHI, L, et al. (2014) Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília (DF): EMBRAPA, 2014, p.58.
- VILELA, E.F.; LUCIA T.M.C.D. **Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Viçosa: Imprensa Universitária UFV, 2001. p.155.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS INDICES DE QUALIDADE DO FRUTO DE TOMATE INDUSTRIAL

ELTON FIALHO DOS REIS¹;DANILO GOMES DE OLIVEIRA²; MARCOS PAULO OLIVEIRA MARTINS³; ANDERSON DA SILVA UMBELINO⁴

¹Professor Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis (GO), fialhoreis@ueg.br

²Professor Mestre em Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins - TO;

³Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis (GO);

⁴Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis (GO).

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e constitui importante fonte de vitaminas e sais minerais para a nossa alimentação. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial da produtividade e dos índices de qualidade do fruto do tomate industrial. A cultivar transplantada foi a Cangata, com densidade populacional de 30000 plantas ha⁻¹. Para avaliar a variabilidade foi utilizada uma malha amostral, com 85 pontos espaçados de 80 m x 80 m, onde foram avaliados em campo a produtividade em 1 m² e os índices de qualidade do fruto sólidos solúveis(SS), potencial hidrogeniônico do fruto(pH) e acidez titulável. As variáveis obtidas foram analisadas pela geoestatística e classificados segundo o grau de dependência espacial. Logo após, utilizando o método de interpolação por krigagem ordinária foram estimados os valores para locais não amostrados, permitindo a confecção de mapas de isovalores. Os teores de sólidos solúveis (SS) apresentaram médias de 2,73, 3,11 e 3,41°Brix durante o processo de maturação. Os valores de acidez titulável, apresentaram médias de 0,40, 0,40 e 0,38% de ácido cítrico, para os tomates maduros, “devez” e verde, respectivamente. A utilização da geoestatística e a construção dos mapas por meio da krigagem ordinária permitiram identificar a variabilidade espacial, para os diferentes índices de qualidade de fruto do tomate industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, Dependência espacial, Krigagem ordinária.

SPATIAL VARIABILITY OF INDUSTRIAL QUALITY TOMATO FRUIT INDEXES

ABSTRACT: The tomato fruit is one of the most consumed vegetables in Brazil and an important source of vitamins and minerals to our diet. This study aimed to evaluate the spatial variability of productivity and quality indices of the fruit of industrial tomato. Cangata cultivar was transplanted, with a population density of 30,000 plants ha⁻¹. To evaluate the variability a sampling grid was assembled, with 85 points spaced 80 m x 80 m and construction of the mesh were taken in field productivity and m 1 m² of points and the indices of fruit quality of industrial tomato soluble solids (SS), hydrogenionic potential of the fruit (pH), firmness of the skin and Acidity titratable. The values obtained were analyzed by geostatistics and classified according to the degree of spatial dependence. Soon after, using the method of interpolation by ordinary kriging values for non-sampled locations were estimated, allowing the production of contour maps. The soluble solids (SS) had averages of 2,73, 3,11 and 3,41°Brix during the maturation process. The titratable acidity values presented averages 0,40, 0,40 and 0,38 % citric acid to ripe tomatoes " devez " and green, respectively. The use of geostatistics and construction of maps through ordinary kriging have identified management spatial variability for different quality scores result of industrial tomato.

KEYWORDS: Geostatistics, spatial dependence, ordinary Kriging.

INTRODUÇÃO: O conceito de qualidade de frutos e hortaliças envolve vários atributos sejam eles físicos como massa, tamanho, cor e firmeza e químicos como sólidos solúveis, pH, acidez titulável e outros (FAGUNDES e YAMANISHI, 2001). Relacionado a isso, diversos fatores influenciam as propriedades químicas e físicas de um produto agrícola: a cultivar, o tipo de solo, o clima, o sistema de produção (orgânico ou convencional) e o ponto de colheita (CAMARGO et al., 2009). Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos índices de qualidade do fruto de tomate industrial.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Madeira, localizada no município de Gameleira de Goiás – GO, com altitude de 940 m, e coordenadas 16° 22' 17.3" S 48° 35' 20.5" O. A fazenda é produtora comercial de tomate industrial (*Solanum lycopersicum L.*), possui Latossolo Vermelho com textura argilosa, cultivada com soja e tomate a cada dois anos. A produção das mudas foi realizada em viveiro comercial localizado no município de Goiânia-GO. O transplântio da cultivar Cangata, foi realizada com linhas duplas de plantio com espaçamento de 1,2 m entre linhas, com densidade populacional de 30 mil plantas ha⁻¹. Na adubação usou-se a formulação 2-30-10 + 0,3 B + 0,2 Zn, em 500 kg ha⁻¹ e 5000 Kg ha⁻¹ de cama de frango a lanço, seguindo a recomendação da cultura utilizando a análise do solo. Foi construída uma malha amostral utilizando um receptor *global positioning system* (GPS) com sistema de correção diferencial em tempo real. A malha amostral foi composta por 85 pontos, espaçados de 80 x 80 m, totalizando uma área de pivô com 57 ha. A avaliação da produtividade foi realizada no período da colheita demarcando-se uma área de 1m² e posteriormente coletado os frutos, pesando em uma balança de precisão e separados com base na coloração da casca em cada ponto do malha. Em laboratório o conteúdo de acidez titulável (AT), foi determinado por meio da titulação, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 M, tendo como indicador a fenolftaleína a 1%, seguindo a recomendação do IAL (2008). A análise de sólidos solúveis (SS) foi realizada por meio de leitura refratométrica direta, em graus Brix, com refratômetro de bancada da marca QUIMIS. A medida do pH foi efetuada a partir do peagâmetro portátil Gehaka, modelo PG 1400, conforme técnica descrita por IAL (2008). Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva e para a confecção dos semivariogramas e seus respectivos ajustes utilizou-se o software geostatístico GS+ versão 7.0. Os modelos foram classificados de acordo com o Grau de Dependência Espacial (GDE), seguindo classificação proposta por Dalchiavon e Carvalho (2012). Após a escolha do melhor modelo de ajuste foram construídos mapas de isolinhas pelo software GS+ versão 7.0, que realiza as interpolações utilizando-se o método da krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise descritiva para os índices de qualidade do fruto do tomate industrial são apresentadas na Tabela 1. Em relação aos teores de sólidos solúveis (SS), de modo geral, houve aumento durante a maturação, apresentando médias de 2,73, 3,11 e 3,41°Brix, respectivamente, para tomates verdes, “devez” e maduros, corroborando com Lemos, (2006). Os valores encontrados no experimento, para os frutos de tomate industrial, oscilaram entre 1,2 e 5,2 °Brix (Tabela 1), demonstrando um intervalo maior aos encontrados por Miguel et al. (2007), em tomates da cultivar Débora (3,94 a 4,72 °Brix). O maior SS dos frutos produzidos no campo, possivelmente, está relacionado à síntese e acúmulo de açúcares no fruto, já que estes apresentam maior parte dos sólidos solúveis (°Brix) (CALIMAN et al., 2002).

TABELA 1. Estatística descritiva dos índices de qualidade do fruto do tomate industrial. **Descriptive statistics of the quality indices of the fruit of industry tomato**

ED		Média	Med	D. Padr	Curtose	Assi.	Mín	Máx.	CV	C. Per
SS (°Brix)	M	3,41	3,39	0,72	-0,35	-0,05	1,80	5,20	0,21	0,68
	D	3,11	3,30	0,65	0,19	-0,60	1,20	4,30	0,21	0,46
	V	2,73	2,80	0,62	1,96	-0,90	0,20	3,80	0,23	-0,13
Acidez titulavel	M	0,40	0,39	0,08	0,13	-0,07	0,17	0,59	0,21	0,80
	D	0,40	0,39	0,08	0,01	0,14	0,07	0,17	0,21	0,23
	V	0,38	0,37	0,10	-0,20	0,38	0,19	0,68	0,26	-0,16
pH Fruto	M	4,44	4,44	0,12	-0,62	-0,08	4,14	4,69	0,03	-0,47
	D	4,29	4,27	0,13	0,44	0,70	4,06	4,74	0,03	-0,11
	V	4,33	4,29	0,20	0,64	0,78	3,94	4,98	0,04	0,11

ED - Estatística descritiva; SS - Sólidos solúveis; Med - Mediana; Assi - Assimetria; Mín - mínimo; Máx - Máximo; CV(%) - Coeficiente de variação; Ds padrão - desvio padrão; M - tomates maduros; D - tomates devez; V - tomates verdes; C. Per - Correlação de Pearson com a produtividade total.

Os valores de acidez titulavel, apresentaram médias de 0,40, 0,40 e 0,38% de ácido cítrico, para os tomates maduros, devez e verde, respectivamente, valores estes superiores aos exigidos pela indústria para a classificação dos frutos como de alta qualidade, conforme Mattedi et al. (2004). A variabilidade da variável pH do fruto pode ser classificada como baixa para os três índices de maturação, no valores de 2,70, 3,03 e 4,61%, para tomates maduro, “devez” e verde, respectivamente. Neste sentido, as plantas de crescimento indeterminado, as quais possuem mais folhas do que frutos tendem a produzir frutos com SS mais elevado (32% maior), em relação às plantas de crescimento determinado, segundo Ibarbia e Lambeth, 1971 a porcentagem de sólidos solúveis depende de fatores genéticos.

Nos ajustes dos modelos dos semivariogramas para as variáveis de qualidade do fruto (Tabela 2), o modelo gaussiano, exponencial e esférico foram os modelos que mais se ajustaram aos dados qualidade do fruto. Em relação à acidez titulavel, os alcances para as fases de maturação do tomate variaram entre 76 e 2115 m para tomate maduro e devez, respectivamente, já para os tomates verdes apresentou EPP (Efeito pepita puro) para a grade amostral analisada, onde podemos tratar toda a área pelo valor médio.

TABELA 2. Semivariograma para os índices de qualidade do fruto do tomate industrial. **Semivariogram for the quality indices of the fruit of industry tomato**

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	C ₀	C ₀ +C ₁	A	R ²	RSS	GDE
At – Maduro	Gaussiano	0,00001	0,0054	76,00	0,64	3.10 ⁻⁶	0,18
At - “Devez”	Exponencial	0,0057	0,0158	2115,0	0,57	1.10 ⁶	36,07
At – Verde	EPP	-	-	-	-	-	100,0
SS – Maduro	EPP	-	-	-	-	-	100,0
SS - “Devez”	EPP	-	-	-	-	-	100,0
SS – Verde	Gaussiano	0,407	2,82	1620,0	0,89	2.10 ⁻³	14,43
pH – Maduro	Esférico	0,00036	0,015	140,00	0,66	6.10 ⁻⁶	2,40
pH - “Devez”	Exponencial	0,014	0,04	2110,0	0,40	1.10 ⁻⁴	35,00
pH – Verde	Exponencial	0,03	0,106	2110,0	0,50	4.10 ⁻⁴	28,30

C₀ - Efeito pepita; C₀+C₁ - Patamar; A - Alcance; R² - Coeficiente de determinação; RSS - soma de quadrado do resíduo; GDE - Grau de dependência espacial; SS – Sólidos solúveis; At- Acidez titulavel; EPP – Efeito Pepita Puro.

Os mapas da variabilidade espacial dos índices de qualidade de pós-colheita do fruto do tomate industrial são apresentados na Figura 1. Os SS somente apresentou dependência espacial com os frutos com a fase de maturação verdes (Figura 1A), os demais apresentaram efeito pepita puro, onde devemos tratar os valores de sólido solúveis para tomates maduros e devez como um valor médio obtida nos 85 pontos. Na fase de maturação os tomates estavam ainda verdes e apresentaram predominância da classe de cor verde e azul escura, tendo, dessa forma, maior uniformidade na área quando se utiliza a classificação proposta. Com exceção do pH para os frutos maduros (Figuras 1B) apresentou uma variação de 4,15 para 4,64, corroborando com a afirmação de Camargos et al., (2000), onde constatou que o tomate é uma cultura com acidez elevada. Para todas as outras fases, verificou-se nos mapas maior área de abrangência da classe 2 (intermediária) nos valores de 4,19 a 4,36 para frutos devez (Figura 1C) e 4,20 a 4,47 para os frutos verdes (Figura 1D), onde é possível verificar um comportamento similar para a região sul nos dois mapas de pH do fruto. Em relação à firmeza da casca os valores encontrados para tomates verdes, apresentaram variação muito menor em relação aos encontrados para tomates maduros.

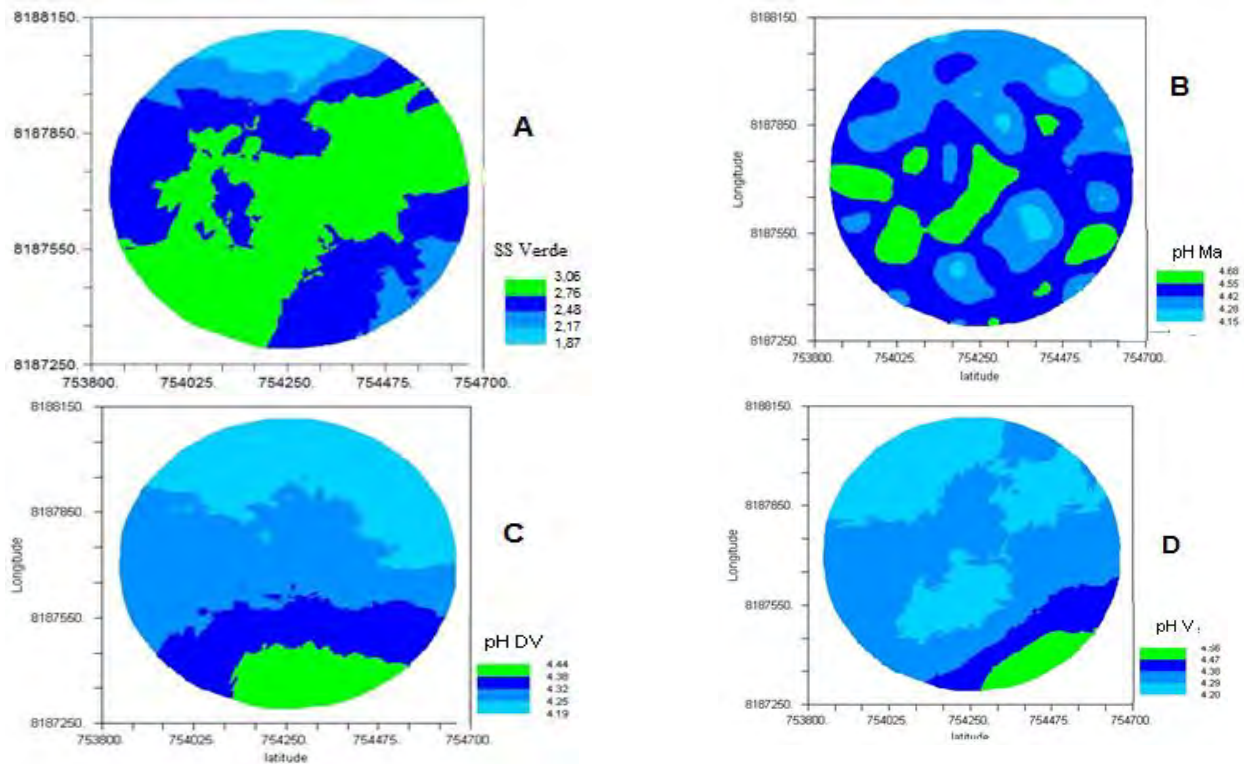


FIGURA 1. Mapa de contorno para os índices de pós-colheita: A - SS tomate verde; B - pH tomate maduro; C - pH tomate “devez”; D - pH tomate verde. **Contour map for post harvest indexes: A - tomato Green SS ; B - pH tomato Maduro ; C - pH tomato “devez” ; D - green tomato pH.**

CONCLUSÃO: Os teores de sólidos solúveis (SS) apresentaram médias de 2,73, 3,11 e 3,41°Brix durante o processo de maturação. Os valores de acidez titulavel, apresentaram médias de 0,40, 0,40 e 0,38% de ácido cítrico, para os tomates maduros, “devez” e verde, respectivamente. A utilização da geoestatística e a construção dos mapas por meio da krigagem ordinária permitiram identificar a variabilidade espacial, para os diferentes índices de qualidade de fruto do tomate industrial.

REFERÊNCIAS:

- CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H. I.; MARTINS, C. J. L.; MOREIRA, G. R.; CAMARGOS, M. I.; CARDOSO, A. A.; CARNICELLI, J. H. A. Produção de tomate longa vida em estufa, influenciada por espaçamento e número de cachos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.18, n.3, p.563-564, 2000.
- CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; GALVÃO, A. G.; FARIA, M. V.; CAMARGO, C. K. Caracterização química de frutos de morangueiro cultivados em vasos sob sistemas de manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.3, p. 993-998, 2009.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n.2, p. 541-552, 2012.
- FAGUNDES, R. G.; YAMANISHI, K. O. Características físicas e químicas de frutos demameiro do grupo ‘Solo’ comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 541-545, 2001.
- IBARBIA, E. A.; LAMBETH, V. A. Tomato fruit size and quality interrelations hips. **Journal of America Society of Horticulture Science**, Alexandria, v.96, n.1, p. 199-201, 1971.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 2008. 533p.
- LEMO, O. L. **Utilização de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita do pimentão Magali-R**. 2006.115p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2006.
- MIGUEL, A. C.A.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Efeito do cloreto de cálcio na qualidade de melancias minimamente processadas. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 442-446, 2007.

ESPECTROSCOPIA DO VISÍVEL E DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO NA DIFERENCIAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR E PLANTAS DANINHAS

MICAEL FELIPE DE SOUZA¹, CAMILA FERREIRA NETTO², MARCOS ANTÔNIO NERIS COUTINHO², LUCAS RIOS DO AMARAL³

¹ Eng^o Agrícola, Estudante de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, micafelipe@gmail.com

² Eng^o Agrícola e Ambiental, Estudante de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

³ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (19) 3521-1067.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A presença de plantas daninhas afeta a qualidade e eficiência da produção de cana-de-açúcar. O uso de sensores ópticos que se baseiam nas refletâncias (radiação) e que realizam a detecção instantânea é uma alternativa para o controle dessas plantas invasoras. Assim, o presente trabalho teve como objetivo diferenciar amostras de folhas de cana-de-açúcar da de plantas daninhas por meio da espectroscopia difusa na região do visível e infravermelho próximo (Vis-NIR), a qual é uma técnica promissora na diferenciação de plantas baseada no comportamento espectral. Foi utilizado o espectrorradiômetro FieldSpec 4 para coleta das medidas espectrais de amostras de folhas sadias de cana-de-açúcar e de seis espécies de plantas invasoras. Foram obtidos modelos para a faixa espectral do Vis, NIR e Vis-NIR. Em todas as faixas espectrais analisadas foi possível distinguir a cana-de-açúcar das plantas daninhas pelo método de reconhecimento de padrões SIMCA. O modelo construído com a faixa espectral do visível apresentou o melhor resultado, com 100% de classificação correta, seguido pelo Vis-NIR e NIR. O uso de sensores que trabalham apenas com a faixa espectral visível pode reduzir o custo de equipamentos para a identificação e combate de plantas daninhas em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Refletância difusa, SIMCA, quimiometria,

VISIBLE AND NEAR INFRARED SPECTROSCOPY DIFFERING WEEDS FROM SUGARCANE

ABSTRACT: The presence of weeds affects quality and efficiency of sugarcane production. The use of optical sensors based on reflectance (radiation) for instant weed detection is an alternative to its control. Therefore, this study aimed to differentiate samples of sugarcane leaves from weeds through spectral behavior on Visible Near-Infrared Diffuse Reflectance region (Vis-NIR). FieldSpec 4 Spectroradiometer was used to collect spectral measurements of healthy sugarcane leaves and six different weed species. Spectral models were obtained on Vis, NIR and Vis-NIR regions. Regardless the spectral region, it was possible to distinguish sugarcane from weeds by Soft Independent Modeling by Class Analogy (SIMCA). The Vis model showed the best result, with 100% of correct classification, followed by Vis-NIR and NIR. The use of sensors which works only with Visible spectra can offer lower costs for agricultural equipment deployment in order to identify and control weeds within fields.

KEYWORDS: Diffuse reflectance, SIMCA, chemometrics

INTRODUÇÃO: As plantas daninhas representam sério problema para a agricultura e na produção de cana-de-açúcar, a interferência causada por competição entre plantas, além de reduzir o rendimento da cultura, proporciona decréscimo da longevidade do canavial (ROLIM e CHRISTOFFOLETI, 1982; SILVA et al., 2009). Ferramentas de controle químico ou mecânico podem ser usados para deter a infestação de plantas daninhas no cultivo da cana antes que as espécies invasoras apresentem risco de prejuízo à cultura; contudo, estes métodos são onerosos, necessitam de planejamento e de mão de obra (KUYA et al., 2001). Para contornar esses problemas, alguns sensores comerciais baseados no comportamento espectral da vegetação, como o WeedSeeker® (Trimble, Sunnyvale, Califórnia, EUA), fazem a detecção de plantas para aplicação precisa de

herbicidas, promovendo economia nos custos com o produto aplicado e menores impactos ambientais (RABELLO, 2016). No entanto, a principal limitação desse tipo de sensor é que ele não permite a diferenciação entre espécies de plantas, não sendo capaz de diferenciar a cultura das plantas daninhas. PAAP (2014) destacou que a refletância difusa medida no intervalo de onda 400-2000 nm pode ser utilizada para detectar diferenças nas propriedades ópticas das plantas e discriminar espécies. Com o incremento no uso de aeronaves remotamente tripuladas (ARP), essa abordagem ganha destaque. No entanto, ainda não há sensores comerciais eficientes na discriminação entre plantas daninhas e cultura, sendo necessário avaliar aplicações em cana-de-açúcar. Logo, o objetivo desse trabalho foi diferenciar amostras foliares de cana-de-açúcar da de plantas daninhas por meio da espectroscopia difusa na região visível e infravermelho do espectro eletromagnético, buscando fornecer subsídios para o desenvolvimento de sensores dedicados e sensíveis às espécies investigadas.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram analisadas 210 amostras de folhas saudáveis, sendo 30 de cana-de-açúcar, em estágio inicial de crescimento, e 180 de plantas invasoras (*Commelina erecta*, *Alternanthera tenella*, *Ageratum conyzoides*, *Ipomoea purpurea*, *Ricinus communis* e *Ipomoea hederifolia*) consideradas problemáticas nos canaviais brasileiros. As amostras foram coletadas no campo experimental da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Araras. Para cada amostra foram adquiridos três espectros, resultado da integração de dez leituras consecutivas. Para isso, utilizou-se o espectrorradiômetro FieldSpec 4 (Analytical Spectral Devices, Boulder, Colorado, EUA), acoplado a um acessório denominado Leaf Clip, o qual mantém a mesma intensidade de luz e incidência ortogonal em todas as leituras, evitando a interferência da luminosidade externa e proporcionando medições totalmente controladas (TEIXEIRA, 2014). As leituras foram realizadas na faixa espectral de 350 a 2500nm, com resolução de 1,4nm. Os espectros foram convertidos para valores de absorvância (Absorvância = $\log(1/\text{Refletância})$). Em seguida, foi tomada a média dos três espectros de cada amostra e realizada sua divisão em três grupos espectrais, sendo eles: Visível (451-700nm), NIR (701-2450nm), Vis-NIR (451-2450nm). Os valores extremos do espectro (350-450nm e 2451-2500nm) foram descartados pela alta concentração de ruídos. A divisão do espectro em três faixas foi realizada focando o possível desenvolvimento de sensores dedicados, já que o custo dos sensores de refletância aumenta com o tamanho da faixa espectral lida. A seleção das amostras que compunham os conjuntos de treinamento e de validação foi realizada com base na análise de agrupamentos hierárquicos (HCA – Tabela 1), para seleção de espectros representativos. Nesta etapa, foram também identificados e removidos potenciais outliers para cada faixa espectral, utilizando o HCA e análise visual de alocação dos escores do PCA (Análise de Componentes Principais) com todas as amostras. Foram testados diversos pré-tratamentos para os dados, sendo escolhidos os que apresentaram melhores resultados na distinção entre as classes analisadas (cana e plantas daninhas).

TABELA 1. Conjuntos de treinamento, validação e pré-tratamentos dos espectros. **Training and validation datasets and spectra pre-treatment used.**

	Vis		NIR		Vis-NIR	
	Treinamento	Validação	Treinamento	Validação	Treinamento	Validação
Nº de amostras	126	67	134	67	134	69
Pré-tratamentos	Centrado na média + 1ª e 2ª derivadas + MSC*		Centrado na média + 1ª derivada		Centrado na média + 1ª derivada	

*MSC: Correção multiplicativa de espalhamento

As diferentes faixas espectrais foram analisadas com o método de reconhecimento de padrões SIMCA ($p < 0,05$). As figuras de mérito utilizadas para comprovar a eficiência dos modelos construídos foram:

$$\text{Seletividade (S)} = \frac{VN}{FP+VN} * 100 \quad (1)$$

$$\text{Sensibilidade(Se)} = \frac{VP}{VP+FN} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Exatidão(E)} = \frac{VP+VN}{VP+FN+FP+VN} * 100 \quad (3)$$

$$\text{Taxa de Falsos Positivos (TFP)} = \frac{FP}{FP+VN} * 100 \quad (4)$$

em que,

VP: verdadeiro positivo (amostras de cana classificadas como sendo de cana);

FP: falso positivo (amostras de plantas daninhas classificadas como sendo de cana);

VN: verdadeiro negativo (amostras de plantas daninhas classificadas como sendo de plantas daninhas);

FN: falso negativo (amostras de cana classificadas como sendo de planta daninha).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O modelo construído com a faixa visível do espectro apresentou melhor resultado na classificação das amostras do grupo de validação, com 100% de exatidão (Tabela 2). Ponzoni (2002) destaca que na região visível do espectro eletromagnético predomina a refletância de pigmentos encontrados nos cloroplastos das folhas das espécies vegetais, sendo a clorofila a principal responsável por este fenômeno. Segundo o autor, as concentrações destes pigmentos variam de forma notória de espécie para espécie. Isso justifica o melhor desempenho do modelo nessa região. Por outro lado, o mesmo autor indica que a faixa espectral do infravermelho próximo é fortemente suscetível ao espalhamento no interior das folhas, principalmente devido sua interação com o mesófilo; assim, fatores externos, como a disponibilidade hídrica, podem afetar a resposta espectral de uma dada espécie por alterar o espaço poroso no interior das folhas, o que explica os resultados inferiores encontrados com o modelo construído com essa faixa espectral (Tabela 2). O modelo construído com o espectro completo, Vis-NIR, apresentou resultado intermediário, devido ao prejuízo na diferenciação causado pelo NIR. Logo, em razão do alto desempenho da espectroscopia na região do visível, espera-se reduzir o custo de futuros equipamentos desenvolvidos para este fim. Ao mesmo tempo, o uso de sensores Vis-NIR não pode ser descartado, pois o incremento da informação presente na região do NIR pode auxiliar na distinção entre espécies de plantas, como gramíneas, não abordadas aqui e que serão foco de estudos futuros.

TABELA 2. Figuras de mérito utilizadas para avaliar a eficiência dos modelos de classificação. **Figures of merit to evaluate the classification models effectiveness.**

	Vis	NIR	Vis-NIR
E* [%]	100,0	92,5	98,6
Se* [%]	100,0	81,8	91,7
S* [%]	100,0	94,6	100,0
TFP* [%]	0	5,4	0

*E: exatidão, Se: sensibilidade, S: seletividade, TFP: taxa de falsos positivos.

CONCLUSÃO: É possível distinguir plantas daninhas de cana-de-açúcar através da espectroscopia nas faixas visível, NIR e Vis-NIR. Contudo, a diferenciação realizada utilizando apenas a faixa espectral do Visível apresenta os melhores resultados e é mais indicado para uso em equipamentos embarcados em razão de seu baixo custo.

AGRADECIMENTOS: à Profª. Dra. Patrícia Monquero da Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, pela disponibilização das amostras de plantas.

REFERÊNCIAS:

- KUVA, M.A., GRAVENA, R., PITELLI, R.A., CHRISTOFFOLETI, P.J., ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. II – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v.19, n.3, p.323-330, 2001.
- PAAP, A.J. **Development of an optical sensor for real-time weed detection using laser based spectroscopy.** PhD Thesis. Electron Science Research Institute, Edith Cowan University, p. 163, 2014.
- PONZONI, F.J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. **INPE**, São José dos Campos. 2002.

RABELLO, L. **Trimble WeedSeeker oferece tecnologia para pulverização seletiva**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/noticias/trimble-weedseeker-oferece-tecnologia-para-pulverizacao-seletiva>> Acesso em: 20 jun. 2016.

ROLIM, J.C., CHRISTOFFOLETI, P.J. Período crítico de competição na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) - cana-planta de ano. **Saccharum** (São Paulo), Piracicaba, v.5, n.22, p.21-26. 1982.

SILVA, I.A.B., KUVA, M.A., ALVES, P.L.C.A., SALGADO, T.P. Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana-soca. **Planta daninha**. v.27, n.2, p. 265-272. 2009.

TEIXEIRA, L.R. **Classificação orientada a objetos na diferenciação da cobertura vegetal e espectrorradiometria foliar de espécies florestais do bioma cerrado**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE MAPAS DE NECESSIDADE DE CALAGEM PARA CULTURA DA SOJA

**ROBERTO BASTOS DE PAULA¹, MARCELO MARQUES COSTA², DARLY GERALDO DE SENA
JUNIOR², AMÉRICO NUNES DA SILVEIRA NETO²**

¹Estudante do Curso de Agronomia UFG – Regional Jataí, Jataí – GO. Fone: (64)99973-3446, agronomoroberto@yahoo.com

²Engº Agrônomo, Prof. Doutor. Curso de Agronomia UFG – Regional Jataí, Jataí – GO.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo do trabalho foi comparar métodos de obtenção de mapas de necessidade de calagem (NC), para uso em agricultura de precisão em uma área de produção comercial. Para obtenção dos dados foi selecionada uma área de 276 ha, onde foi criada uma grade regular com 140 pontos amostrais. Com o resultado das análises de solo foi criado um banco de dados com as variáveis Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio trocável (Al), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%). Os mapas de necessidade de calagem foram gerados pela interpolação por meio da krigagem ordinária, e determinados das seguintes formas: 1 – Utilizando o método de saturação por bases, calculando a necessidade de calagem em cada ponto amostral com posterior interpolação; 2 – Utilizando o método de saturação por bases pela interpolação da V% e CTC e posterior cálculo da necessidade de calagem; 3 – Utilizando o método da neutralização do alumínio, calculando a necessidade de calagem em cada ponto amostral com posterior interpolação; 4 – Utilizando o método da neutralização do alumínio, pela interpolação dos atributos Ca, Mg, Al e posterior cálculo da necessidade de calagem. Os dados foram analisados por estatística descritiva e por métodos geoestatísticos. Foram constatadas divergências por meio do coeficiente de determinação e da Raiz quadrada do erro médio. Os mapas de necessidade de calagem apresentaram divergências quantitativas e no padrão de distribuição espacial.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycinemax*, correção da acidez, neutralização da acidez trocável, saturação por bases

OBTAINING METHODS OF LIME NEED MAPS FOR SOYBEAN CROP

ABSTRACT: The study objective was to compare methods of obtaining need liming maps (NC), for use in precision farming in a commercial production area. To obtain the data was selected an area of 276 ha, where a regular grid was created with 140 sampling points. With the results of soil analysis was created a database with the variables Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Exchangeable Aluminum (Al), Cation Exchange Capacity (CEC) and Base Saturation (V%). The need liming maps were generated by interpolation by ordinary kriging, and certain of the following: 1 - Using the base saturation method, calculating the need for liming in each sample point with later inteCEC and subsequent calculation of the need liming; 3 - Using the method of the aluminum neutralization calculating the need liming with each sample point and later interpolation; 4 - Using the method of the aluminum neutralization by interpolation of attributes Ca, Mg, Al and subsequent calculation of lime requirement. The data were analyzed using descriptive statistics and geostatistical methods. Differences were found by the coefficient of determination and the mean squared error. The need liming maps presented quantitative and spatial distribution differences.

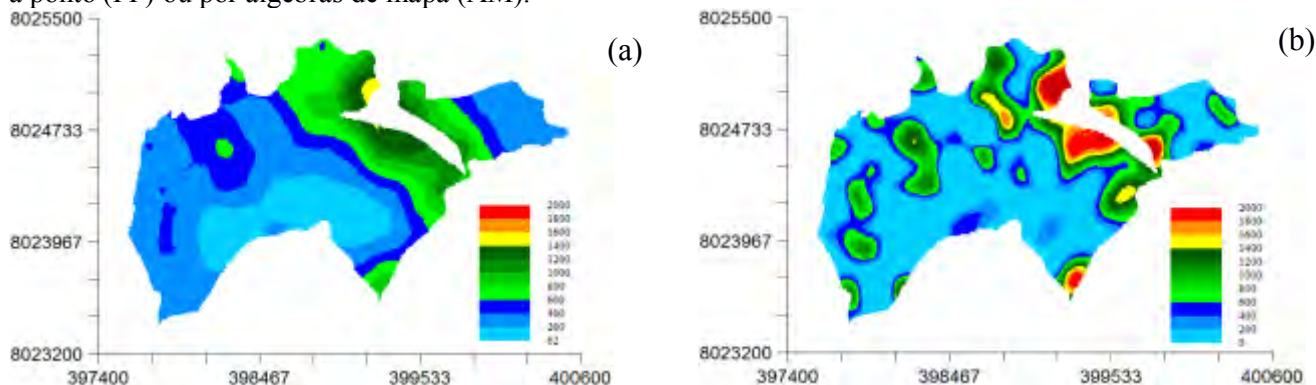
KEYWORDS: *Glycine max*, acidity correction, neutralization of the exchangeable acidity, base saturation

INTRODUÇÃO: O manejo localizado de insumos conhecido como Agricultura de Precisão, pode contribuir para otimização da produção agrícola e diminuição do risco de contaminação ambiental (Ragagnin et al., 2010). Uma das causas de baixo rendimento, consiste na redução do sistema radicular na presença de elevada acidez do solo e excesso de alumínio, sendo também afetado pela deficiência de cálcio, de magnésio e fósforo (Sousa

& Lobato, 2004). A calagem é utilizada para correção da acidez na camada arável (0 a 20 cm) do solo à intervalos em que as plantas tem melhores condições de assimilação dos nutrientes. Pesquisas demonstram heterogeneidade do solo e dos fatores de produção, o que justifica a análise da variabilidade espacial (Souza et al., 2014). A interpolação por Krigagem permite gerar mapas com informações relevantes, pois estima valores para locais não amostrados sem tendência e com variância mínima (Souza et al., 2010). Na região do cerrado, dois métodos têm sido utilizados para determinar a necessidade de calcário. O método da neutralização da acidez trocável (Al^{3+}) com elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, e o método da saturação por bases (V%) (Alvarez & Ribeiro, 1999). Os mapas de necessidade de calagem (NC), também podem ser gerados de duas formas. Uma forma consiste em calcular a NC em cada ponto amostral em seguida verifica a dependência espacial, realizando uma interpolação por Krigagem. Outra forma seria gerar um mapa interpolado para cada atributo do solo e utilizar álgebra de mapas para calcular o mapa de NC. Neste caso, os atributos que não apresentarem dependência espacial são considerados constante, e será representado pelo valor médio. Estas diferentes formas de obter o mapa de NC sugerem a hipótese de que os mapas gerados podem ser divergentes. Assim o objetivo desse trabalho será comparar as diferentes formas de obtenção de mapas de necessidade de calagem, considerando a cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado em uma Fazenda situada no município de Jataí-GO, na forma de estudo de caso. A área possui 276 ha e pode ser localizada nas coordenadas geográficas 17°51'48" Sul e 51°57'16" Oeste. O solo é classificado como Latossolo Vermelho escuro distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), com histórico de cultivo em mais de 10 anos de sistema de plantio direto com sucessão das culturas de Soja (1ª safra) e Milho (2ª safra). Nesse período os insumos e corretivos foram distribuídos a taxa fixa, com base em valores médios dos atributos do solo. Para produzir os mapas de NC foi utilizado uma grade com 140 amostras composta do solo, coletadas a partir de 10 amostras simples em um raio de 10 metros. Foram analisados os atributos Capacidade de Troca Catiônica (CTC), saturação por bases (V), teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al). O teor de argila foi obtido da análise de 46 amostras dos 140 pontos amostrados, sendo usado o valor médio das amostras. Os mapas da NC foram gerados de quatro maneiras: 1 – Pelo método de saturação por bases, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado (NC_SB_PP). 2 – Pelo método de saturação por bases, com a interpolação da V e CTC e posterior cálculo da NC utilizando álgebra de mapas (NC_SB_AM). 3 – Pelo método da neutralização do alumínio, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado (NC_NA_PP). 4 – Pelo método de neutralização do alumínio, com a interpolação dos atributos Ca, Mg, Al e posterior cálculo da NC, utilizando álgebra de mapas (NC_NA_AM). O valor esperado para saturação por base (V2) na cultura da soja é de 50%. Para o método da neutralização do alumínio o valor do termo Y (capacidade tampão) adotado foi 2,5 em virtude do teor médio de argila do solo ser classificado argiloso. O valor adotado para o termo X (exigência da cultura – soja grão) foi 2,0 (Alvarez & Ribeiro, 1999; Sousa & Lobato, 2004). Foi Realizada a análise geoestatística para verificar a dependência espacial usando o programa computacional GS+ (Robertson, 2008). Os mapas foram gerados pelo método da krigagem ordinária e para avaliar a similaridade foram utilizadas estatísticas como o coeficiente de determinação (r^2) e a raiz do erro quadrático médio (REQM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 são apresentados os mapas de necessidade de calagem (NC), confeccionados pelos métodos de saturação por bases (SB) e neutralização do alumínio (NA), calculados ponto a ponto (PP) ou por álgebras de mapa (AM).



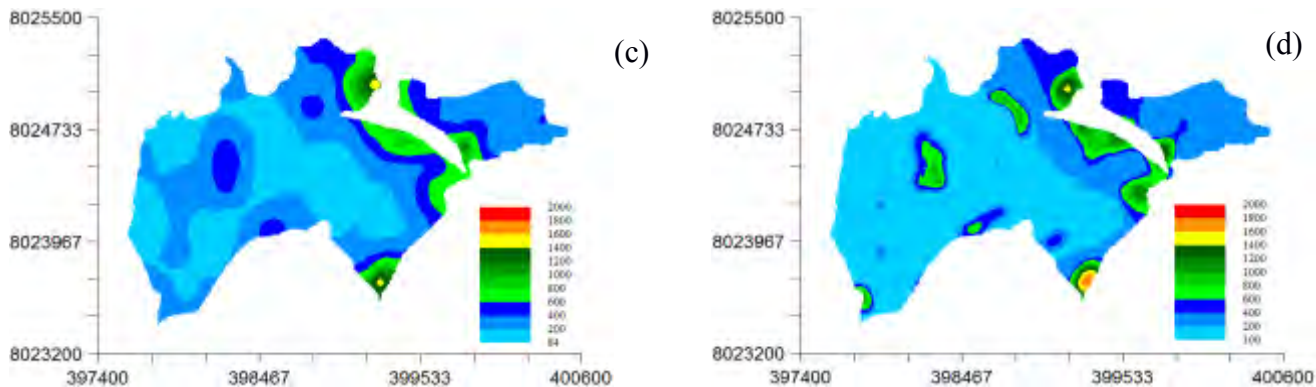


Figura 1. – Mapas de recomendação de calcário, gerados pelos métodos em estudo. **Limestone recommendation maps generated by the methods under study.** (a) – Método de saturação por bases, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. (b) – Método de saturação por bases, com a interpolação da V e CTC e posterior cálculo da NC utilizando álgebra de mapas. (c) – Método da neutralização do alumínio, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. (d) – Método de neutralização do alumínio, com a interpolação dos atributos Ca, Mg, Al e posterior cálculo da NC, utilizando álgebra de mapas

Nota-se que visualmente os mapas de recomendação de calagem tiveram comportamento semelhante em seu padrão espacial. Na Tabela 1, observa-se pouca variação nas faixas de aplicação, sendo que os mesmos possuem valores semelhantes na dose máxima, Exceto para o método da saturação por bases calculado por álgebra de mapas (b), que apresentou variabilidade no padrão espacial mais intensa quando comparado aos demais. Além disso, esse método apresentou o maior valor na dose máxima.

Tabela 1. – Recomendação de calcário para a área em estudo. **Lime recommendation for the study area.**

Método	Dose (kg ha ⁻¹)			
	Mínima	Máxima	Média	Total (ton)
NC_SB_AM	0	2823	463	127,788
NC_SB_PP	62	1545	482	133,032
NC_NA_AM	150	1745	308	85,008
NC_NA_PP	84	1538	320	88,320

NC_SB_PP – Método de saturação por bases, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. NC_SB_AM – Método de saturação por bases, com a interpolação da V e CTC e posterior cálculo da NC utilizando álgebra de mapas. NC_NA_PP – Método da neutralização do alumínio, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. NC_NA_AM – Método de neutralização do alumínio, com a interpolação dos atributos Ca, Mg, Al e posterior cálculo da NC, utilizando álgebra de mapas.

Os métodos da saturação por base apresentaram doses médias de correção do solo superior aos de neutralização por alumínio. Na propriedade estudada é adotado critério prático de não aplicar corretivo quando a dose recomendada for inferior a 500 kg ha⁻¹. Ao considerar as recomendações de necessidade de calcário pela média, não seria aplicado corretivo em todos os métodos de recomendação, caso fosse adotado o método convencional de correção do solo. Quando analisamos os valores máximos obtidos em de cada método e os mapas interpolados, todos apresentam valores superiores à dose adotada no critério prático, chegando ser quase seis vezes maiores em alguns locais. Isso justifica a necessidade de correção do solo por distribuição a taxa variável. Também deve ser considerado os locais valores menores que o critério de não aplicação. Segundo Ragagnin et al., (2010) o uso desses critérios seriam o motivo da redução na necessidade de insumos quando se utiliza a aplicação a taxa variada, pois aplica-se em cada local a dose mais acertada, evitando a superdose e a subdose, caso a calagem seja recomendada pela média e a média maior que o limiar de não aplicação. Na Tabela 2 são apresentados os resultados da estatística de comparação entre mapas. Embora o padrão espacial tenha sido semelhante, constata-se que numericamente os mapas são diferentes quando comparados cada unidade aplicação pela sobreposição dos mapas. Os mapas são mais semelhantes quando apresentam valores de r² próximo de 1, e o intercepto próximo a zero em um modelo linear. Também observou-se a Raiz de Erro Quadrático Médio (REQM) como indicador da divergências entre os mapas.

Tabela 2. – Ajuste de modelo linear e do REQM para comparação dos mapas de necessidade de calagem. **Linear model adjustment and RMSE to compare the need for liming maps.**

Variáveis	Coef. Angular	Intercepto	r ²	REQM
(NC_SB_AM) vs (NC_SB_PP)	0,4557	270,85	0,6309	347,78
(NC_NA_AM) vs (NC_NA_PP)	0,7923	76,338	0,7607	114,6
(NC_SB_PP) vs (NC_NA_PP)	0,5394	60,505	0,6382	250,86
(NC_SB_AM) vs (NC_NA_AM)	0,3291	155,62	0,5959	423,69
(NC_SB_PP) vs (NC_NA_AM)	0,5102	62,196	0,4714	286,69
(NC_SB_AM) vs (NC_NA_PP)	0,2961	183,27	0,5848	431,29

NC_SB_PP – Método de saturação por bases, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. NC_SB_AM – Método de saturação por bases, com a interpolação da V e CTC e posterior cálculo da NC utilizando álgebra de mapas. NC_NA_PP – Método da neutralização do alumínio, calculado em cada ponto amostral e posteriormente interpolado. NC_NA_AM – Método de neutralização do alumínio, com a interpolação dos atributos Ca, Mg, Al e posterior cálculo da NC, utilizando álgebra de mapas. r² – coeficiente de determinação; REQM – Raiz quadrada do erro médio.

CONCLUSÃO: De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, o método da saturação por bases recomenda maiores doses de calcário quando comparado com o método da neutralização do alumínio. O método da saturação por bases também apresenta mapas menos semelhantes que o método da neutralização do alumínio, quando comparadas as formas de cálculo, por álgebra de mapas ou por interpolação em cada ponto.

REFERÊNCIAS:

- ALVAREZ, V., V. H.; RIBEIRO, A. C. **Calagem**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ALVAREZ, V. V. H. (ed.) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 1999. cap. 8, p. 43-60.
- RAGAGNIN, V. A.; SENA JÚNIOR, D. G.; SILVEIRA NETO, A. N. Recomendação de calagem a taxa variada sob diferentes intensidades de amostragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 600-607, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n6/a06v14n6.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2015.
- ROBERTSON, G.P. **GS+**. Geostatistics for the environmental sciences. Versão 7. **Plainwell: GammaDesing Software**, 2008.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 3, p. 81-96. ISBN 85-7075-230-4
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C; ROCHA, W. S. D. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia agraria**, v. 11, n. 1, p. 73-81, 2010. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3196203>>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- SOUZA, Z. M. de; SOUZA, G. S. de; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 261-268, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n2/a3914cr2013-0306.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2015.

DETERMINAÇÃO DA TAXA VARIADA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CAPIM-XARAÉS COM BASE NO ÍNDICE DE SUFICIÊNCIA DO NITROGÊNIO (ISN)

LUCAS DE PAULA CORRÊDO¹, FRANCISCO DE ASSIS CARVALHO PINTO², DOMINGOS SÁVIO QUEIROZ³, DOMINGOS SARVIO MAGALHÃES VALENTE⁴, MARCELO FAGUNDES PORTES⁵

¹ Eng^o Agrícola e Ambiental, Mestrando, Depto. Engenharia de Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 98581-8748, lucas.corredo@ufv.br

² Eng^o Agrícola, Prof. Ph. D., Depto. Engenharia de Agrícola, UFV, Viçosa – MG

³ Zootecnista, Pesquisador, EPAMIG, Viçosa – MG

⁴ Eng^o Agrícola e Ambiental, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Agrícola, UFV, Viçosa – MG

⁵ Estudante de Eng Agrícola e Ambiental, Depto. Engenharia de Agrícola, UFV, Viçosa – MG

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O nitrogênio (N) é um nutriente essencial para realização da fotossíntese e aumento da produtividade das plantas. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto visando a identificação dos níveis de N na planta e no solo, tem sido objeto de diversos estudos. Um dos desafios tem sido o desenvolvimento e utilização de sensores capazes de identificar a necessidade das plantas em um determinado momento. Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar a taxa variada de adubação nitrogenada em capim Xaraés com base em três diferentes Índices de Suficiência de Nitrogênio (ISN). Os cinco tratamentos consistiram de uma testemunha (sem aplicação de N), uma parcela de referência (taxa fixa de N de 150 kg ha⁻¹) e três índices de suficiência de nitrogênio para aplicação de N a taxas variadas. Esses três tratamentos receberam inicialmente uma taxa de N igual a 50% da parcela de referência, e as doses seguintes foram definidas com base no ISN. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. O desenvolvimento das plantas foi monitorado através da interceptação luminosa (IL) das plantas da parcela de referência. Quando estas atingiram 95% de IL, procedeu-se a colheita da forragem. Os tratamentos a taxa variável não diferiram da aplicação a taxa fixa quanto à produção de matéria seca. O ISN de 0,85 apresentou melhor eficiência de aplicação de N.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, Sensor de clorofila portátil, Aplicação a taxa variada.

DETERMINATION OF THE VARIED NITROGEN RATE FERTILIZER ON XARAÉS GRASS BASED ON THE NITROGEN SUFFICIENCY INDEX (ISN)

ABSTRACT: Nitrogen (N) is an essential nutrient to photosynthesis process and increased productivity of plants. The use of remote sensing techniques for the N levels identification in plants and in the soil has been the objective of the several studies. One of the challenges has been the development and use of sensors able to identify the real needs of the plants at a particular moment. Thus, the objective of this work was to determine the variable rates of nitrogen fertilization on Xaraés (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) grass based on three different Nitrogen Sufficiency Index (ISN). The five treatments consisted of a control plot (without nitrogen application), a reference plot with a fixed N rate of 150 kg ha⁻¹ and three different nitrogen sufficiency index to N application on the variable rate. In the variable rate plots were initially applied a N rate equal to 50% of that in the reference plot, and the following rates were defined based on ISN. The experiment was conducted in a completely randomized design with six repetitions during the management cycle. The development of the plants was monitored by light interception (IL) of the reference plots. When the plants of the reference plots reached 95% of IL, proceeded with to the

forage harvest. The variable rate treatments did not differ dry matter production of the fixed N rate. The 0,85 ISN presented better efficiency N application.

KEYWORDS: Remote sensing, Portable chlorophyll meter, Variable rate technology.

INTRODUÇÃO: O Brasil possui 172,3 milhões de hectares de pastagens, entre produtivas e degradadas (IBGE, 2007), e um rebanho bovino com 212,3 milhões de cabeças (IBGE, 2014). As pastagens constituem o sistema mais prático e econômico de nutrição desses animais, sendo fundamental na prática da pecuária extensiva e em sistemas de integração agrossilvipastoril. Logo, fica evidente a importância que a aplicação de fertilizantes de forma agrônoma e ambientalmente correta possui no manejo, com o intuito de fornecer uma alimentação de qualidade ao rebanho bovino. Entre os macronutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal, o nitrogênio (N) é o maior responsável pela síntese protéica da planta, e interfere diretamente na realização da fotossíntese. Culturas que crescem com deficiência de N apresentam capacidade fotossintética reduzida, rendimentos mais baixos de biomassa e menor qualidade do produto (BASSO et al., 2015). O N aplicado no solo possui uma dinâmica complexa, sendo sujeito a perdas por lixiviação, volatilização e imobilização pelos microorganismos, sendo necessário o estudo e desenvolvimento de técnicas de manejo que possam otimizar a aplicação do nutriente, sua utilização no processo fotossintético e, conseqüentemente, elevando a produtividade da planta com minimização de perdas (VILLAR et al., 2015; HE et al., 2016). Portanto, objetivou-se com esse estudo determinar a taxa variada de adubação nitrogenada em capim Xaraés com base em três diferentes Índices de Suficiência de Nitrogênio (ISN).

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi implantado no Campo Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) em Leopoldina – MG, em área estabelecida com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, e conduzido durante os meses de março a maio. Durante esse período, os dados radiação solar foram obtidos da estação meteorológica do INMET mais próxima, em Muriaé - MG. Os dados de precipitação foram coletados com pluviômetro. O solo foi analisado e teve pH e fertilidade corrigidos conforme recomendação da 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999), com exceção do N. Sua aplicação em dose variada foi realizada com base no ISN, conforme metodologia apresentada pelo PPI (FRANCIS; PEIKIELEK, 1999).

No início do experimento foi realizado o rebaixamento do pasto por pastejo. Após isso, foi realizado um corte de uniformização com roçadeira a 5 centímetros do solo, retirando o excesso de massa vegetal das parcelas. Posteriormente as parcelas receberam os seguintes tratamentos:

T0: parcela testemunha, sem aplicação de N;

T1: parcela de referência, com aplicação de N a taxa fixa de 150 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia;

T2, T3 e T4: parcelas que receberão dose variada de adubo nitrogenado, aplicando inicialmente dose equivalente a 50% da dose aplicada nas parcelas de referência. Entre 75 e 85% de IL foi calculado o ISN. Quando este foi inferior a 85, 90 e 95% (T2, T3 e T4, respectivamente), foi aplicada 25% da dose de N da parcela de referência. O delineamento utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, com 6 repetições, totalizando 30 parcelas de 4 x 4 metros. Para o cálculo do ISN, foram realizadas leituras da variável espectral quando as plantas das parcelas de referência atingiram 75% e 85% de interceptação luminosa (IL) em média, utilizando um clorofilômetro portátil (SPAD 502 – Minolta). As leituras de IL foram realizadas em 4 pontos aleatórios dentro de cada parcela, com o uso de um ceptômetro AccuPAR, modelo LP-80 (Decagon) em intervalos de dois dias por volta das 12 horas, a fim de manter a máxima uniformidade luminosa possível nas parcelas.

O ISN foi calculado conforme a Equação 1 (FRANCIS; PEIKIELEK, 1999):

$$ISN = \frac{VS_{ptv}}{VS_{pr}} \quad (1)$$

em que,

NSI - índice de suficiência de nitrogênio;

VS_{ptv} - variável espectral na parcela com aplicação a taxa variada; e

VSpr - variável espectral média nas parcelas de referência.

A colheita de todas as parcelas foi realizada quando as plantas das parcelas de referência atingiram 95% de IL, utilizando um gabarito de metal quadrado com 2 metros de lado, com corte das plantas a 15 centímetros de altura do solo. Após pesagem, foram retiradas amostras de aproximadamente 300 gramas correspondentes de cada parcela, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa a 65 °C até obtenção de massa constante, a fim de determinar a produção de massa seca por área e eficiência da adubação nitrogenada.

Na Tabela 1 estão apresentadas as datas de início e término do ciclo de manejo e as datas em que foi realizada a tomada de decisão quanto à necessidade adubar as parcelas em função das variáveis espectrais, de acordo com a interceptação luminosa das parcelas de referência.

TABELA 1. Datas de início e término do ciclo de manejo e dos registros de IL. **Dates of beginning and end of the management cycle, and of data of light interception (IL).**

Início	Término*	75% IL	85% IL
21/03/2016	03/05/2016	14/04/2016	21/04/2016

*Realização de corte das plantas a 95% de IL

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As Figuras 1 e 2 ilustram o desenvolvimento da forrageira quanto à interceptação luminosa e os dados climáticos durante o período experimental.

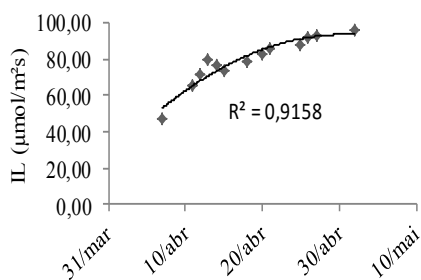


FIGURA 1. Interceptação luminosa do capim Xaraés durante o período experimental. **Light interception of Xaraés grass during the experimental period.**

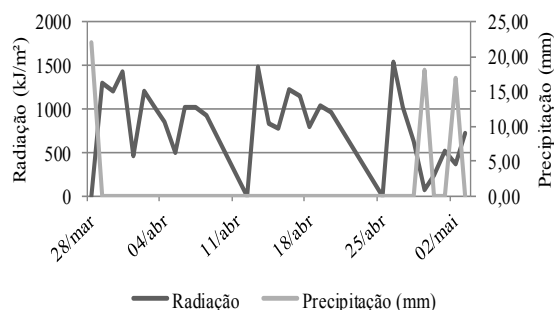


FIGURA 2. Precipitação pluvial e radiação solar diários durante o período experimental. **Daily rainfall and solar radiation during the experimental cycle.**

Os quatro tratamentos que receberam adubo nitrogenado não diferiram entre si quanto à produção de matéria seca, sendo a testemunha a exceção (Tabela 2). Em todos os tratamentos foram utilizadas menores quantidade de N em comparação à referência.

Os três tratamentos com diferentes ISNs indicaram necessidade de aplicação de adubo, além da dose inicial de 75 kg ha⁻¹. Na primeira data de aplicação (Tabela 1), para o tratamento T₄, foram aplicados em média 31,25 kg ha⁻¹ em 5 das 6 parcelas possíveis de receber adubação nitrogenada. Em T₃ foi aplicada uma dose média de 6,25 kg ha⁻¹ em apenas 1 das 6 parcelas correspondentes.

Na segunda data de aplicação todos os tratamentos receberam doses de N adicionais. Sendo aplicadas doses médias de 6,25, 18,75, 25 kg ha⁻¹ nos tratamentos T₂, T₃ e T₄ respectivamente.

Visto que todos os tratamentos apresentaram a mesma produção de massa seca, exceto T₀, o tratamento T₂ apresentou maior eficiência de aplicação de N. Os dados de eficiência de aplicação de N (NUE), obtidos através da relação entre a produção de massa verde (kg ha⁻¹) e a quantidade de N aplicado (kg ha⁻¹), são exibidos na Tabela 3.

A baixa eficiência dos tratamentos pode ser atribuído à época do ano. Além disso, a roçada de uniformização retardou a rebrotação e a área nunca havia recebido manejo com adubação.

TABELA 2: Massa seca (MS) média produzida durante o ciclo de manejo e doses médias de N aplicadas.
Means of dry biomass matter (MS) and N rate applied (N_{total}).

Tratamentos	$N_{inicial}$ (kg ha ⁻¹)	Número de parcelas tratadas (75% IL)	de	Número de parcelas tratadas (85% IL)	N_{total} (kg ha ⁻¹)	MS média* (kg ha ⁻¹)
T ₁	150	0		0	150	507 a
T ₄	75	5		4	131,25	436 a
T ₂	75	0		1	81,25	435 a
T ₃	75	1		3	100	383 a
T ₀	0	0		0	0	192 b

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

T₀ - sem N; T₁ - parcela de referência com dose fixa de N; T₂, T₃ e T₄ - parcelas que receberam dose variada de N, correspondentes a ISN igual a 85, 90 e 95%, respectivamente.

TABELA 3: N total aplicado (N_{total}), massa seca média total produzida no ciclo de manejo (MS) e eficiência de aplicação de N (NUE). **Total applied nitrogen (N_{total}), total dry biomass matter (MS) and nitrogen use efficiency (NUE).**

Tratamento	N_{total} (kg ha ⁻¹)	MS (kg ha ⁻¹)	NUE
T ₁	150	507	3,38
T ₂	81,25	435	5,35
T ₃	100	383	3,83
T ₄	131,25	436	3,32

T₁ - parcela de referência com dose fixa de N; T₂, T₃ e T₄ - parcelas que receberam dose variada de N, correspondentes a ISN igual a 85, 90 e 95%, respectivamente.

A menor eficiência do tratamento realizado com aplicação a dose fixa (T₁), pode ser explicado pela lixiviação do N ou por volatilização da uréia, porém comparando a eficiência dos tratamentos, evidencia-se a maior eficiência da adubação em dose variada em relação à dose fixa de aplicação.

CONCLUSÃO: A recomendação de taxa variável com base no ISN apresentou melhores resultados do que a taxa fixa para *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. O ISN de 0,85 se apresentou como melhor critério para aplicação de N a taxa variada.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq pela concessão da bolsa e à EPAMIG pelo apoio prestado.

REFERÊNCIAS:

- BASSO, B.; FIORENTINO, C.; CAMMARANO, D.; SCHULTHESS, U.: Variable rate nitrogen fertilizer response in wheat using remote sensing. **Precision Agriculture**. v.17, n.2, p.168–182, 2015.
- FRANCIS, D. D.; PIEKIELEK, W. P. Assessing crop nitrogen needs with chlorophyll meters. The Site-Specific Management Guidelines series-12, published by the Potash & Phosphate Institute (PPI). 1999
- HE, L.; SONG, X.; FENG, W.; GUO, B. B.; ZHANG, Y. S.; WANG, Y. H.; WANG, C. Y.; GUO, T. C. Improved remote sensing of leaf nitrogen concentration in winter wheat using multi-angular hyperspectral data. **Remote Sensing of Environment**. v.174, p.122-133, 2016.
- IBGE. Censo agropecuário 1920/2006. Até 1996, dados extraídos de: Estatística do Século XX. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: < <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2 de julho de 2016.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2014. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/10/rebanho-bovino-brasileiro-cresce-e-chega-a-212-3-milhoes-de-cabecas-de-gado>>. Acesso em: 2 de julho de 2016

VILLAR, F. M. M.; PINTO, F. A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. M. ALCÂNTARA, G. R. Índice de suficiência para definição de recomendação de nitrogênio em pastagem de capim braquiária. **Bioscience Journal**, v.31, n.5, p.1333-1340, 2015.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO TOMATE INDUSTRIAL

DANILO GOMES DE OLIVEIRA¹; MARCOS PAULO OLIVEIRA MARTINS²; ANDERSON DA SILVA UMBELINO³; ELTON FIALHO DOS REIS⁴

¹ Professor Mestre em Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins – TO, danilogomes.engenharia@gmail.com;

² Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO);

³ Graduando em Engenharia Agrícola, PBIC/UEG – UnUCET/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO);

⁴ Professor Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis (GO).

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A prática de adubação de solos é considerada uma das principais etapas no processo de produção agrícola a sua recomendação é feita, principalmente, por meio de dados de análise química do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo e a produtividade do tomate industrial. A cultivar transplantada foi a Cangata, com densidade populacional de 30000 plantas por ha⁻¹. Para avaliar a variabilidade foi montada uma malha amostral utilizando um receptor *global positioning system* (GPS), com 85 pontos espaçados em 80 m x 80 m. Foram retiradas em campo amostras para mensurar os atributos químicos do solo, como: a matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, fósforo, potássio, cálcio e zinco e produtividade. As variáveis obtidas foram analisadas pela geoestatística e classificados segundo o grau de dependência espacial. Foram estimados os valores para locais não amostrados utilizando o método de interpolação por krigagem e cokrigagem ordinária, permitindo a confecção de mapas de isovalores e a definição da variabilidade espacial no campo. Os atributos químicos do solo apresentaram uma variabilidade espacial e uma correlação positiva com a produtividade, com maiores valores para o fósforo e matéria orgânica do solo. O potássio, fosforo e a matéria orgânica apresentaram correlações espaciais com a produtividade de 71,0%, 15,0% e 35,0%.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, dependência espacial, Krigagem ordinária.

SPATIAL VARIABILITY OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL AND YIELD OF INDUSTRIAL TOMATO

ABSTRACT: The soil fertilization practice is considered one of the main steps in the agricultural production process your recommendation is made mainly through data chemical analysis of soil. This study aimed to evaluate the spatial variability of soil chemical attributes of an Oxisol and yield of industrial tomatoes. The cultivar Cangata was transplanted, with a population density of 30,000 plants per ha⁻¹. To evaluate the variability has assembled a sampling grid using a global positioning system receiver (GPS), with 85 points spaced 80 m x 80 m. They were taken in field samples to measure the soil chemical properties, such as organic matter, cation exchange capacity, phosphorus, potassium, calcium and zinc and crop yield. The values obtained were analyzed by geostatistics and classified according to the degree of spatial dependence. values were estimated for sites not sampled using the method of kriging and ordinary co-kriging, allowing the production of contour maps and the definition of the spatial variability in the field. The soil chemical properties showed a spatial variability and a positive correlation with its yield, with higher values for phosphorus and soil organic matter. The potassium, phosphorus and organic matter showed spatial correlation with the productivity of 71.0%, 15.0% and 35.0%.

KEYWORDS: geostatistics, spatial dependence, ordinary Kriging.

INTRODUÇÃO: O conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo torna-se fundamental para aperfeiçoar as aplicações localizadas de corretivos e fertilizantes, reduzindo a degradação ambiental provocada pelo excesso destes, melhorando o controle do sistema de produção das culturas (SILVA et al., 2007). A dependência espacial encontrada nas propriedades químicas do solo indica que a variabilidade

espacial deve ser considerada no planejamento de coleta de amostras e nas práticas de manejo do solo. Assim, a produtividade da cultura pode ser variável em uma mesma área por menor que seja o grau de variação espacial de determinados atributos. O esclarecimento da relação existente entre atributos de planta e de solo por meio da geoestatística vem sendo pesquisado por BASSO et al.(2011), a fim de identificar as variáveis dependentes que apresentam variabilidade espacial e que influenciariam na tomada de decisão quanto às práticas de manejo da fertilidade do solo e da condução da cultura, evidenciando melhores resultados no incremento de produtividade e mantendo ou melhorando a qualidade do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo e a produtividade do tomate industrial.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Madeira, localizada no município de Gameleira de Goiás – GO, com altitude de 940 m, e coordenadas 16° 22' 17.3'' S 48° 35' 20.5'' O. A fazenda é produtora comercial de tomate industrial (*Solanum lycopersicum L.*), possui Latossolo Vermelho com textura argilosa. A cultivar transplantada no pivô foi a Cangata, com linhas duplas de plantio com espaçamento de 1,2 m entre linhas e com densidade populacional de 30 mil plantas por há. Foi construída uma malha amostral utilizando um receptor *global positioning system* (GPS) da marca Garmin Etrex 10. A malha amostral foi dividida em 85 pontos, espaçados de 80 x 80 m, totalizando uma área de pivô com 57 ha. Foram mensurados os atributos químicos: matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, fósforo, potássio, cálcio e zinco, conforme metodologia proposta por Donagema et al. (2011). A avaliação da produtividade foi realizada no período da colheita em uma área amostral georreferenciada de 1m². Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva e semivariogramas. Para os seus respectivos ajustes, utilizou-se do programa geoestatístico GS+ versão 7.0. Os modelos foram classificados de acordo com o Grau de Dependência Espacial (GDE), seguindo classificação proposta por Dalchiavon e Carvalho, 2012. Após a escolha do melhor modelo de ajuste aos dados foi possível realizar a construção dos mapas de isolinhas pelo mesmo programa, que realiza as interpolações utilizando-se do método pela krigagem ordinária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de coeficiente de variação (CV) apresentados mostram uma desuniformidade entre os atributos avaliados, com menor valor para o K (4,95 %) e o maior para o P (113,16%), ainda pode ser observado, que os coeficientes de variação do pH, K e MO apresentaram variabilidade baixa e média, corroborando com os resultados Silva et al. (2007). Observa-se que o P, além de apresentar o maior CV, apresentou também a maior variância, confirmando dessa maneira que este atributo é o de maior variabilidade dentre dos analisados corroborando com Guedes filho (2009), isso devido o fósforo ser aplicado na linha de plantio e ter baixa mobilidade no solo.

TABELA 1. Análise descritivas dos atributos químicos do solo. **Descriptive analysis of soil chemical properties.**

Estatística descritiva	pH CaCl ₂	Ca cmolc dm ⁻³	CTC cmolc dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K cmolc dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³	MO %
Média	5,40	3,21	7,44	82,28	7,26	2,57	2,38
Mediana	5,50	3,20	6,80	43,00	0,57	2,50	2,30
Ds padrão	0,40	0,90	3,00	93,11	36,00	0,93	0,41
Curtose	15,97	0,37	23,88	0,55	29,90	10,17	1,39
Assimetria	-3,42	0,13	4,60	1,41	5,47	2,18	-0,03
Mínimo	3,20	0,90	5,00	0,41	0,41	1,20	1,00
Máximo	6,00	5,60	26,00	310,00	244,00	7,70	3,50
CV (%)	7,53	28,26	40,35	113,16	4,95	36,47	17,22
Pearson	-0,01	17,42	10,09	24,40	13,1	1,98	24,06

CV(%) - Coeficiente de variação; Ds padrão - desvio padrão; pH - potencial hidrogenado; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; CTC - Capacidade de troca catiônica; P - Fosforo; K - Potássio; Zn - zinco; MO - Matéria orgânica; C. Per - Correlação de Person com a produtividade total.

Os valores de pH_(CaCl₂) são considerados adequados, conforme critérios de Ribeiro et al. (1999), com acidez média 5,4, A CTC da área estudada pode ser classificada como nível médio (7,44 cmolc dm⁻³), esta variável é uma característica química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo, pois, quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que este solo pode reter. Assim, Ca, P e MO, apresentaram correlação

significativa e positiva com a produtividade, enquanto o pH apresentou correlação significativa e negativa. A produtividade do tomate industrial obteve valor médio de produtividade de 80,09 t ha⁻¹, variando de 34,44 a 121,76 t ha⁻¹. O modelo exponencial e gaussiano foram os que melhor se ajustaram aos semivariogramas dos atributos químicos do solo, na profundidade avaliada, (LANDIM, 2006), com exceção do P na profundidade de 0,0 - 0,20 m que se ajustou ao modelo esférico, o qual, de acordo com Landim (2006), é o mais utilizado (Tabela 2). O maior alcance dos modelos escolhida para os atributos químicos do solo foi para o pH do solo, com valor de 1.439 m, e os demais variando dentro do intervalo de 135,10 a 1.128 m para o Ca e Zn, respectivamente. Analisando porcentagem grau de dependência espacial (c_0/c_0+c_1), todos os atributos apresentaram grau de dependência espacial de muito baixo a moderado (< 25%), segundo a classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

TABELA 2. Semivariograma simples para os atributos químicos do solo e cruzado para os atributos com a produtividade do tomate industrial. **Semivariogram simple for soil chemical properties and crossed the attributes with the productivity of industrial tomatoes.**

		$\gamma(h)$ simples dos Atributos químicos do solo						
	Prof.	Modelo	C ₀	C ₀ +C ₁	A	R ²	RSS	GDE
Ph	(0-20)	Gaussiano	0,051	1,43	1439,0	0,88	1.10 ⁻²	3,560
Ca	(0-20)	Exponencial	0,001	1,16	135,10	0,96	8.10 ⁻³	0,086
CTC	(0-20)	Gaussiano	2,100	35,20	804,00	0,84	8.10 ⁻¹	5,960
P	(0-20)	Esférico	4620,000	9250,00	435,00	0,60	7.10 ⁷	49,94
K	(0-20)	Gaussiano	1170,000	7450,00	691,00	0,96	9.10 ⁶	15,70
Zn	(0-20)	Gaussiano	0,540	3,08	1128,0	0,76	2.10 ¹	17,53
Produtividade		Exponencial	29,80	310,00	109,00	0,52	2.10 ⁴	9,61

pH - potencial hidrogenado; Ca - Cálcio; CTC - Capacidade de troca catiônica; P - Fósforo; K - Potássio; Zn- zinco; MO - Matéria orgânica; C₀-Efeito pepita; C₀+C₁ - Patamar; A - Alcance; R² - Coeficiente de determinação; RSS - soma de quadrado do resíduo; GDE - Grau de dependência espacial.

Pode ser visualizado no mapa de pH_{CaCl2}, que houve similaridade em algumas regiões com o mapa de matéria orgânica, (Figura 1 A), principalmente nos extremos sul e norte da área experimental. Já na Figura 1 B, observa-se o mapa de contorno do cálcio, que apresentou variação de 0,91 a 5,58 cmolc. dm⁻³. Podendo ser classificados como médio a muito bom, conforme a quinta aproximação (RIBEIRO et al., 1999). Para os mapas de contorno de CTC observa-se um comportamento semelhante ao mapa de potássio, apresentando amplitude de 5,3 a 19,7 cmolc. dm³. Maiores valores de CTC normalmente ocorrem em locais onde os teores de MO e argila são elevados. Os teores mais elevados de K foram constatados na profundidade de 0,00 - 0,20 m na região norte do mapa, área com maior declividade, porém, foi detectada dependência espacial baixa e com manchas na borda da área experimental, apresentando teor de K elevado, o que pode ser explicado pela lixiviação dos materiais primários do solo. O mapa para os teores de Zn presentes no solo, verifica-se que os valores mais elevados foram constatados na região Leste e Sul do mapa, variando de 2,55 a 3,75 mg dm⁻³ e os mínimos de 1,35 a 195 mg dm⁻³ na profundidade de 0,0 - 0,20, sendo classificada como baixa dependência espacial, segundo Dalchiavon et al. (2012). Verifica-se que para a matéria orgânica (Figura 1 G) obteve distribuição espacial variando de 1,46 % a 3,21%, variando a classificação de média a boa em seus teores, sendo que as maiores concentrações estão ao norte do talhão.

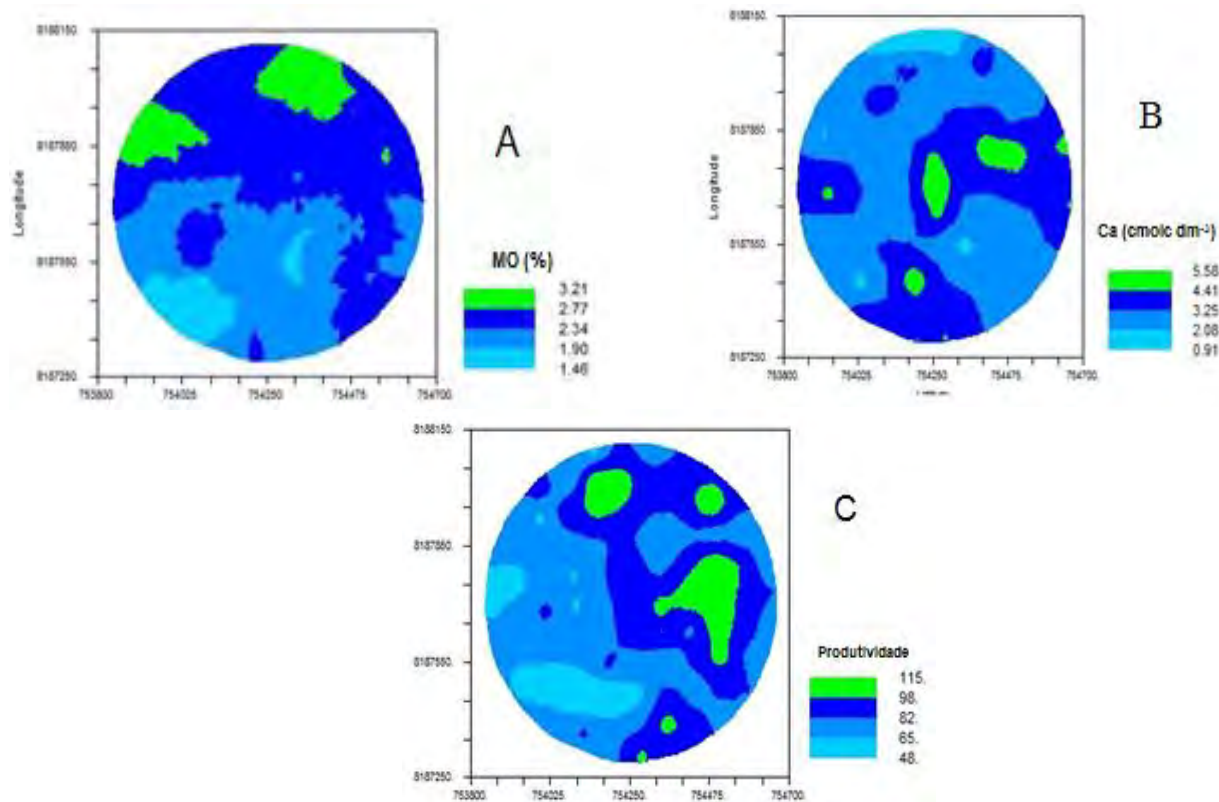


FIGURA 1. A - Mapa de contorno para matéria orgânica (%); B - Mapa de contorno para Ca na profundidade 0,0 m a 0,20; C - Mapa de contorno produtividade do tomate industrial. A - **Contour map for organic matter (%)**; B - **Contour map for Ca depth of 0.0 m to 0.20**; C - **productivity of industrial tomato contour map**.

CONCLUSÃO: Os atributos químicos do solo apresentaram correlação positiva com a produtividade, com maiores correlações para o Fósforo e Matéria Orgânica do solo. O Potássio, Fosforo e a Matéria Orgânica apresentaram correlações espaciais com a produtividade de 71,0%, 15,0% e 35,0%, respectivamente. O alcance dos modelos para os atributos químicos do solo foram maiores que o definido no momento da coleta em campo. O mapa de produtividade total da cultura do tomate industrial apresentou variabilidade espacial.

REFERÊNCIAS: BASSO, F. C.; ANDREOTTI, I. M.; CARVALHO, M. P.; LODO, B. N. Relações entre produtividade de sorgo forrageiro e atributos físicos e teor de matéria orgânica de um Latossolo do Cerrado. **Pesquisa agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n.1, p. 135-144, 2011.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. **Manual de métodos de análise de solos**. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n.2, p. 541-552, 2012.

GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. 2009. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto Agrônomo, Campinas, 2009.

LANDIM, P. M. B. Sobre geoestatística e mapas. **Terra Didática**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2006.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 591-599, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

SILVA, F. M. Variabilidade espacial de atributos químicos e da produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.401-407, 2007.

VARIABILIDADE TEMPORAL DE ELEMENTOS METEOROLÓGICOS EM AMAMBAI-MS

IGOR QUEIROZ MORAES VALENTE¹, CRISTINA ROCHA COTRIM¹, ANAMARI VIEGAS DE ARAUJO MOTOMIYA², VICTOR HUGO CAVASSINI¹, DIEGO FERREIRA DA SILVA³

¹ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFGD

² Eng. Agrônoma, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Fone (67) 3410-2415.

³ Graduando em Eng. Agrícola FCA/UFGD.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A análise temporal de atributos naturais vem recebendo destaque nos últimos tempos, devido à possibilidade de se realizar estimativas com maior precisão. O trabalho teve o objetivo de estudar a variabilidade temporal da temperatura instantânea, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura do ponto de orvalho instantânea, temperatura do ponto de orvalho máxima e temperatura do ponto de orvalho mínima do município de Amambai- MS, Brasil, utilizando técnicas geoestatísticas. Os dados referem-se ao total mensal e foram avaliados por meio da estatística descritiva e geoestatística. Em relação à variabilidade dos dados, medida pelo coeficiente de variação (CV), os menores valores foram encontrados para temperatura máxima e temperatura do ponto de orvalho máxima sendo classificado como baixo ($CV < 12\%$), a temperatura instantânea, temperatura mínima e a temperatura do ponto de orvalho instantânea foram classificados como média variação ($12\% < CV < 60\%$), e a temperatura do ponto de orvalho mínima como alta variação ($CV > 60\%$). As variáveis climáticas tiveram sua dependência verificada por variogramas, sendo que todas as variáveis apresentaram entre forte dependência temporal. A série temporal que apresentou maior alcance foi a temperatura de ponto de orvalho mínimo (9,89 meses), e conseqüentemente maior estabilidade climática, ajustado ao modelo esférico com alto valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,998$).

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística, krigagem, climatologia,

TEMPORAL VARIABILITY OF METEOROLOGICAL ELEMENTS IN AMAMBAI- MS

ABSTRACT: Temporal analysis of natural attributes has received attention in recent times due to the possibility of achieving more accurate estimates. The work aimed to study the temporal variability of the preheating temperature, maximum temperature, minimum temperature, temperature of dew point instant, maximal dew point temperature and the minimum temperature of the dew point in the city of Amambai, MS, Brazil, using geostatistical techniques. The data refer to the total monthly and were evaluated by means of descriptive statistics and geostatistics. Regarding the variability of the data, measured by the coefficient of variation (CV), the lowest values were found for maximum temperature and maximum temperature of the dew point and was classified as low ($CV < 12\%$), the instantaneous temperature, minimum temperature and the instantaneous temperature of the dew point have been classified as mean variation ($12\% < CV < 60\%$) and as high minimum temperature of the dew point variation ($CV > 60\%$). Climatic variables were verified by their dependence variograms, with all variables showed to strong temporal dependence. The data of preheating temperature, maximum temperature, minimum temperature, temperature of dew point instant, maximal dew point temperature and the minimum temperature of the dew point index showed strong temporal dependence. The time series with the highest reach was the minimum dew point temperature (9.89 months), and consequently greater climate stability, adjusted to the spherical model represented by the high value of the coefficient of determination ($R^2 = 0.998$).

KEYWORDS: geostatistics, kriging, climatology.

INTRODUÇÃO: Séries temporais possibilitam estudar mudanças que podem ocorrer em uma determinada variável, sendo assim são de importante entendimento quando realizados trabalhos de zoneamento de culturas agrícolas, indicação de épocas de semeadura, irrigação, determinação de potencial produtivo e zoneamento de riscos climáticos. A avaliação de séries temporais é um importante instrumento para, através do comportamento passado, avaliar tendências futuras, especialmente no momento em que tantas especulações estão sendo feitas sobre mudanças climáticas (CARGNELUTTI FILHO et al., 2008). Avanços tecnológicos na agricultura têm mostrado a importância de se determinar a variabilidade espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de aperfeiçoar o aproveitamento dos recursos naturais (BARRETO et al., 2012). Métodos geoestatísticos e krigagem são comumente usados para gerar mapas a partir de dados pontuais (MOTOMIYA, 2011). O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade temporal dos dados climáticos de temperatura do Município de Amambai - MS, visando identificar possíveis tendências.

MATERIAL E MÉTODOS: A área deste estudo foi o Município de Amambai - MS, cujos dados de temperatura instantânea, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura do ponto de orvalho instantânea, temperatura do ponto de orvalho máxima e temperatura do ponto de orvalho mínima foram obtidos do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Os dados analisados abrangeram o período de tempo entre os anos de 2008 a 2015, e referem-se às médias mensais da temperatura do ar máxima, mínima e instantânea ($^{\circ}\text{C}$), bem como as temperaturas de ponto de orvalho máxima, mínima e instantânea ($^{\circ}\text{C}$). Os dados foram analisados quanto à sua variabilidade temporal (mês/ano), utilizando-se geoestatística. As análises iniciais tiveram por propósito verificar a variabilidade dos atributos e caracterizar a distribuição de frequências, baseada na análise estatística descritiva das variáveis, sendo obtidos: a média, o desvio-padrão, o valor mínimo e o máximo, e os coeficientes de variação, assimetria e curtose. A análise geoestatística foi utilizada para se definir o modelo de variabilidade temporal das variáveis, sendo que a dependência temporal foi analisada por meio de ajuste do semivariograma clássico de Matheron (VIEIRA et al., 1983), utilizando o programa computacional GS+ 5.0 (ROBERTSON, 1998). Do ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$, são estimados os coeficientes efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C) e o alcance (A_0) do modelo teórico para o variograma. Comprovada a dependência temporal, realizou-se a interpolação para estimar valores não observados, utilizando-se o método da krigagem ordinária. Para análise do índice de dependência temporal (IDT), foi utilizada a relação $C1/(C0 + C1)$ e os intervalos propostos por Zimback (2001) que considera: dependência temporal fraca ($\text{IDT} < 25\%$); moderada ($25\% \leq \text{IDT} < 75\%$) e forte ($\text{IDT} \geq 75\%$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise descritiva dos dados de temperatura instantânea, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura do ponto de orvalho instantânea, temperatura do ponto de orvalho máxima e temperatura do ponto de orvalho mínima estão apresentados na Tabela 1. Os dados climáticos de temperatura apresentaram distribuição de frequência com média e mediana semelhantes, sendo considerados como simétricos. A temperatura do ponto de orvalho mínimo apresentou a média maior que a mediana. As variáveis temperatura instantânea, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura do ponto de orvalho instantânea, e temperatura do ponto de orvalho mínima apresentou distribuição platicúrtica, ou seja, com curtose menor que zero, mostrando uma tendência desses atributos apresentarem maior dispersão dos dados em torno da média, e a variável temperatura do ponto de orvalho máximo apresentou distribuição leptocúrtica. Em relação à variabilidade dos dados, medida pelo CV (%), os menores valores foram encontrados para temperatura máxima e temperatura do ponto de orvalho máximo, sendo assim classificado como baixo ($\text{CV} < 12\%$), a temperatura instantânea e mínima e a temperatura do ponto de orvalho instantânea foram classificados como média variação ($12\% < \text{CV} < 60\%$), e a temperatura do ponto de orvalho mínimo como alta variação ($\text{CV} > 60\%$), com base nos limites do CV propostos por Warrick e Nielsen (1980). A dependência temporal apresentou-se forte para todas as variáveis em estudo, considerando-se os limites propostos por Zimback (2001), em que a dependência temporal para valores $\leq 25\%$ é considerada fraca; entre 25% e 75%, moderada e $\geq 75\%$ dependência forte. A análise variográfica indicou que todas as variáveis analisadas apresentaram dependência temporal, com os modelos matemáticos dos variogramas experimentais simples ajustados pelo modelo esférico (Temperatura Instantânea, máxima, temperatura do ponto de orvalho máximo e mínimo) e linear (Temperatura mínima e temperatura do ponto de orvalho Instantânea). A série temporal da temperatura de ponto de orvalho mínimo foi a que apresentou um maior alcance (9,89 meses) e, conseqüentemente, maior estabilidade climática. Já as variáveis temperatura mínima e temperatura de orvalho instantânea apresentaram menor alcance com apenas 1,80 meses respectivamente. A variável que apresentou um melhor ajuste representado pelo alto valor do coeficiente de

determinação foi para a temperatura máxima, obtendo um modelo esférico e um coeficiente de determinação de 0,998.

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis climáticas correspondentes à temperatura (C°).

Atributos	Média	Mediana	S	Mínimo	Máximo	Cv	Cs	Ck
Tmp_Inst	21,91	22,93	3,35	14,63	27,14	15,29	-0,40	-1,10
Tmp_Max	34,57	35,20	2,66	28,50	40,20	7,71	-0,46	-0,47
Temp_Min	9,75	10,50	5,82	-2,0	20,70	59,67	-0,14	-0,92
Pto_Inst	16,22	16,53	3,51	7,90	21,75	21,62	-0,26	-0,99
Pto_Max	22,83	23,70	2,26	15,50	26,3	9,89	-0,92	0,30
Pto_min	4,82	4,40	5,77	-7,20	16,3	119,66	0,04	-0,59

Tmp_Inst: temperatura instantânea (C°); Tmp_Max: temperatura máxima (C°); Temp_Min: temperatura mínima (C°); Pto_Inst: temperatura no ponto de orvalho instantânea (C°); Pto_Max: temperatura no ponto de orvalho máxima (C°); Pto_min: temperatura no ponto de orvalho mínimo (C°); S: desvio padrão; Cv: coeficiente de variação (%); Cs: coeficiente de assimetria; Ck: coeficiente de curtose.

Os maiores valores de temperatura do ar ocorreram nos meses de novembro a abril respectivamente em todos anos de estudos. Os baixos valores de temperatura do ar observados entre os meses de junho a agosto relativamente, sendo que nos anos de 2010, 2011 e 2012 ocorreram os maiores intervalos de baixa temperatura. A variabilidade existente indica a possibilidade de identificar a variabilidade das variáveis em estudo no espaço e no tempo. Então a estimativa das amostras em cada local de estudo e mês, possibilita a identificação de meses e locais com maior e menor amplitude necessário para estimar os dados de temperatura. Observa-se, ao longo desses 8 anos, que as variáveis climáticas apresentaram alta variabilidade temporal, de uma estação para outra, tendo grande variação dos valores.

O conhecimento dos padrões predominantes das variáveis climáticas é extremamente necessário quando se tem em mente o planejamento das atividades agrícolas, como por exemplo, na escolha das culturas mais adequadas, conforme as suas necessidades térmicas e hídricas, e na determinação da melhor época de semeadura.

Tabela 2. Modelos e parâmetros dos variogramas das variáveis climáticas correspondentes à temperatura (C°).

Atributos	Modelo	Ao	Co	Co+C	R ²	IDT	rev
Tmp_Inst	esférico	9,23	0,01	21,010	0,967	1,0	0,996
Tmp_Max	esférico	7,81	0,01	12,46	0,998	0,99	0,655
Temp_Min	Linear	1,80	0,01	16,47	0,996	0,99	0,714
Pto_Inst	Linear	1,80	0,01	5,69	0,993	0,992	0,767
Pto_Max	esférico	7,56	0,01	8,03	0,984	0,998	0,658
Pto_min	esférico	9,89	6,20	53,40	0,989	0,966	0,508

Tmp_Inst: temperatura instantânea (C°); Tmp_Max: temperatura máxima (C°); Temp_Min: temperatura mínima (C°); Pto_Inst: temperatura no ponto de orvalho instantânea (C°); Pto_Max: temperatura no ponto de orvalho máxima (C°); Pto_min: temperatura no ponto de orvalho mínimo (C°); Ao: alcance da dependência temporal (meses); Co: efeito pepita; Co+C: patamar; IDT: índice de dependência temporal e R²: coeficiente de determinação múltipla do ajuste; rev: coeficiente de validação cruzada.

CONCLUSÃO: As variáveis climáticas estudadas apresentaram alta dependência temporal. A série temporal que apresentou maior alcance foi a temperatura de ponto de orvalho mínimo (9,89 meses), e conseqüentemente maior estabilidade climática, ajustado ao modelo esférico representado pelo alto valor do coeficiente de determinação (R²= 0,998).

REFERÊNCIAS:

BARRETO, H. B. F.; AMARAL JUNIOR, V. P.; LIRA, J. F. B.; MAIA, F. E. N.; MIRANDA, N. O. Distribuição espacial do ph e condutividade elétrica em um solo aluvial no Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, p.28-33, 2012.

DRUCK, S. A. Geoestatística e os sistemas de informações geográficas. **Espaço & Geografia**, v.5, n.1, 2002.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; FONTANA, D.C. Análise decadal da temperatura do ar no Estado do Rio Grande do Sul. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa, 2007. v.1. p.1-5.

MOTOMIYA, A. V. A.; MOTOMIYA, W. R.; MOLIN, J. P.; LIRA, A.; OLIVEIRA, J. R. G. DI ; BISCARO, G. A. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo e produtividade do algodoeiro. **Agrarian**, v.4, p.1-9, 2011.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: geostatistics for the environmental sciences – GS+: user's guide. Plainwell: GammaDesing Software, 1998. 152 p.

VIEIRA, D. B.; SOUZA, C. Z. Análise das relações intensidade e duração-frequência das chuvas intensas para Ribeirão Preto. **Item**, v.14, n.9, p.20-29, 1983.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hellel, D. (Ed.). **Application of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. 350p.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114p. Tese de livre docência (Livre Docência em Levantamento do solo e fotopedologia), Faculdade ciências agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO TOMATE INDUSTRIAL

RÓDNEY FERREIRA COUTO¹; DANILO GOMES DE OLIVEIRA²; MARCOS PAULO OLIVEIRA MARTINS³; ANDERSON DA SILVA UMBELINO⁴; ELTON FIALHO DOS REIS⁵

¹Engº Agrícola, Prof. Mestre, Depto. Engenharia Agrícola, CCET, UEG, Anápolis-GO, Fone: (XX62)328756397, rodneycouto@agricola.eng.br

² Engº Agrícola, Prof. Mestre, Instituto Federal do Tocantins - IFTO, Colinas do Tocantins – TO

³ Engº Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás - UEG, Anápolis – GO

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola, PBIC/UEG – CCET/UEG, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis – GO

⁵Engº Agrícola, Professor Doutor, Universidade Estadual de Goiás – UEG, Anápolis – GO.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo e a produtividade do tomate industrial. A cultivar transplantada foi a Cangata, com densidade populacional de 30.000 plantas por ha⁻¹. Para avaliar a variabilidade foi montada uma malha amostral utilizando um receptor *global positioning system* (GPS), com 84 pontos espaçados em 80 m x 80 m. Foram retiradas em campo amostras para mensurar os atributos físicos do solo como a densidade do solo, resistência do solo à penetração, granulometria do solo e produtividade. As variáveis obtidas foram analisadas pela geoestatística e classificados segundo o grau de dependência espacial. Foram estimados os valores para locais não amostrados utilizando o método de interpolação por krigagem ordinária, permitindo a confecção de mapas de isovalores. O mapa de densidade do solo apresentou regiões com valores próximos ao limite crítico de 1,50 Mg m⁻³. O mapa de resistência do solo à penetração na camada de 0,00 a 0,20 m apresentou regiões com valores ideais para o cultivo do tomate industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, dependência espacial, Krigagem ordinária.

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES AND YIELD OF INDUSTRIAL TOMATO

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the spatial variability of physical attributes of a Latosol and the industrial tomatoes yield. The cultivar transplanted was the Cangata, with a population density of 30.000 plants per ha⁻¹. To evaluate the variability was assembled a sampling grid using a receiver global positioning system (GPS), with 84 points spaced 80 m x 80 m. After construction of the mesh were collected, in field, samples to measure the physical properties of soil such as soil bulk density, soil penetration resistance, soil particle size and yield tomato industrial. The values obtained were analyzed by geostatistics and classified according to the degree of spatial dependence. Soon after, using the method of interpolation by ordinary kriging were estimated values for non-sampled locations, allowing the confection of contour maps. The soil bulk density map showed areas with values close to the limit critical of 1.50 Mg m⁻³. The map of resistance to penetration in the layer from 0.00 to 0.20 m features regions with optimal values for the cultivation of industrial tomato.

KEYWORDS: geostatistics, spatial dependence, ordinary Kriging.

INTRODUÇÃO: Os atributos físicos do solo são bons indicadores de qualidade e permitem o monitoramento de áreas que sofreram algum tipo de interferência na produtividade (AQUINO et al., 2014). A compactação do solo influencia todas as fases de desenvolvimento das culturas, porém, em muitas áreas com baixa produção são ignorados valores críticos e efeitos da compactação do solo, razão pela qual é importante conhecer a localização e a intensidade da compactação do solo, para descompactá-lo (OLIVEIRA FILHO et al., 2015). Um dos parâmetros mais utilizados para avaliar a intensidade da compactação do solo é a resistência mecânica do solo à

penetração (RSP). O estudo da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo por meio da geoestatística possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem (SOUZA et al., 2009), permitindo indicar alternativas de uso, além de possibilitar melhor compreensão da variabilidade dos atributos e sua influência no ambiente. Este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo e a produtividade do tomate industrial.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Madeira, localizada no município de Gameleira de Goiás – GO, com altitude de 940 m, e coordenadas 16° 22' 17.3'' S e 48° 35' 20.5'' O. A fazenda é produtora comercial de tomate industrial (*Solanum lycopersicum L.*) e possui Latossolo Vermelho com textura franco-argilosa. A cultivar transplantada no pivô foi a Cangata, com linhas duplas de plantio com espaçamento de 1,2 m entre linhas e com densidade populacional de 30 mil plantas por ha. Foi construída uma malha amostral utilizando um receptor *global positioning system* (GPS) Garmin eTrex 10. A malha amostral foi dividida em 84 pontos, espaçados de 80 x 80 m, totalizando uma área de pivô com 57 ha. Antes do transplantio da cultura, em cada um dos 84 pontos amostrais, foram realizadas cinco medições de resistência do solo à penetração, utilizando um penetrômetro eletrônico Falker modelo PL 1020, e retiradas cinco amostras de solo para umidade gravimétrica e densidade do solo, em um raio de 3 m a partir da coordenada de cada ponto amostral, na profundidade de 0,0 - 0,20 m. A análise granulométrica foi realizada por meio de peneiramento da fração grosseira (areia) e sedimentação em meio líquido, das frações silte e argila, conforme Donagema et al. (2011). A avaliação da produtividade foi realizada no período da colheita demarcando-se uma área de 1m² e posteriormente coletados os frutos e pesados em uma balança de precisão em cada ponto da malha amostral georreferenciada. Os dados foram avaliados por meio da estatística descritiva, os semivariogramas e seus respectivos ajustes utilizando-se o programa geoestatístico GS+ versão 7.0. Os modelos foram classificados segundo o Grau de Dependência Espacial (GDE), conforme classificação proposta por Dalchiavon e Carvalho (2012). Após a escolha do modelo que melhor se ajustou aos dados foi possível construir os mapas de isolinhas, com o programa GS+ versão 7.0, que realiza as interpolações utilizando-se do método da krigagem ordinária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os elevados valores de CV verificados para alguns atributos do solo sugerem alta heterogeneidade em torno da média (Tabela 1). Esta heterogeneidade pode ter diferentes causas, dentre as quais podem ser destacadas a gênese dos solos e a declividade que influencia na distribuição das partículas do solo, devido ao arraste, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008). O valor médio da resistência mecânica do solo à penetração (RSP) foi de 1,29 MPa, valor considerado não crítico ao desenvolvimento e crescimento das plantas, conforme Hoffer et al. (2015). A correlação de Pearson dos atributos físicos do solo com a produtividade (Tabela 1), pode ser classificada segundo adaptação feita por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009) como nula e fraca. A produtividade média do tomate industrial foi de 80,09 t ha⁻¹, variando de 34,44 a 121,76 t ha⁻¹ (Tabela 1).

TABELA 1. Estatística descritiva dos atributos físicos do solo. **Descriptive statistics of soil physical attributes**

Estatística descritiva	Ds (Mg m ⁻³)	Areia (g Kg ⁻¹)	Argila (g Kg ⁻¹)	RSP (MPa)	Us (g g ⁻¹)	PT (t ha ⁻¹)
Média	1,41	340,70	430,70	1,29	0,26	80,09
Desvio Padrão	0,16	11,47	8,49	3,59	0,10	18,41
Mínimo	1,06	170,00	170,00	0,74	0,11	34,44
Máximo	1,60	710,00	550,00	2,32	0,48	121,76
CV (%)	11,34	33,68	19,71	27,87	36,29	22,00
Pearson	10,59	-6,00	1,66	15,93	-7,81	100,0

Ds - Densidade do solo; Areia - teor de areia; Argila - teor de argila; RSP - resistência do solo à penetração; Us - Umidade do solo; PT-Produtividade do tomate industrial; CV(%) - Coeficiente de variação; e Pearson - Correlação de Person com a produtividade total.

A densidade do solo foi explicada pelo modelo Linear, apresentando alto grau de dependência espacial (GDE > 75%), concordando com o estudo de JUNQUEIRA JR et al. (2008). Pode-se verificar que as demais variáveis apresentaram GDE classificado como muito baixo a alto, variando de 1,67 % a 84,61%. A RSP apresentou ajuste ao modelo exponencial, com grau de dependência espacial muito baixo. Embora os valores da produtividade total apresentassem CV baixo, os mesmos foram capazes de detectar a variabilidade espacial existente, sendo então possível termos a presença da dependência espacial, explicada pelo modelo exponencial, pois é possível

captar pequenas variabilidades a menores distâncias, com um GDE muito baixo e um alcance próximo a 109 m, o mesmo foi observado por Boesing et al. (2014) em uma lavoura comercial de soja.

TABELA 2. Semivariogramas simples para os atributos físicos do solo e produtividade. **Simple semivariograms for soil physical properties and yield**

Geoestatística							
$\gamma(h)$ Simples dos Atributos Físicos do solo							
Atributos físicos	Modelo	C_0	C_0+C_1	A	R^2	RSS	GDE
Ds	Linear	0,011	0,013	747,72	0,165	3.10^{-5}	84,61
Us	Esférico	1,70	101,6	111,00	0,090	110^{-3}	1,67
RSP	Exponencial	14800,0	131300,0	29,00	0,073	4.10^{-8}	11,27
Argila	Gaussiano	10,300	73,86	96,00	0,884	1.10^{-2}	13,94
Areia	Gaussiano	19,100	136,200	98,00	0,780	1.10^{-2}	14,02
Produtividade	Exponencial	29,80	310,00	109,00	0,52	2.10^4	9,61

Ds - Densidade do solo; Us - Umidade do solo; RP – resistência do solo à penetração; C_0 - Efeito pepita; C_0+C_1 - Patamar; A - Alcance; R^2 - Coeficiente de determinação; RSS - soma de quadrado dos resíduos; GDE - Grau de dependência espacial - $GDE = [C_0 / C_0+C_1] \times 100$

Observa-se no mapa de contorno da RSP que existe uma variabilidade dentro da área em estudo (Figura 1A), apresentando uma amplitude de variação, com regiões isoladas de valores da ordem de 2 MPa. Na Figura 1C tem-se o mapa de densidade do solo, sendo possível visualizar que as regiões norte e sul, foram os locais onde se verificou os maiores valores de densidade, com médias variando entre 1,28 a 1,48 $Mg\ m^{-3}$. Segundo Montanari et al. (2012), o limite crítico para densidade é de 1,50 $Mg\ m^{-3}$.

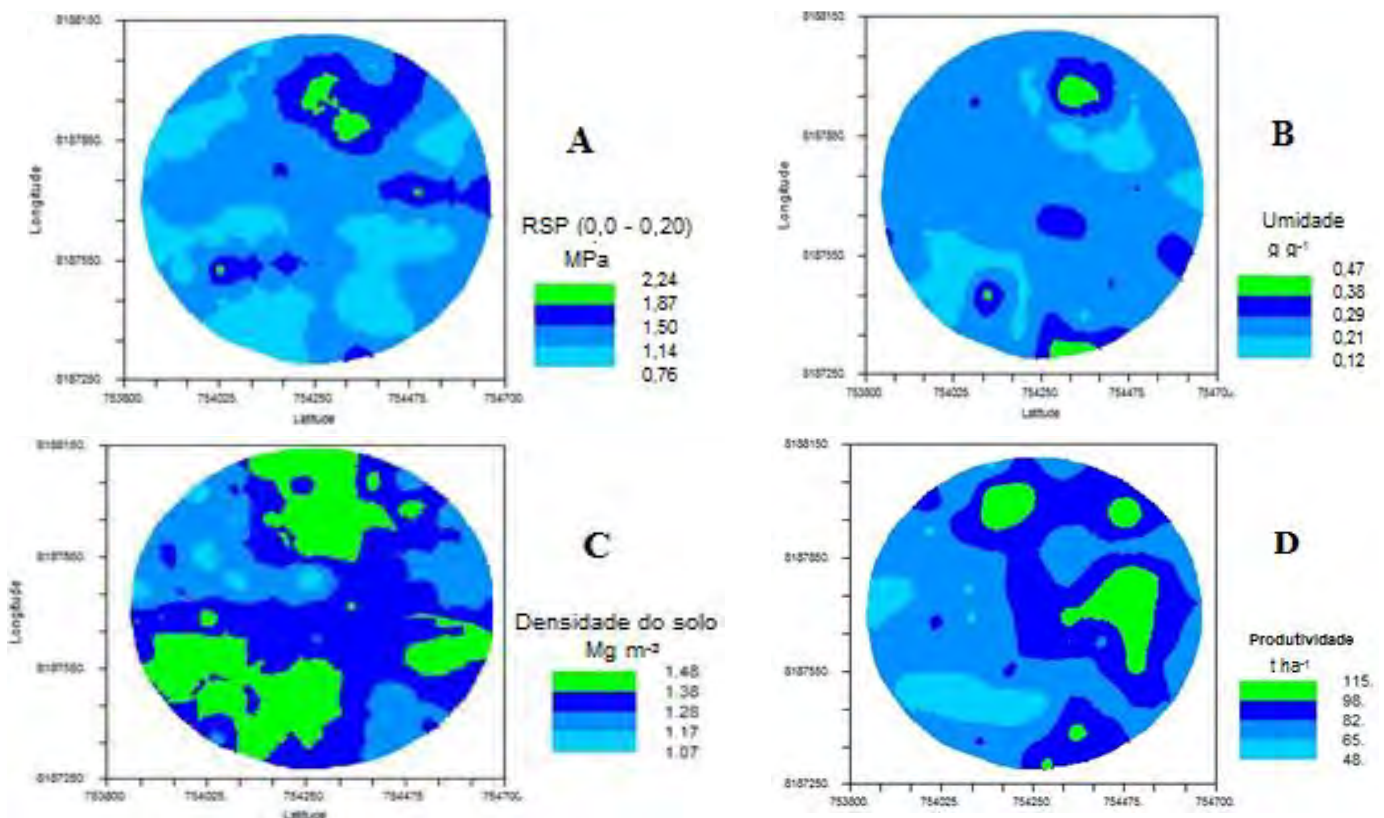


FIGURA 1. A - Mapa de contorno para a resistência do solo à penetração; B - Mapa de contorno para a umidade; C - Mapa de contorno para densidade do solo; D - Mapa de contorno para produtividade do tomate industrial. A - Contour map for soil penetration resistance; B - Contour map for soil moisture; C - Contour map for soil bulk density; D - Contour map for industrial tomatoes yield.

CONCLUSÃO: O mapa de densidade do solo apresentou regiões com valores próximos ao limite crítico de 1,50 Mg m⁻³. O mapa de resistência do solo à penetração na camada de 0,00 a 0,20 m apresentou regiões com valores ideais para o cultivo do tomate industrial. O mapa de produtividade total da cultura do tomate industrial apresentou variabilidade espacial.

REFERÊNCIAS:

- AQUINO, R. E.; CAMPOS, M. C. C.; JÚNIOR, J. M.; OLIVEIRA, I. A.; MANTOVANELI, B. C.; SOARES, M. D. E. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v.38, n.5, p. 397-406, 2014.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6.ed. São Paulo: Ícone. 2008. 355p.
- BOESING, B. F. B.; BOTTEGA, E.L.; CATEN, A.T.; SARTORI, L.; ARAMOTO, R.H. Variabilidade espacial de índices de vegetação na cultura da soja em estádio reprodutivo. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - ConBAP, 2014, São Pedro – SP. **Anais...** São Pedro: USP/ESALQ, 2014.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n.2, p. 541-552, 2012.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*. **Revista Política Hoje**, Recife, v.18, n.3, p.115-146, 2009.
- OLIVEIRA FILHO, F. X.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, P. C. M.; MESQUITA, F. O.; COSTA, T. K. G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.2, p.186–193, 2015.
- HOFFER, H.; DEBASTIANI, A. B.; NETO, R. P. M.; MENEGATTI, D.; NETO, S. L. R. Variabilidade espacial do estado de compactação do solo em um sítio experimental de *Mimosa Scabrella*Benth. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, p.1903-1913, 2015.
- JUNQUEIRA, J. A. J.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; PINTO, D. B. F. Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub bacia hidrográfica de Cabeceira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.914-922, 2008.
- MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E.C.; SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.2, p.48-56, 2009.

MONITORAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO POR MEIO DE SENSOR ÓPTICO ATIVO

CRISTIANO ZERBATO¹ FRANCIELE MORLIN CANEIRO², CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI³, LUCAS AUGUSTO DA SILVA GIRIO⁴, DAVID LUCIANO ROSALEN⁵

¹ Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente Doutor I, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

² Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal), Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. Fone: (16) 98157-036, franmorlin1@gmail.com.

³ Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto III, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal), Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente Doutor I, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Com a utilização dos sensores ópticos é possível monitorar as variações do desenvolvimento da cultura por meio da biomassa aérea, e ainda permite identificar a quantidade de nutrientes a ser aplicado como o nitrogênio. Objetivou-se com este trabalho monitorar as características agronômicas do milho, como altura, diâmetro, produtividade e NDVI por meio do GreenSeeker, aos 30 e 60 dias após a semeadura. O experimento foi realizado, na safrinha 2015/16, em Jaboticabal - SP, em área agrícola pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Câmpus de Jaboticabal. O delineamento experimental foi estabelecido conforme as premissas básicas do Controle Estatístico de Qualidade, monitorando os indicadores de qualidade das características agronômica do milho ao longo do espaço. As coletas foram em 32 pontos amostrais com parcelas de 5 x 0,9 m. Os indicadores de qualidade das características agronômicas foram: altura, diâmetro, produtividade, e NDVI. Os indicadores foram analisados por meio de cartas de controle de valores individuais, amplitude móvel e correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Nas cartas de controle 60 DAS houve maior qualidade do processo e a média dos valores de NDVI foi maior do que aos 30 DAS, devido à quantidade de biomassa. No coeficiente de correlação de Pearson, os maiores valores de correlação foram aos 60 DAS em virtude da planta ter apresentado maior desenvolvimento vegetativo comparado aos 30 DAS.

PALAVRAS-CHAVE: controle estatístico de qualidade; qualidade; NDVI.

MONITORING OF CHARACTERISTICS SENSOR THROUGH CORN AGRONOMIC OPTIC ACTIVE

ABSTRACT: With the use of optical sensors it is possible to monitor the variations of the development of the crop through the biomass, and allows to identify the quantity of nutrients to be applied as nitrogen. The objective of this work to monitor the agronomic characteristics of corn, such as height, diameter, productivity and NDVI through GreenSeeker, 30 and 60 days after sowing. The experiment was conducted in the off-season 2015/16 in Jaboticabal - SP, agricultural area belonging to Education Finance, Research and Extension (FEPE) UNESP - Jaboticabal Campus. The experiment was established as the basic premises of Statistical Quality Control, monitoring indicators of quality of agronomic characteristics of corn throughout the space. The collections were at 32 sampling points with plots of 5 x 0.9 m. Quality indicators of agronomic characteristics were: height, diameter, productivity, and NDVI. The indicators were analyzed using individual values of control charts, mobile amplitude and correlation using the Pearson correlation coefficient. In the control charts 60 DAS there was a higher quality of the process and the average NDVI values was higher than the 30 DAS due to the amount of biomass. In the Pearson correlation coefficient, the highest correlation values were at 60 DAS because the plant has shown greater vegetative growth compared to 30 DAS.

KEYWORDS: statistical quality control; quality; NDVI.

INTRODUÇÃO: Em propriedade rural antes o objetivo principal era apenas a produtividade, porém com o passar dos anos verificaram que existem outras metas a serem atendidas como menor custo de produção, preocupação ambiental, sistema produtivo e qualidade dos produtos. Novas tecnologias são utilizadas para aumentar a eficiência na aplicação de fertilizante (POVH, 2007). Dentro de uma lavoura pode existir áreas com diferentes potenciais de rendimento, que devem ser conduzidas de forma individualizada para a adequada distribuição do nitrogênio na adubação de cobertura (GROHS et al., 2009). Várias tecnologias estão sendo desenvolvidas para melhorar o manejo de fertilizantes, e os sensores ópticos podem contribuir neste manejo em razão do seu potencial (POVH, 2007). O GreenSeeker, instrumento fundamentado no sensoriamento remoto terrestre, tem sido usado para identificar diferentes zonas de manejo, sendo que por meio deste sensor é possível estimar o potencial produtivo por definição de classes de maneira precisa e ágil (GROHS et al., 2009). Para o monitoramento das culturas o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) tem mostrado função importante por revelar as condições da biomassa da cultura no decorrer do seu desenvolvimento e associação entre sua grandeza (KLERING, 2012). Por meio do GreenSeeker, sensor óptico ativo, é possível obter o NDVI (POVH et al., 2008). Objetivou-se com este trabalho monitorar as características agrônômicas do milho, como altura, diâmetro, produtividade e NDVI por meio do GreenSeeker, aos 30 e 60 dias após a semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado, na safra 2015/16, em Jaboticabal - SP, em área agrícola pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Câmpus de Jaboticabal, situada nas coordenadas geográficas 21°15'03,64"S e 48°17'04,47"W, com altitude média em torno de 586 m e clima Aw de acordo com a classificação de PEEL et al. (2007). O híbrido semeado na área experimental foi AS1633 PRO, população 45.000 plantas ha⁻¹ e 4,3 sementes m⁻¹. A semeadora utilizada foi a COP Suprema da marca Marchesan, acoplada no trator marca Massey Ferguson, modelo MF 7180, potência do motor na rotação nominal de 180 cv, com tração 4x2 TDA. O delineamento experimental foi estabelecido conforme as premissas básicas do Controle Estatístico de Qualidade – CEQ (MONTGOMERY, 2009) monitorando os indicadores de qualidade das características agrônômicas do milho ao longo do espaço. As coletas foram em 32 pontos amostrais. Os indicadores de qualidade das características agrônômicas foram: altura; diâmetro; produtividade com teor de água no grão corrigido para 13% (FURLANI et al., 2013); e NDVI. A reflectância do dossel foi obtida GreenSeeker® (BREDEMEIER et al., 2013), sensor óptico ativo, contendo dois tipos de LED (“Light Emitting Diodes”) que emitem dois comprimentos de onda centralizados no infravermelho próximo (770 nm) e vermelho (660 nm). Com este sensor é possível obter cinco índices de vegetação, porém neste trabalho foi usado o NDVI. Durante as coletas posicionou o sensor acima da planta de 0,8 a 1,2 m de distância entre a planta e o sensor (POVH et al., 2008). A leitura do GreenSeeker foi feita aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS), cada parcela tinha dimensão de 5 x 0,9 m e todos os indicadores de qualidade foram coletados nessas parcelas. Os indicadores foram analisados por meio de cartas de controle de valores individuais, amplitude móvel e correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na carta de controle de valores individuais (Figura 1 a) e amplitude móvel (Figura 1 b) para NDVI, aos 30 DAS apresentou maior variabilidade do processo devido a menor biomassa da parte aérea da cultura. Enquanto aos 60 DAS houve maior qualidade do processo apesar de um ponto fora de controle deixando o processo instável em virtude das causas especiais, que pode ser identificada pelos fatores 6 Ms (Meio ambiente; Máquina; Material; Mão-de-obra; Medição; e Método). Foi verificado que aos 60 DAS a média dos valores de NDVI foi maior do que aos 30 DAS, devido à quantidade de biomassa.

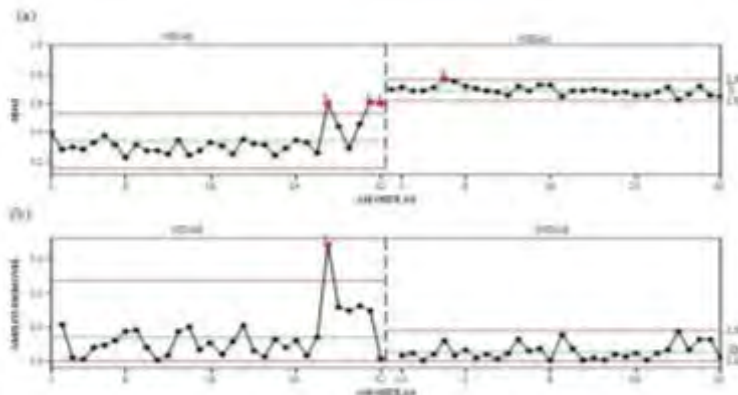


FIGURA 1. Cartas de controle para valores individuais (a) e amplitude móvel (b) para NDVI em função dos dias de semeadura. LSC: Limite Superior de Controle. LIC: Limite Inferior de Controle. \bar{X} : Média, \overline{AM} : Média da amplitude móvel. **Control cards for individual values (a) and mobile amplitude (b) to NDVI according to the days of sowing. LSC: Upper control limit. LIC: Lower control limit. \bar{X} : Average. \overline{MR} : Average moving range.**

Na Tabela 1, o coeficiente de correlação de Pearson, aos 30 DAS apresentou correlação do NDVI com o diâmetro e produtividade, também correlação do diâmetro com produtividade. Os maiores valores de correlação foram aos 60 DAS em virtude da planta ter apresentado maior desenvolvimento vegetativo comparado aos 30 DAS. Bredemeier et al. (2009), avaliando a relação do NDVI com o rendimento de grãos em função das cultivares de trigo para o desenvolvimento de procedimentos da adubação de cobertura de nitrogênio por taxa variável, observaram que no decorrer do desenvolvimento da cultura, as leituras do NDVI por meio do sensor óptico foram eficientes na identificação das variações da produtividade do trigo causadas pelas diferentes dosagens de nitrogênio aplicado.

TABELA 1. Coeficiente de correlação de Pearson dias após a semeadura para altura, diâmetro, NDVI e produtividade (PROD) aos 30 e 60 dias após a semeadura (DAS).

30 DAS				
	ALTURA	DIAMETRO	NDVI	PROD
ALTURA	1	0,636**	-0,002 ^{ns}	-0,056 ^{ns}
DIAMETRO		1	-0,438*	0,416*
NDVI			1	-0,622**
PROD				1
60 DAS				
	ALTURA	DIAMETRO	NDVI	PROD
ALTURA	1	0,669**	0,323 ^{ns}	0,445*
DIAMETRO		1	0,532**	0,670**
NDVI			1	0,439*
PROD				1

*Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}: Não significativo.

O coeficiente de correlação de Pearson varia de 1 a -1 (FIGUEIREDO et al., 2009). De acordo com a classificação de Dancey e Reidy (2005) as correlações (r) podem ser: fraca ($0,1 < r < 0,3$), moderada ($0,40 < r < 0,6$) e forte ($0,70 < r < 1$), quanto mais próximo de zero menor é a correlação, porém quanto mais próximo de 1 ou -1 tem-se forte correlação e maior grau de dependência na estatística linear entre os parâmetros analisados.

CONCLUSÃO: Nas cartas de controle 60 DAS houve maior qualidade do processo e a média dos valores de NDVI foi maior do que aos 30 DAS, devido à quantidade de biomassa. No coeficiente de correlação de Pearson, os maiores valores de correlação foram aos 60 DAS em virtude da planta ter apresentado maior desenvolvimento vegetativo comparado aos 30 DAS.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS: BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, 2013.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para windows**. Porto Alegre, Artmed, 2006.

FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. da. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.6, p. 885-889, 2013.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.101-112, 2009.

KLERING, E. V. **Mapeamento da área cultivada e estimativa do rendimento de grãos de arroz irrigado a partir de modelos agrometeorológicos-espectrais para o Rio Grande do Sul**. 2012. 182f. Tese (Doutorado) – Curso de Fitotecnia (Agrometeorologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2012.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. Arizona State University: John Wiley & Sons, Inc., 6 ed. 2009. 754 p.

PEEL M.; FINLAYSON B.; MCMAHON T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

POVH, F. P. **Utilização de sensor óptico ativo em culturas de cereais**. 2007. 87f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia (Máquinas Agrícolas), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor óptico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008.

PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS DE SOLO PARA ESPECTROSCOPIA E QUANTIFICAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DISPONÍVEIS NO SOLO

BRENO HIROYUKI HIGA¹, LUCAS RIOS DO AMARAL²

¹ Graduando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, brn.higa@gmail.com

² Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (19)35211067, lucas.amaral@feagri.unicamp.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A caracterização da variabilidade espacial dos parâmetros de fertilidade do solo é essencial para a correta recomendação de adubos e corretivos em doses variadas, seguindo os preceitos de agricultura de precisão. No entanto, as tradicionais amostragens de solo em grade regular em densidade amostral suficiente se mostram proibitivas economicamente. Desse modo, a espectroscopia de solos se apresenta como ferramenta promissora para permitir o aumento da densidade amostral, embora ainda haja dúvidas de sua aplicabilidade para quantificar parâmetros da fertilidade química dos solos agrícolas. Propôs-se neste estudo a avaliação de diferentes metodologias de preparo de amostra de solo para espectroscopia na região do visível e infravermelho próximo, para análise da disponibilidade de nutrientes no solo (N, P, K, Ca, Mg e S). Os modelos de calibração apresentaram desempenho variável, mas próximos entre as diferentes formas de preparo das amostras. Contudo, houve destaque para o bom desempenho quando o solo foi peneirado em malha de 2 mm e seco a 110°C. Esse dado contradiz a literatura e, com isso, indica que outros métodos de preparo das amostras de solo precisam ser averiguados quando o objetivo é inferir sobre a fertilidade química dos solos. Ademais, altos erros de predição foram obtidos, o que pode inviabilizar a aplicação da espectroscopia no direcionamento de doses variadas de fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de precisão, espectrometria, fertilização do solo

SOIL SAMPLE PREPARATION PROCEDURE FOR SPECTROSCOPY AND QUANTIFICATION OF SOIL NUTRIENTE AVAILABILITY

ABSTRACT: Characterizing spatial variability of soil fertility parameters is essential for proper fertilizer prescription in variable-rates, following precision farming principles. However, the traditional soil samples on regular grid with sufficient sampling density is economically prohibitive. Thereby, soil spectroscopy approach presents as a promising technique to increase sampling density, but there are still some doubts on its applicability in quantifying soil chemical fertility properties. This study evaluated different methodologies of soil sample preparation for spectroscopy in visible and near-infrared region, in order to analyze soil nutrients availability (N, P, K, Ca, Mg and S). The calibration models showed variable performance, but with similar performance among the different soil sample preparation. However, better overall performance was obtained when soil was sieved in a 2 mm mesh and dried at 110°C. This data contradicts the literature, indicating that other soil sample preparation need to be investigated when the goal is to infer about soil chemical fertility. Moreover, high prediction errors were obtained, what may impair soil spectroscopy usage for variable-rate fertilizer application.

KEYWORDS: Precision farming, spectrometry, soil fertilization

INTRODUÇÃO: A coleta e análise de amostras de solo, em grade regular, precisa ser realizada em alta densidade para caracterizar de forma adequada a variabilidade espacial dos diferentes parâmetros de fertilidade, o que torna essa técnica dispendiosa e, muitas vezes, proibitiva economicamente (ARAÚJO, DEMATTÊ e BELLINASSO, 2013). A principal alternativa para contornar esse problema é o uso de sensores de solo (ADAMCHUK & VISCARRA ROSSEL, 2010). Nesse contexto, há um crescente interesse por técnicas em espectroscopia, já que uma única mensuração, realizada de forma simples, rápida e barata, apresenta a capacidade de fornecer informações quanto às propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos (SORIANO-DISLA et al., 2014). Entretanto, Marín-González et al. (2013) afirmam que existem poucos trabalhos disponíveis na literatura que analisam a eficiência da espectroscopia em prever propriedades do solo que não apresentam resposta espectral direta, o qual é o caso da maioria dos parâmetros de fertilidade química do solo. Além disso, o trabalho de Epiphanyo et al. (1992) tem sido usado como referência no processamento das amostras de solo para espectrorradiometria, onde o solo é seco a 45°C por 24 horas e moído e peneirado em malha de 2 mm. No entanto, o procedimento adotado por esses autores focava a caracterização mineralógica de solos, o que pode limitar a criação de modelos de predição para propriedades químicas do solo, já que suas concentrações tendem a ser muito baixas no solo. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes metodologias de preparo das amostras de solo para a avaliação e criação de modelos de predição por espectroscopia.

MATERIAL E MÉTODOS: Um solo com baixa fertilidade natural e textura franco-argilo-arenosa foi coletado em área de vegetação natural em Campinas-SP em profundidade de até 200 mm. Este solo inicialmente foi peneirado em peneira de 2 mm (Mesh 9), para que posteriormente fosse colocado em vasos com capacidade de um litro e recebesse, separadamente, aplicação de fertilizantes específicos: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), em três doses diferentes, com objetivo de atingir níveis baixos, médios e altos de disponibilidade dos nutrientes no solo, conforme Raij et al. (1997). Além disso, houve um tratamento controle sem aplicação de fertilizantes e um tratamento testemunha, onde foi aplicado a maior dose de todos os fertilizantes em conjunto, sempre se utilizando 3 repetições, totalizando 60 vasos. A fonte dos nutrientes para N, P, K, Ca, Mg e S foram escolhidas para que contivessem a menor quantidade possível de outros elementos e disponibilizassem o nutriente na forma preferencial de absorção pelas plantas, respectivamente, NH_4NO_3 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, KCl, $\text{CaCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$, $\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Os vasos foram colocados em uma mesa de subirrigação em casa-de-vegetação para que a umidade constante favorecesse a mineração dos fertilizantes, por 45 dias, sendo realizado um revolvimento do solo nesse meio tempo. Após esse período o solo presente em cada vaso foi dividido em duas partes, sendo uma enviada para análise química em laboratório, enquanto a outra passou por diferentes formas de preparo do solo para avaliar o desempenho dos modelos de calibração obtidos, sendo cada amostra dividida em seis subamostras. Os tratamentos (preparo das subamostras) constaram de três espessuras de malha para peneiramento do solo (2 mm, 0,71 mm e 0,25 mm) e duas temperaturas de secagem (40°C e 110°C). As amostras de solo foram analisadas pelo espectrômetro FieldSpec 4 Std-Res (Analytical Spectral Devices Inc., Bolder, Colorado, EUA), o qual coleta o espectro na faixa entre 350 e 2500 nm, compreendendo a faixa de comprimento de onda do visível ao infravermelho próximo (Vis-NIR), com um intervalo amostral de 1,4 nm. Neste equipamento, o solo é alocado em um acessório de medida (MugLight®, Analytical Spectral Devices Inc.), o qual possui sua própria fonte de luz (lâmpada de halogênio de 100W), permitindo que o sensor atue de forma ativa, sem sofrer interferência das variações na iluminação ambiente. Os espectros obtidos foram utilizados para a criação de modelos de calibração para os macronutrientes separadamente por meio da Regressão pelos Mínimos Quadrados Parciais com o software ParLeS (VISCARRA ROSSEL, 2008). Os dados foram submetidos a diversos pré-processamentos, sendo selecionado o que obteve melhores resultados, avaliado pelo Desvio Percentual Relativo (RPD), o qual é um indicador do desempenho do modelo de calibração, onde valores superiores a 2 são considerados úteis, enquanto inferiores a isso apresentam desempenho limitado (VISCARRA ROSSEL; MCGLYNN; MCBRATNEY, 2006), e também pelo Erro Médio Quadrático (RMSE).

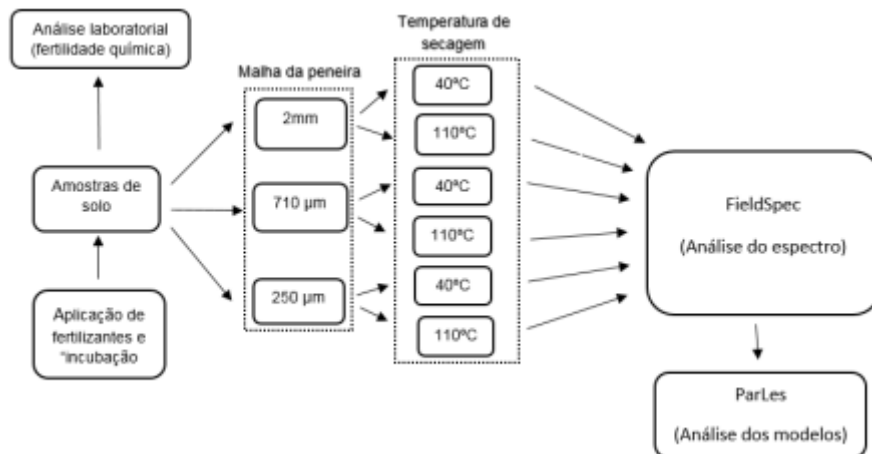


FIGURA 1. Sequenciamento das etapas da metodologia. **Steps of the methodology.**

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com exceção do nitrogênio, todos os outros modelos de calibração apresentaram bom desempenho (Tabela 1), de acordo com a classificação do RPD proposto por Viscarra Rossel, McGlynn e McBratney (2006). Os modelos para N foram pouco eficientes pois foram construídos com base em apenas 12 amostras (função da limitação do número de análises de solo realizadas), enquanto para os demais nutrientes se utilizou o conjunto de dados completo (60 amostras). Apesar dos modelos de calibração obtidos apresentarem variação de acordo com a forma de preparo das amostras, o tratamento onde as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm e seco a 110°C apresentou melhor desempenho geral. Esse fato contradiz a literatura, a qual prega a secagem a 45°C (EPIPHANIO et al, 1992). Dessa forma, outras formas de preparação das amostras de solo podem permitir melhor desempenho dos modelos de predição de propriedades químicas do solo

TABELA 1. Ajustes dos modelos de calibração em função do preparo das amostras para diferentes nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) com seus respectivos Desvio Percentual Relativo (RPD) e Erro Médio Quadrático (RMSE). Valores sublinhados e em negrito indicam o melhor ajuste dos modelos para determinado nutriente em função do preparo das amostras de solo utilizada. **Adjustments of calibration models due to the different soil sample preparation to different nutrients (N, P, K, Ca, Mg and S) with their respective Relative Percent Deviation (RPD) and Root Mean Square Error (RMSE). Underlined and bold values indicate the best adjustment of models for particular nutrient in function of soil sample preparation used.**

	2 mm, 40°C		2 mm, 110°C		250 µm, 40° C		710 µm, 40° C		710 µm, 110° C	
	RPD	RMSE	RPD	RMSE	RPD	RMSE	RPD	RMSE	RPD	RMSE
N	1,11	57,7	<u>1,19</u>	<u>54,1</u>	1,02	62,98	1	64,19	1,07	60,33
P	1,98	18,09	<u>2,86</u>	<u>12,5</u>	1,99	17,96	2,84	12,59	2,24	15,94
K	<u>2,03</u>	<u>0,75</u>	1,93	0,92	1,53	1,16	1,99	0,89	1,67	1,06
Ca	1,87	1,76	2,04	1,61	1,42	2,31	2,13	0,57	<u>2,42</u>	<u>1,36</u>
Mg	<u>2,37</u>	<u>2,35</u>	2,1	2,66	1,87	2,98	2,35	2,39	1,48	3,77
S	1,55	46,71	<u>1,78</u>	<u>40,59</u>	1,31	54,56	1,59	45,57	1,41	50,49

Pensando em prescrição de fertilizantes em doses variadas, a qual é a finalidade essencial do levantamento de parâmetros da fertilidade do solo em agricultura de precisão, os modelos gerados para a disponibilidade de P e K mostraram ajustes notórios (Figura 2), com RPD superior a 2, ou seja, boa utilidade na

quantificação dos elementos no solo. Contudo, apesar desses bons ajustes dos modelos, o erro médio da predição (RMSE) foi elevado. Se avaliada as faixas de teores disponíveis no solo sugeridos por Raji et al. (1997), observa-se que a incerteza associada a predição poderia indicar o deslocamento do valor predito para classes de fertilidade diferenciadas. Desse modo, os modelos de predição desenvolvidos nesse estudo se mostram com aplicação limitada para quantificação da disponibilidade de nutrientes visando o direcionamento da aplicação de doses variadas de fertilizantes. Desse modo, embora pesquisas tenham indicado a aplicabilidade de técnica de espectroscopia na região Vis-NIR para esse fim, ainda é preciso comprovação empírica de que o erro associado as predições são aceitáveis dentro do conceito de aplicação de insumos nos locais corretos ao longo das lavouras.

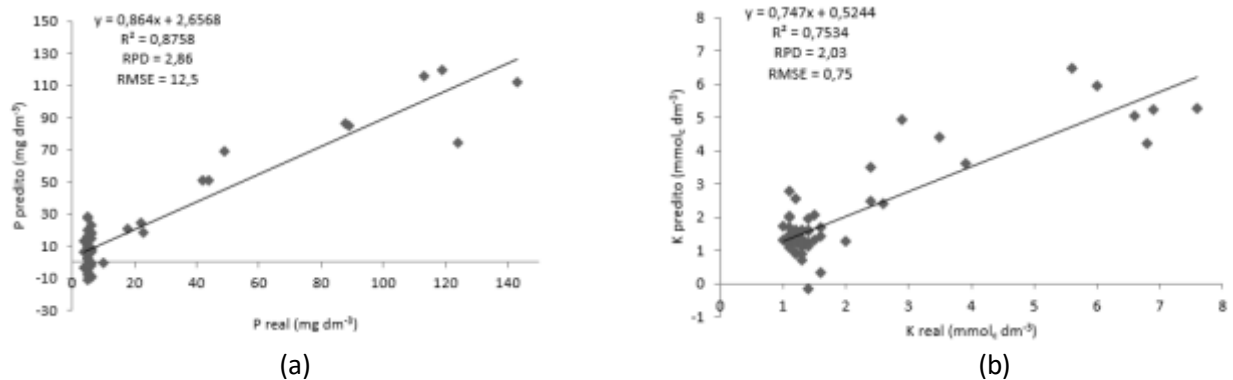


FIGURA 2. Melhores modelos de calibração para (a) Fósforo e (b) Potássio, em função do preparo da amostra de solo utilizado (respectivamente 2 mm a 110°C e 2 mm a 40°C). **The best calibration models to (a) Phosphorus and (b) Potassium, in function of soil sample preparation (2 mm in 110°C and 2 mm in 40°C, respectively).**

CONCLUSÃO: O preparo das amostras de solo influencia nos ajustes dos modelos de calibração. O preparo de amostras com peneiramento em 2 mm e secagem a 110 °C apresenta bons resultados, de forma geral, para todos os macronutrientes. Contudo, pelo alto erro associado aos modelos de predição, essa técnica ainda se mostra limitada para o direcionamento da aplicação de doses variadas de fertilizantes.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq/PIBIC pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS:

- ADAMCHUK, V.I.; VISCARRA ROSSEL, R.A. Development of on-the-go proximal soil sensor systems. In: VISCARRA ROSSEL, R.A.; McBRATNEY, A.B.; MINASNY, B. (Eds.) **Proximal Soil Sensor**. Londres: Springer, 2010. p. 15-28.
- ARAÚJO, S. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; BELLINASSO, H. Analyzing the effects of applying agricultural lime to soils by VNIR spectral sensing: a quantitative and quick method. **International Journal of Remote Sensing**, v.34, p.4570-4584, 2013.
- EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R.; VALERIANO, M.; OLIVEIRA, J. B. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo**. São José do Campos: INPE, 1992. 131 p.
- MARÍN-GONZÁLEZ, O. et al. On-line measurement of soil properties without direct spectral response in near infrared spectral range. **Soil and Tillage Research**, v.132, p.21–29, 2013.
- RAJI, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 279 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- SORIANO-DISLA, J. M. et al. The performance of visible, near-, and mid-infrared reflectance spectroscopy for prediction of soil physical, chemical and biological properties. **Applied Spectroscopy Reviews**, v.49, p.139-186, 2014.

VISCARRA ROSSEL, R. A. V.; MCGLYNN, R. N.; MCBRATNEY, A. B. Determining the composition of mineral-organic mixes using UV-vis-NIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v.137, p.70-82, 2006.

VISCARRA ROSSEL, R. A. ParLeS: Software for chemometric analysis of spectroscopic data. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.90, n.1, p.72-83, 2008.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E SUA INTERAÇÃO COM SEUS ATRIBUTOS FÍSICOS E MATÉRIA SECA DE BRACHIARIA BRIZANTHA E MILHETO

THIAGO MARTINS MACHADO¹, DIEGO AUGUSTO FIORESE², GABRIEL HENRIQUE ALVARENGA MARQUES³, ÉTORE FRANCISCO REYNALDO⁴, GABRIEL BENHOSSI⁵

¹ Engº Agrícola, Professor, ICAA, UFMT, Sinop – MT, Fone: (66)98147-8311, tmmachado@ufmt.br.

² Engº Agrônomo, Professor, ICAA, UFMT, Sinop – MT.

^{3,5} Engº Agrícola e Ambiental, Graduando, ICAA, UFMT, Sinop – MT

⁴ Engº Agrônomo, Monsanto, Uberlândia-MG.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A utilização de equipamentos de mensuração da condutividade elétrica é uma técnica que permite correlações com atributos físicos do solo, teor de água e matéria seca. A alta capacidade operacional é uma das características principais desses equipamentos de mensuração de condutividade elétrica e podem substituir algumas análises laboratoriais, dependendo da finalidade. O objetivo desse trabalho foi analisar a relação entre condutividade elétrica, teor de água, argila, índice de cone e matéria seca de pastagem e milheto. As leituras de condutividade elétrica foram realizadas em área com cobertura de Brachiaria brizantha e milheto nas profundidades de 0 a 30 cm, no mesmo período em que se coletavam as amostras de solo para determinação da textura, teor de água, índice de cone e matéria seca de Brachiaria brizantha e milheto. O conteúdo de argila teve correlação positiva com o teor de umidade do solo, diferente das demais características físicas do solo que apresentaram baixa correlação.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de cone, pastagem, máquinas agrícolas

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOIL AND ITS INTERACTION WITH ITS PHYSICAL ATTRIBUTES AND BRACHIARIA BRIZANTHA AND MILLET DRY MATTER

ABSTRACT: The use of soil electrical conductivity equipment is a technique that allows correlations with soil physical properties, water content and dry matter. With high operational capacity. replace some laboratory tests, depending on the purpose. The aim of this study was to analyze the relationship between electrical conductivity, water content, clay, cone index and dry matter and millet. The electrical conductivity readings were performed in area with Brachiaria brizantha coverage and millet in the depths 0-30 cm in the same period in which they collected soil samples were collected to determine texture, water content, cone index and Brachiaria brizantha and millet matter dry. Clay content was positively correlated with the moisture content of the soil, different from other physical characteristics of the soil that had low correlation.

KEYWORDS: Cone index, pasture, agricultural machinery

INTRODUÇÃO: Além dos mapas de produtividade, outras investigações podem auxiliar na definição de unidades de gerenciamento diferenciado. Estudos com o uso da condutividade elétrica (CE) do solo têm apontado seu potencial para a mensuração de conteúdo de argila, conteúdo de água, profundidade de camada de impedimento (DOOLITTLE et al., 1994), dentre outros. Em agricultura de precisão essa propriedade de múltipla correlação pode ser considerada oportuna. Como a condutividade elétrica do solo se correlaciona com matéria orgânica, textura, potássio, pH entre outros, é possível investigar o grau de variabilidade desse conjunto de parâmetros com grande resolução espacial e, possivelmente, traçar estratégias de amostragem do solo (LUCHIARI et al., 2000), bem como orientar a análise para tratamento com taxa variada de insumos (CLARK et al., 2000). A amostragem do solo na obtenção de informação da variabilidade espacial dos seus componentes físicos e químicos tem sido alvo de críticas pelo seu elevado custo e baixo rendimento operacional, tornando, por

vezes, economicamente inviável em sistemas produtivos. Diante disso, outras investigações podem auxiliar na definição de estratégias de manejo da área. E também outros parâmetros podem ser analisados, resultados obtidos em área de pastagem demonstraram que a produtividade da pastagem, em termos de matéria seca demonstrou correlação significativa em relação a valores de CE (SERRANO et al., 2010), indicando ser uma ferramenta importante para determinação de produtividade em pastagem. O objetivo deste trabalho foi de relacionar os valores de condutividade elétrica, com os teores de argila, teor de água, índice de cone e matéria seca de pastagem e milheto.

MATERIAL E MÉTODOS: O local de estudo constitui-se de área comercial, com cobertura de *Brachiaria brizantha* e milheto, localizada em uma fazenda no município de Santa Carmen, MT, com 30 ha. Foram realizadas amostragens georreferenciadas e planejadas em grade regular 100 x 100 m com o programa Farm Works Office (Trimble, Houston, EUA), para a determinação do teor de argila, água, matéria seca e índice de cone. Para localização das amostras foi utilizado um receptor GPS de navegação. A determinação da matéria seca foi realizada com auxílio de um gabarito de 1 m² sendo realizada uma amostra por ponto, posteriormente seca em estufa. Para a análise do teor de água do solo utilizou-se o método gravimétrico, que consiste na pesagem anterior e posterior à secagem em estufa a 105°C por 24 h (BLAKE & HARTGE, 1986). Os dados de amostragem do solo relacionada à aquisição do seu teor de argila foram coletados simultaneamente a uma profundidade de 0-20 cm. A mensuração do índice de cone (IC) foi realizado com penetrômetro manual modelo PLG 1020 penetroLOG (Falker, Porto Alegre, Brasil) até a profundidade máxima de 0,60 m controlada por um sensor tipo sonar que realiza o cálculo de velocidade de penetração avisando ao usuário quando a velocidade está fora do padrão, tendo a opção de ser abortada a medição. O cone na ponta da haste tinha o padrão descrito pela ASABE (2009), com ângulo de 30° ponta padrão B com diâmetro 12,83 mm. Foi mensurado o IC nas camadas 0,00-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 e 0,20-0,30 m, sendo feitas três leituras de índice de cone para gerar a média que corresponde a um ponto. A camada de maior resistência à penetração foi a 0,15 m, na qual foram realizadas as análises. A obtenção dos dados de CE foi realizada com o equipamento 3100 (Veris, cidade, EUA) com chassi porta ferramentas da marca STARA, sendo as passadas do equipamento equidistantes de 20 m com auxílio de uma barra de luz modelo Topper (Stara, Não Me Toque, Brasil). A mensuração da CE foi realizada no mês de outubro de 2015. Ao final de todas as análises de laboratório os dados brutos foram agrupados em planilha eletrônica Excel e as análises estatísticas foram feitas no programa SAS (Statistical Analysis System Institute, 1999). As interpolações foram realizadas no programa ArcGIS (Esri, Redlands, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os coeficientes de variação de todas as características foram inferiores a 54 %, (Tabela 1) que segundo WARRICK&NIESEN (1980), classifica os valores do CV entre 12% e 60% como de média variabilidade e os valores abaixo e acima desse intervalo, como de baixa e alta variabilidade, respectivamente. Os valores de CV encontrados no trabalho (Tabela 1) estão dentro do intervalo médio, apresentando média variabilidade.

Tabela 1. Estatística descritiva referente ao teor de água volumétrico (TA), condutividade elétrica (CE), argila, matéria seca (MS) e índice de cone (IC). **Descriptive statistics regarding volumetric water content (WC), electrical conductivity (EC), clay, dry matter (DM) and cone index (CI).**

Características	TA (%)	CE (mSm ⁻¹)	Argila (%)	MS (ton ha ¹)	IC (MPa)
Número de observações.	30	3130	30	30	90
Média	15,00	0,36	29,00	4,13	5,91
Mediana	16,00	0,30	28,00	3,96	5,65
Desvio Padrão	1,38	0,19	12,20	2,11	2,33
CV (%)	9,00	54,00	40,88	51,14	41,26
Mínimo	13,00	0,10	12,74	1,18	0,34
Máximo	18,00	1,80	54,42	9,74	12,34

O conteúdo de argila, obteve correlação positiva com o teor de água do solo (0,53) com valor significativo a 1% de probabilidade. Isto se deve ao fato da microporosidade das partículas de argila ser responsável pela retenção

de água no solo (CHAVES et al., 2008) (Tabela 2). Apesar de diversos autores (RHOADES et al., 1976; KACHANOSKI et al., 1988; HENDRICKX et al., 1992; FRITZ et al., 1998) terem verificado boa correlação positiva entre as variáveis analisadas, os resultados obtidos apresentaram baixas correlações, podendo ser devido aos baixos teores de água no solo, resultado semelhante aos encontrados por CHAVES et al. (2008). Solos com menores teores de argila apresentam melhor desempenho com equipamentos de contato para mensuração de CE, conforme (MACHADO et al., 2006). Estudos de SERRANO et al. (2010) demonstraram o potencial destes sensores de mensuração de condutividade elétrica para levantamento de algumas características do solo relacionadas com a sua fertilidade e para estimarem a produtividade da pastagem através da matéria seca, obtendo resultados significativos de correlação.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre os dados interpolados referente ao teor de água (TA), condutividade elétrica (CE), argila e matéria seca (MS) e índice de cone (IC). **Correlation coefficients between the interpolated data concerning the water content (WC), electrical conductivity (EC), clay and dry matter (DM) and cone index (CI).**

Variáveis	TA	CE	MS	Argila	IC
TA (%)	1,00**	-0,06 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,53**	0,06 ^{ns}
CE (mSm ⁻¹)	-0,06 ^{ns}	1,00**	-0,05 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
MS (ton ha ¹)	-0,05 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	1,00**	-0,41 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Argila (%)	0,53**	0,24 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	1,00**	-0,10 ^{ns}
IC (MPa)	0,06 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	1,00**

** Significativo a 1% de probabilidade.

ns Correlação não significativa.

CONCLUSÃO: Os dados de teor de água, matéria seca, argila e índice de cone obtiveram baixa correlação em relação a condutividade elétrica. A argila e teor de água no solo obtiveram correlação significativa. A mensuração da condutividade elétrica do solo, pode ser uma importante ferramenta, para estimativa de produtividade em pastagens. As baixas correlações podem estar ligadas ao reduzido teor de água no solo, sendo necessário futuramente, ser realizadas leituras na área, a fim de verificar as correlações da condutividade elétrica, com os atributos físicos do solo e matéria seca de pastagem.

AGRADECIMENTOS: À empresa Stara e o apoio da revenda TratorMax.

REFERÊNCIAS:

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. EP542: Procedure for using and reporting data obtained with the soil cone penetrometer. St. Joseph: **ASABE**, 2009. 3p.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Madison: SSSA, 1986. p.363-75.

BRONSON, K.; BOOKER, J.; OFFICER, S.; LASCANO, R.; MAAS, S.; SEARCY, S.; BOOKER, J. Apparent electrical conductivity, soil properties and spatial covariance in the U.S. Southern High Plains.

Precision Agriculture6: ,2005. 297–311.

CHAVES, S.W.P.; MOLIN, J. P.; NEVES JUNIOR, A.F.; CEBIN, G.J.; GARZELLA, T. C. Correlação da condutividade elétrica do solo e seus parâmetros físicos. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008, 2008, Piracicaba. **Anais** do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão 2008. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008. p. 270-278.

CLARK, R.L.; CHEN, F.; KISSEL, D.E.; ADKINS, W. Mapping soil hardpans with the penetrometer and electrical conductivity, In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 12 p. CD-ROM.

DOOLITTLE, J.A.; SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; INDORANTE, S.J. Estimating depths to claypans using electromagnetic induction methods. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny,

v.49, n.6, p.572-5, 1994.

FRITZ, R.M.; MAIO, D.D.; SCHUMACHER, T.E; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G; ELLSBURY, M.M.; DALSTED, K.J. Field comparison of two soil electrical conductivity measurement systems. INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 1998, St. Paul. **Proceedings...** St. Paul: P.C. Robert, 1998. 1 CD-ROM.

HENDRICKX, J.M.H.; BAERENDS, B.; RAZA, Z.I.; SADIQ, M.; AKRAM CHAUDHRY, M. Soil salinity assessment by electromagnetic induction on irrigated land. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 56:1933-1941. 1992.

LUCHIARI, A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, S.; SCHEPERS, J.;LIEBIG, M.; SCHEPERS A.; PAYTON S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 10 p. CD-ROM.

MACHADO, A. P. L.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. "Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto." **Pesq. agropec. bras.**, Brasília 41.6 2006: 1023-1031.

KACHANOSKI, R.G.; GREGORICH, E.G.; WESENBECK, I.J. Van. Estimating spatial variations of soil water content using noncontacting electromagnetic inductive methods. *Canadian Journal of Soil Science*, Toronto, v.68, p.715-22, 1988.

RHOADES, J.D.; RAATS, P.A.C.; PRATHER, R.J. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 40:651-655. NA. 1976.

SERRANO, J.M.; PEÇA, J.P.; SILVA, J. R.; SHAHIDIAN, S. medição e mapeamento da condutividade eléctrica aparente do solo em pastagens. **Revista de ciências agrárias**, Évora, v.10, n.3, p.1-10, 2010

WARRICK, A. W.; MYERS, D.E.; NIELSEN, D.R. Geostatistical method applied o soil Science. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis*. 2 ed. Madison: **Society of Agronomy/ Soil Science of America**. v. 9. 1986. p. 53-82.

SATURAÇÃO DE BASES DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM ARROZ EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

GUILHERME C. OLIVEIRA¹; RENAN F. R. TAVANTI²; VINÍCIUS MARCHIORO¹; ONÁ DA S. FREDDI³; MATHEUS B. SOARES²

¹ Estudante, discente do curso de Agronomia, UFMT, Sinop-MT, guilhermecamargo.oliveira@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Programa de pós graduação em Agronomia, UFMT, Sinop-MT.

³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A cultura do arroz de terras altas ainda não está consolidada nos sistemas de produção agrícola do estado de Mato Grosso. Esta cultura tem sido utilizada apenas como alternativa na recuperação e renovação de pastagens ou como componente de sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA). Pouco se sabe da influência dos atributos químicos do solo e sua correlação com a produtividade da cultura do arroz em SIPA. Com isso, faz-se necessário o mapeamento destes atributos para o manejo adequado da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial e a correlação dos atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo com a produtividade de grãos do arroz de terras altas em semeadura direta sob diferentes culturas de cobertura, após sete anos de integração lavoura-pecuária. O estudo foi realizado na Unidade de Referência Tecnológica (URT) da EMBRAPA Agrossilvipastoral, implantada na fazenda Dona Isabina, município de Santa Carmem (MT), para estudos específicos em integração lavoura-pecuária (ILP). Foi instalada uma malha retangular com 100 pontos distribuídos numa área de 26400 m², nos quais se determinou a produtividade de grãos do arroz (PG) e a saturação por bases (V%). Por meio do semivariograma cruzado observou-se correlação direta da PG com V% demonstrando aumento da produtividade em locais com elevada saturação por bases.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa*, integração lavoura-pecuária, rotação de culturas.

BASE SATURATION OF AN OXISOL CULTIVATED WITH RICE IN CROP-LIVESTOCK SYSTEMS

ABSTRACT: The culture of upland rice is not yet consolidated in the agricultural production systems of the Mato Grosso state, Brazil. This culture has been used only as an alternative in the recovery and renewal of pastures or as integrated systems component of agricultural production (SIPA). Little is known of the influence of soil chemical properties and its correlation with the rice crop productivity in SIPA. Thus, it is necessary to map these attributes for proper crop management. The objective of this study was to evaluate the spatial variability and the correlation of the chemical attributes of Oxisol with the productivity of upland rice grain-tillage under different cover crops, after seven years of crop-livestock integration. The study was conducted at the Technology Reference Unit (URT) EMBRAPA agrossilvipastoral, located on the farm Dona Isabina, municipality of Santa Carmen (MT), for specific studies on crop-livestock integration (ILP). a rectangular grid with 100 points distributed over an area of 26400 m², in which it was determined the productivity of rice grains (PG) and base saturation (V%) was installed. Through the cross semivariogram was observed direct correlation of PG with V% demonstrating increased productivity in areas with high saturation.

KEYWORDS: *Oryza sativa*, crop-livestock, crop rotation.

INTRODUÇÃO: A cultura do arroz (*Oryza sativa*) tem sido utilizada como alternativa de recuperação e renovação de pastagens ou por meio de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP). Segundo Carvalho et al. (2011), o consórcio de arroz com *Brachiaria brizantha*, ou mesmo outras plantas forrageiras, pode ser uma alternativa interessante e viável. A inserção do arroz como componente de sistemas agrícolas de sequeiro vem

ocorrendo de forma gradual, para a consolidação do cultivo do arroz, se faz necessário que passe a fazer parte da rotação de culturas em áreas antigas ou já estabelecidas, e não apenas do cultivo em áreas novas. Uma das limitações do potencial produtivo do arroz são as condições de fertilidade do solo, que foge do ideal, uma vez que o sistema de semeadura direta propicia alterações na variabilidade vertical e horizontal dos solos, devido às fertilizações em superfície e na linha de semeadura, principalmente para elementos de menor mobilidade (SCHLINDWEIN & ANGHINONI, 2000). Essa variabilidade também pode ocorrer em virtude da realização da calagem em superfície (RHEINHEIMER et al., 2000). Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da saturação por bases de um Latossolo Vermelho-Amarelo e sua correlação com a produtividade de grãos de arroz de terras altas em sistema de semeadura direta sob diferentes culturas de cobertura após sete anos de integração lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na Unidade de Referência Tecnológica (URT) da EMBRAPA Agrossilvipastoril, implantada na Fazenda Dona Isabina, localizada no município de Santa Carmem, norte do Estado de Mato Grosso, situado nas coordenadas geográficas de 12°03'58"S e 55°21'07"O, com 375 m de altitude, no ecótono Cerrado-Amazônia. O clima é do tipo tropical (Aw, segundo classificação de Köppen), com duas estações bem definidas. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa com valores de 342 g kg⁻¹ de areia, 123 g kg⁻¹ de silte e 535 g kg⁻¹ de argila. A área foi utilizada com o sistema de ILP por sete anos, sendo que nos últimos anos foi adotada a sequência de manejos constituída do cultivo de pastagem nas safras 2005/2006 e 2007/2008, seguido por safra de arroz e segunda safra de feijão comum (*Phaseolus vulgaris*). Em 2008/2009 foi cultivada soja precoce na primeira safra e consórcio de milho (*Zea mays*) e braquiária (*Brachiria ruziziensis*) na segunda safra. No ano agrícola 2010/2011 cultivou-se soja precoce na safra principal e em seguida repartiu-se a área em três faixas para implantação das seguintes culturas de cobertura, estabelecendo assim três tratamentos: T1: consórcio de feijão-caupi (*Vignaun guiculata*) e braquiária; T2: consórcio de crotalaria (*Crotalaria ochroleuca*) e braquiária e T3: consórcio de capim Sudão (*Sorghum sudanense*) e braquiária. Para coleta de dados, instalou-se uma malha retangular constituída de 7 linhas e 12 colunas, contendo 100 pontos amostrais, espaçados de 20 em 20 m em ambos os eixos, totalizando uma área de estudo de 26400 m². Coletaram-se amostras de estrutura deformada na camada de 0-0,10 m de profundidade por meio de um trado holandês para determinação dos teores de pH e saturação por bases (V%) conforme métodos descritos por Embrapa (1997). Procedeu-se à análise descritiva dos dados para estudo explanatório das variáveis e verificou-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilk (p<0,05). Por fim, realizou-se a análise geoestatística, a qual constituiu-se da modelagem dos semivariogramas e interpolação por krigagem ordinária para elaboração de mapas de contorno em intervalos equidistantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A produtividade média de grãos obtida para o arroz sequeiro foi de 1,7 Mg ha⁻¹, muito abaixo da média obtida para o estado de Mato Grosso, que foi de 2,8 Mg ha⁻¹ na safra de 2015/2016 (CONAB, 2016). Apesar da baixa produtividade, observa-se uma amplitude entre 0,70 e 3,12 Mg ha⁻¹, indicando a existência de locais com elevadas produtividades e locais com a necessidade de adequação das técnicas de manejo para atingir tal potencial. Para caracterização da fertilidade do solo, empregou-se os critérios estabelecidos por Sousa e Lobato et al. (2004). A saturação por bases (V%) apresentou média de 38,05, indicando a porcentagem de cargas do solo ocupadas por cátions básicos (TABELA 1).

TABELA 1. Análise descritiva da produtividade de grãos do arroz de terras altas e saturação por bases de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2016. **Descriptive analysis of the productivity rice grain highlands and base saturation of an Oxisol. Farm Dona Isabina, Santa Carmen-MT.**

Variáveis ¹	Medidas Estatísticas Descritivas									
	Valor				Dp ²	Coeficiente ³			Prob. ⁴	
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo		Var.(%)	Curtose	Ass.	Pr<w	Df
Pg	1,70	1,61	0,70	3,12	0,54	31,76	-0,68	0,29	0,07	N
V%	38,05	38,41	20,65	59,30	7,21	18,94	0,54	-0,21	0,12	N

¹Pg: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); V%: saturação por bases (%); ²Dp: Desvio Padrão; ³ Var: Coeficiente de variação; ⁴Prob: Referente ao teste de normalidade de Shapiro Wilk a 0,05 de probabilidade; Df: distribuição de frequências, sendo N do tipo normal.

Este teor é considerado baixo para o cultivo de culturas anuais, sendo ideal para o arroz V% entre 40-60%. Devido ao elevado coeficiente de variação de 18,95%, houve uma amplitude nos valores de V% entre 20,65 e 59,30%, indicando a existência de locais com condições de fertilidade inaptas ao desenvolvimento do arroz. O teste de Shapiro Wilk confirmou distribuição do tipo normal para Pg e V%, com coeficientes de curtose e assimetria próximos de 0 e proximidade de valores entre a média e a mediana. A análise geoestatística foi realizada com intuito de mapear a distribuição espacial da produtividade e do V%. Com isso observou-se elevada dependência espacial para os dois atributos com ADE acima de 75%, ajustando-se aos modelos esférico e gaussiano (TABELA 2).

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade de grãos do arroz de terras altas e saturação por bases de um Latossolo Vermelho-Amarelo. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT.
Semivariogram parameters adjusted for productivity rice grain highlands and base saturation of an Oxisol. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmen-MT.

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste										
	Modelo ²	C0	C0+C	Ao (m)	r ²	SQR ⁴	ADE ⁵		Validação cruzada		
							%	Classe	a	b	r
Pg	esf	0,00	0,27	25,40	0,15	0,02	99	AL	-0,02	0,99	0,45
V%	gau	8,80	54,78	28,23	0,56	331,00	83	AL	-0,52	1,00	0,46
Pg = f(V%)	gau	0,07	0,96	27,71	0,12	1,49	92	AL	0,96	0,41	0,47

¹Pg: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹), V%: saturação por bases (%); ²esf: modelo esférico, gau: modelo gaussiano; C0, C0+C e Ao são respectivamente: efeito pepita, patamar e alcance; ⁴SQR: soma dos quadrados dos resíduos. ⁵ADE: avaliador de dependência espacial, sendo AL: alta dependência.

O maior alcance foi observado para o atributo V% com 54,78 m, indicando maior continuidade de saturação de bases no espaço em relação à produtividade de grãos. Por meio da validação cruzada pode-se constatar a qualidade dos ajustes dos semivariogramas com coeficientes lineares (a) próximos de 0 e coeficientes angulares (b) acima de 0,90, referentes ao modelo linear entre os valores observados e estimados. A correlação espacial foi testada entre Pg versus V% pela formação do semivariograma cruzado. Com isso, verificou-se que a variabilidade espacial de Pg se correlacionou com a distribuição espacial da saturação por bases do solo. O semivariograma cruzado ajustou-se ao modelo gaussiano com elevada dependência espacial de 92% e alcance de 27,71 m. Na validação cruzada apresentou coeficiente angular de 0,25 e coeficiente linear de 4,31. Pelo mapa da Pg observa-se que os tratamentos T1 e T2 apresentaram manchas de produtividade entre 2,34 e 3,12 Mg ha⁻¹ correspondendo a 5,01 % do total da área. As classes de média e baixa produtividade corresponderam a 61,17 e 33,82 % da área, respectivamente, localizadas em maior proporção nos tratamentos T2 e T3.

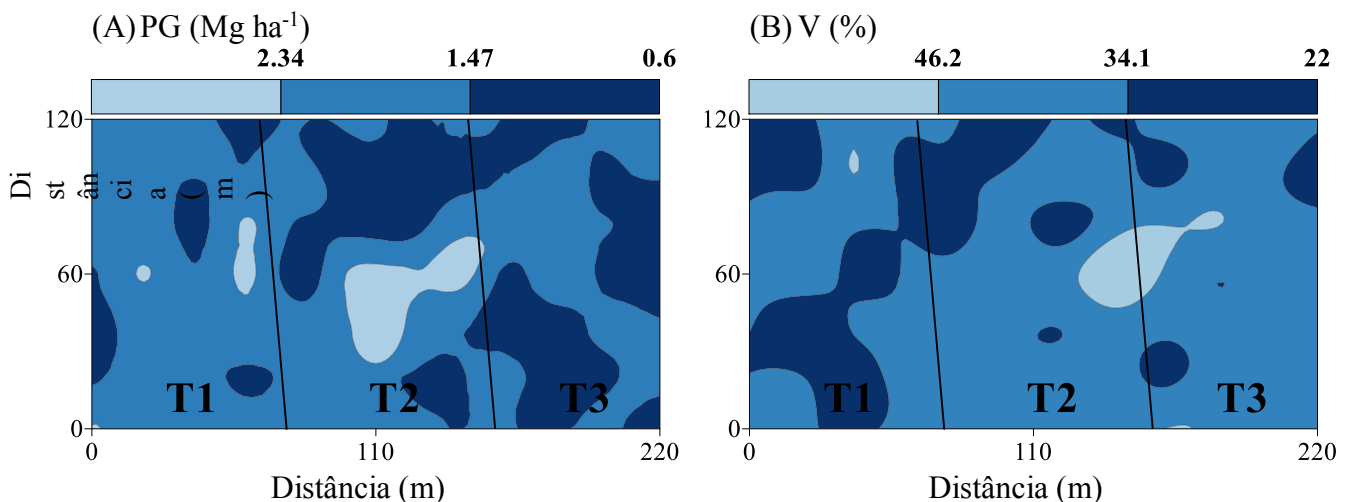


FIGURA 1. Mapas de Krigagem da produtividade de grãos de arroz (A) e saturação por bases de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (B). Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT.

Em relação à distribuição espacial do V% observa-se que 96,53% da área apresentou saturação por bases abaixo de 34%, sendo localizado em maior proporção no tratamento T1. Em contrapartida as classes representadas por intervalos de V% acima de 34,1% representaram 3,47% da área. Através da interpolação dos dados da Pg observada e da Pg estimada em função da saturação por bases do solo, foram obtidos 8107 grids com dimensão de 4 m², também conhecidos como “blockkriging”, estes dados foram submetidos à uma análise de regressão linear simples visando testar o grau de relacionamento e a correlação entre as variáveis (FIGURA 2). Os coeficientes obtidos na função foram significativos a 0,01 de probabilidade.

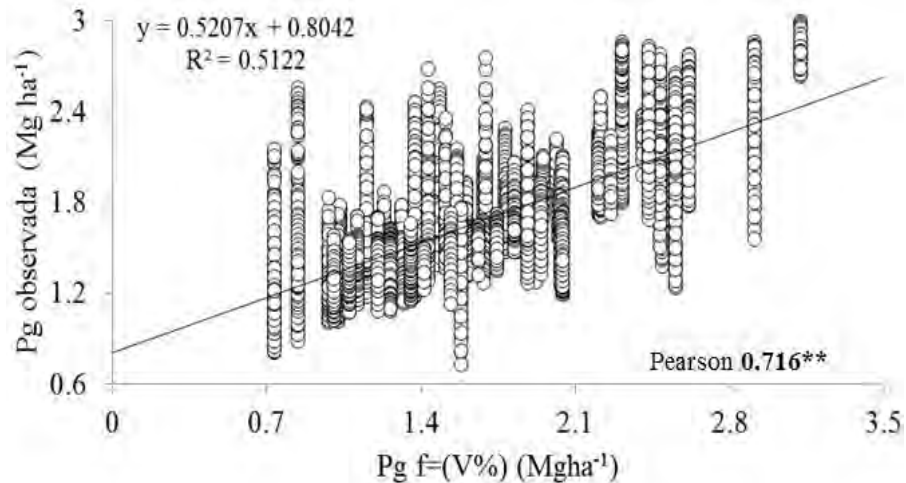


FIGURA 2. Regressão linear entre a produtividade de grãos de arroz observada e produtividade de grãos de arroz estimada em função da saturação por bases do solo pelo semivariograma cruzado. **Linear regression between the productivity of rice grains observed and productivity estimated rice grains due to the saturation of soil bases by crossed semivariogram.**

Por meio do coeficiente de Pearson observou-se forte correlação entre as variáveis com $R = 0,0716^{**}$. Em relação à regressão linear simples pode-se observar que a variação da Pg observada pode ser explicada em 51,2 % pela Pg estimada pela saturação por bases do solo. As técnicas de análise geoestatística associadas à regressão linear simples permitiram mapear e interpretar a produtividade de grãos e sua correlação com a fertilidade do solo, evidenciando a importância da agricultura de precisão no manejo das propriedades agrícolas do norte do estado de Mato Grosso.

CONCLUSÃO: A distribuição espacial da produtividade de grãos se correlacionou de forma direta com a saturação de bases do solo. A produtividade de grãos estimada pela saturação por bases foi correlacionada fortemente com a produtividade observada demonstrando por meio dos mapas de krigagem que têm potencial para ser usado como uma ferramenta na definição de áreas homogêneas de manejo.

REFERÊNCIAS: CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M; NOETZOLD, R; ROBOREDO, D. Desenvolvimento vegetativo de plantas e qualidade fisiológica de sementes de arroz produzidas em áreas de recuperação de pastagem. **Revista brasileira de sementes**, v. 31, n. 4, p. 09-16, 2011.
 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, decimo levantamento**, Julho 2016. Brasília, 2016.
 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997.
 RHEINHEIMER, D. S., SANTOS, E. J. S., BORTOLUZZI, E. C., GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 797-805, 2000.
 SCHLINDWEIN, J. A., ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 85-91, 2000.
 SOUSA, D. D., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

RELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO MPRI E NDVI: A POSSIBILIDADE DO USO DE CÂMERAS SEM INFRAVERMELHO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

MAYKLYNS M. DE A. LINHARES¹, BRENO A. DA S. AMARAL², NARA C. C. ROCHA³,
LEONARDO G. CÂNDIDO⁴

¹ M.e em Geografia, Analista de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO, Fone: (XX62) 35151115, mayklyns.linhares@unigeo.com.br

² Tec^o em Geoprocessamento, Gestor de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

³ Esp.^a em Geoprocessamento, Diretora de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

⁴ Eng.^o Agrônomo, Diretor de Engenharias, UNIGEO, Goiânia – GO.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: O presente artigo tem por intuito validar o uso de câmeras de pequeno formado, sem a capacidade de adquirir informações em infravermelho, para o uso embarcado em VANT aplicados à agricultura. Os VANT representam uma ferramenta de grande potencial para Agricultura de Precisão e o baixo custo em relação à aerofotogrametria é um dos principais atrativos, contudo, câmeras com capacidade de adquirir informações em infravermelho ainda possuem custo elevado, dependendo da finalidade. Realizando um voo com uma câmera multiespectral de 6 bandas na região do: azul, verde, vermelho e infravermelho, foram comparados o NDVI e o MPRI, que pode ser um índice alternativo ante a ausência de informações da região do infravermelho. Os resultados mostram que tais índices se correlacionam e que o MPRI pode ser utilizado para análises da cobertura vegetal, em substituição ao NDVI.

PALAVRAS-CHAVE: VANT, Correlação de índices espectrais, Cobertura vegetal.

RELATIONSHIP BETWEEN MPRI AND NDVI VEGETATION INDEXES: THE POSSIBILITY TO USE CAMERAS WITHOUT INFRARED ON PRECISION AGRICULTURE

ABSTRACT: This article is intended to validate the use of small cameras without the ability to acquire information in infrared for use boarded in UAV applied in agriculture. The UAV is a potential tool for precision agriculture and the low cost in relation to conventional photogrammetry is a great attraction to users however cameras with ability to acquire infrared information are still expensive depending on the application. Performing a flight with a multispectral camera of 6 bands in the range of blue, green, red and infrared were compared the NDVI and MPRI which can be an alternative index to the absence of information of the infrared region. The results show that the indexes are correlated and the MPRI can be used for analysis of vegetation cover replacing the NDVI.

KEYWORDS: UAV, Spectral indexes correlation, Vegetation cover.

INTRODUÇÃO: Os Índices de Vegetação são populares nos esforços para modelar e compreender a cobertura vegetal. Na agricultura o mais usual é o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) que é amplamente utilizado para análises de variação no desenvolvimento vegetativo de áreas agrícolas. O NDVI está presente também em sensores que objetivam diagnosticar a condição nutricional de algumas culturas, como o Greenseeker e o Crop Circle. O NDVI é então referência para aplicação do Sensoriamento Remoto na agricultura. Os VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) trouxeram para Agricultura de Precisão mais um método de monitoramento: perspectiva aérea (vista ortogonal) com alta resolução espacial (um *pixel* na imagem pode representar menos de 10 cm² no solo). Esse tipo de monitoramento também poderia ser realizado pela aerofotogrametria com aeronaves tripuladas, todavia, o atrativo do VANT é o baixo custo, que em parte diz respeito aos sistemas sensores, conforme visto em Mitishita et al. (2014). Para uso do NDVI por intermédio dos

VANT é necessário o investimento em sensores que captam informações na região espectral do infravermelho, já que este índice é calculado a partir das informações da região do vermelho e infravermelho do espectro eletromagnético. A adição de um sensor que capta informações na região do infravermelho implica no aumento do valor final de todo o sistema que engloba o VANT. Geralmente esse acréscimo não chega ao ponto de tornar a aerofotogrametria de aeronaves tripuladas compensatória para aplicação em agricultura, mas, mesmo assim, é considerável diante de determinadas aplicações. Como solução existe a possibilidade do uso de câmeras de pequeno formato atualmente limitadas a captar informações do visível (regiões espectrais do azul, verde e vermelho), adotando para as análises, outro Índice de Vegetação, o MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*). Alguns pesquisadores têm utilizado essa alternativa e obtido sucesso em seus estudos (LINHARES, 2014; ALVES JÚNIOR, 2015). Contribuindo com o tema, o presente artigo compara o NDVI ao MPRI com o objetivo de validar a possibilidade do uso das câmeras não dotadas da capacidade de obter informação em infravermelho na Agricultura de Precisão.

MATERIAL E MÉTODOS: Para comparação dos Índices de Vegetação MPRI e NDVI foi realizado um voo com a câmera multiespectral Mini MCA (Tetracam Inc.®), sobre uma área de 7 hectares, com cobertura vegetal de soja e vegetação nativa. A câmera em questão possui 6 bandas espectrais: azul (460 a 480 nm), verde (540 a 560 nm), vermelho (650 a 670 nm), *rededge* (670 a 700 nm), infravermelho próximo 1 (700 a 720 nm) e infravermelho próximo 2 (800 a 820 nm). O voo foi realizado com uma aeronave tripulada modelo Sertanejo. Da imagem resultante do ortomosaico gerado a partir das fotografias obtidas no voo, as bandas espectrais do verde e vermelho foram utilizadas para o cálculo do MPRI, conforme Equação 1 proposta por Yang, Willes e Mueller (2008). Já o NDVI foi calculado com as bandas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, conforme Equação 2 proposta por Rouse et al. (1973). Foram distribuídos 200 pontos sobre a área imageada, levando em consideração as feições planimétricas e a observação visual para classificar os mesmos em soja (100) e vegetação nativa (100) (Figura 1-A). Os mesmos serviram de base para a comparação entre os índices, que visou principalmente: a) medir a correlação existente para a cobertura de soja; b) medir a correlação existente para a cobertura de vegetação nativa; e c) medir a correlação existente para a cobertura vegetal no todo. Para além, foi observada também a dinâmica da variação dos índices, o que se deu por meio de um transecto de 250 m (Figura 1-B), e a coerência na evidenciação das manchas (por interpretação visual). A correlação foi calculada com base em um modelo linear de regressão, partindo do pressuposto que o comportamento do MPRI apresenta relação direta com o NDVI.

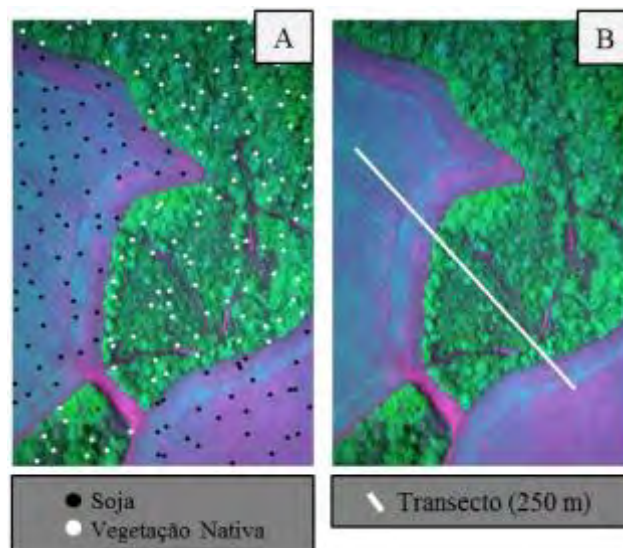


FIGURA 1. Composição colorida falsa cor R(650-670 nm), G(700-720 nm) e B(540-560 nm) da imagem obtida em voo com a câmera Mini MCA. (A) Pontos que serviram de base para medir a correlação. (B) Transecto para observação da dinâmica de comportamento. **Color composition false-color: R(650-670 nm), G(700-720 nm) and B(540-560 nm) for image obtained in flight with the Mini camera MCA. (A) Points that were the basis for measuring the correlation. (B) Transect for observation of the dynamics of behavior.**

$$\text{MPRI} = \frac{G - R}{G + R} \quad (1)$$

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR} - R}{\text{IR} + R} \quad (2)$$

em que,

G – é a banda espectral do verde (540-560 nm);

R – é a banda espectral do vermelho (650-670 nm); e

IR – é a banda espectral do infravermelho próximo (700-720 nm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As análises de comparação entre os índices MPRI e NDVI (Figura 2-A) mostram que os mesmos se comportaram de forma muito semelhante no que diz respeito à variação apresentada pela vegetação ao longo do espaço, principalmente quando relativo à cobertura de soja. Visualmente se observa que as mesmas diferenças de vigor (manchas) poderiam ser discriminadas tanto no NDVI quanto no MPRI, o que pode ser observado com mais detalhe quando adotado um contraste do tipo *equalize*, que realiza uma distribuição igual dos *pixels* e permite a evidenciação de variações (Figura 2-B). As correlações medidas comprovam a semelhança de comportamento dos índices: considerando a cobertura vegetal no todo, o coeficiente R é igual a 0,94. Ao considerar a separação das coberturas soja e vegetação nativa, a primeira tem maior coeficiente de correlação (R = 0,99) em relação à segunda (R = 0,90). O fato de que a vegetação nativa apresentou menor correlação entre os índices, quando comparada à soja, pode ter ligação com o tipo do dossel, que no caso é muito irregular, dada à variação de espécies e suas características, propiciando, por exemplo, a presença e influência de sombras. Ao contrário, a soja tem um dossel de textura mais uniforme. A Figura 3 mostra os gráficos de dispersão da comparação entre MPRI e NDVI para a cobertura vegetal no todo (Figura 3-A), para a soja (Figura 3-B) e para a vegetação nativa (Figura 3-C). A dinâmica comportamental observada ao longo do transecto (Figura 4) também reforça a semelhança dos índices e o fato de que na cobertura de soja houve maior correlação. Tais resultados vão de encontro ao trabalho de Linhares, Rocha e Amaral (2013), que mostram que há correlação entre esses mesmos índices quando calculados para imagens de satélite.

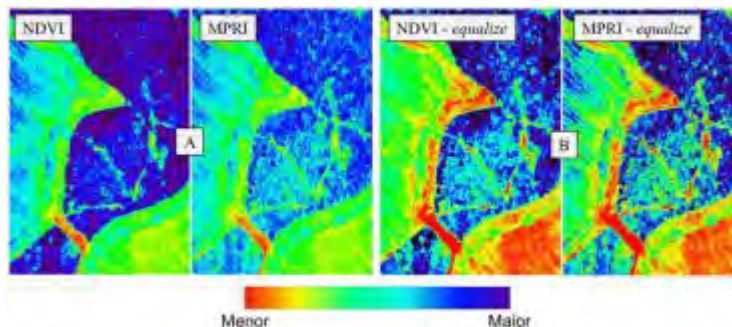


FIGURA 2. (A) Índices de Vegetação NDVI e MPRI com contraste linear e (B) com contraste *equalize*. (A) NDVI and MPRI vegetation indexes with linear contrast and (B) with contrast *equalize*.

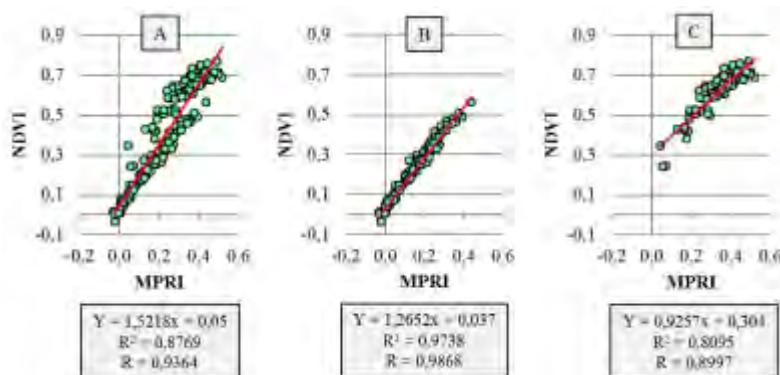


FIGURA 3. (A) Dispersão entre o NDVI e o MPRI para vegetação como um todo, (B) para a soja e (C) para a vegetação nativa. (A) Dispersal graphic between NDVI and MPRI to vegetation as a whole. (B) Soybeans. (C) Native vegetation.

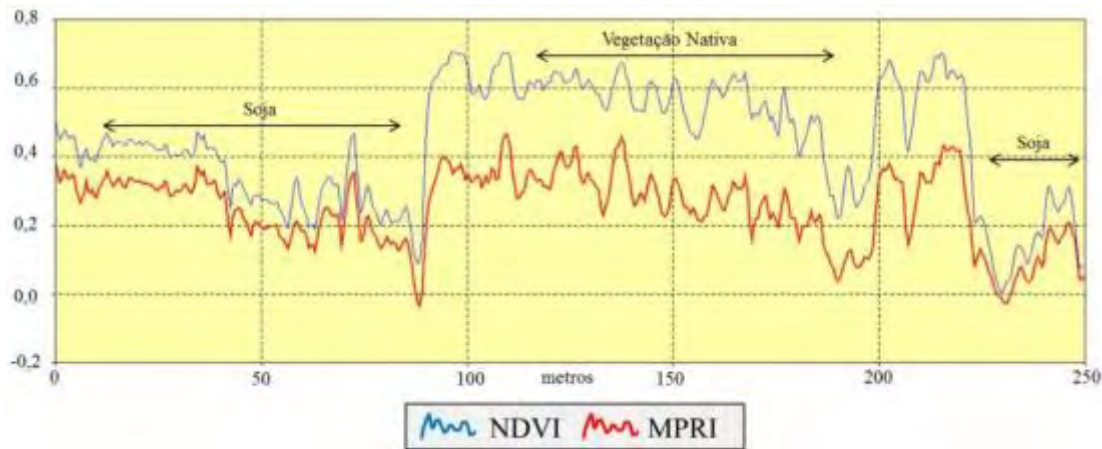


FIGURA 4. Comportamento dos índices MPRI e NDVI ao longo do transecto. **Behavior of MPRI and NDVI index along transect.**

CONCLUSÃO: As correlações apresentadas entre os índices; para a cobertura vegetal no todo ($R = 0,94$), para a soja ($R = 0,99$) e para a vegetação nativa ($R = 0,90$), a dinâmica observada ao longo do transecto e as variações observadas na interpretação visual, demonstram que o MPRI pode ser utilizado como fonte de observação das variações de vigor da cobertura vegetal tal qual o NDVI. Levando-se em consideração os resultados que nesse estudo foram obtidos e partindo do pressuposto de apenas identificar os locais de menor ou maior desenvolvimento vegetal, pode se concluir que: a necessidade do uso de câmeras com canais ou mesmo adaptações de filtros para o infravermelho é relativa, sendo as câmeras de pequeno formato, com imagens restritas à região espectral do visível, também eficiente para prover um Índice de Vegetação de qualidade satisfatória para a análise da cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS:

ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás.** 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.

LINHARES, M. M. A. et al. VANT's aplicados ao monitoramento da evolução vegetativa de culturas agrícolas. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2014, São Pedro, SP **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2014. Disponível em: < <http://goo.gl/pnkMZV>> Acesso em: 30 Jun. 2016.

LINHARES, M. M. A.; ROCHA, N. C. C.; AMARAL, B. A. S. Análise do índice MPRI como indicador vegetativo através da correlação do mesmo com o índice NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: < <http://goo.gl/wU72vE>> Acesso em: 30 Jun. 2016.

MITISHITA et al. O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) em aplicações de mapeamento aerofotogramétrico. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 26., 2014, Gramado, RS **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2014. Disponível em: < <http://goo.gl/n4gkHd>> Acesso em: 30 Jun. 2016.

ROUSE, J.W. et al. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.** In: ERTS Symposium, **Anais...** NASA. 1973, p. 309-317.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy. In: Pecora - The Future of Land Imaging Going Operational, 17., 2008, Denver/Colorado, USA. **Anais...** Maryland: ASPRS, 2008. Disponível em: < <http://goo.gl/Wk57US>>. Acesso em: 30 Jun. 2016.

O EVI2 E O DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM SOLO ARGISOLO E ARENOSO: UM ESTUDO SOBRE O SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO AGRÍCOLA

MAYKLYNS M. DE A. LINHARES¹, ALISANDRA DE S. SILVA², JOSÉ E. FERNANDES³, NARA C. C. ROCHA⁴, LEONARDO G. CÂNDIDO⁵

¹ M.e em Geografia, Analista de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO, Fone: (XX62)35151115, mayklyns.linhares@unigeo.com.br

² Geógrafa, Analista de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

³ Tecg^o em Geoprocessamento, Consultor de Geotecnologias, Goiânia – GO.

⁴ Esp.^a em Geoprocessamento, Diretora de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

⁵ Eng.^o Agrônomo, Diretor de Engenharias, UNIGEO, Goiânia – GO.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta de monitoramento muito utilizada na Agricultura de Precisão para verificar as variações de biomassa e vigor vegetal, usualmente uma vez ao longo do ciclo. As séries temporais de imagens podem auxiliar muito na detecção de problemas, principalmente aqueles considerados crônicos ou recorrentes, como a variação de desenvolvimento relacionada à física do solo. Este trabalho objetivou reafirmar o potencial do Sensoriamento Remoto na Agricultura de Precisão, demonstrando como uma série temporal do Índice de Vegetação EVI2 pode contribuir para o acompanhamento e diagnóstico do desbalanceamento da textura do solo. Para tal utilizou-se do portal *Series View* do INPE na montagem de uma série temporal de 10 anos que foi a base para a análise dos picos vegetativos safra a safra e a definição de quando estes foram alcançados, levando em consideração as áreas argilosas, médias e arenosas, dentro de um mesmo talhão. Como resultado do monitoramento realizado com base na série temporal foi possível observar de forma satisfatória a dinâmica de tais áreas e também os efeitos do tratamento adotado para o problema, de forma que o objetivo central foi alcançado.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Vegetação, Física do solo, Manejo adequado.

THE EVI2 AND DEVELOPMENT OF SOYBEAN IN CLAY SOIL AND SANDY: A STUDY ABOUT REMOTE SENSING APPLIED TO AGRICULTURAL MONITORING

ABSTRACT: Remote sensing is a monitoring tool widely used in precision agriculture to check variations of biomass and plant vigor but usually this is done once over the cycle. The time series of images can assist in the detection of anomalies in the agricultural block especially problems chronic or recurrent for example the variation on development by soil physics. This work aimed to reaffirm the potential of Remote Sensing in Precision Agriculture demonstrating how a time series of Vegetation Index EVI2 can contribute to the monitoring and diagnosis of the imbalance of soil texture. We used the INPE's website *Series View* to assembly of a time series of 10 years that was base to analyzed the vegetative peaks along the years and when were achieved taking into account areas classified by: medium-sized, sandy, clay. As result of this monitoring by time series was possible follow satisfactorily the dynamics of the analyzed areas and also of the effects of the treatment adopted for the problem so the central objective was achieved.

KEYWORDS: Vegetation Index, Soil physics, Proper management.

INTRODUÇÃO: O Sensoriamento Remoto é possivelmente uma das ferramentas mais eficientes da atualidade no que diz respeito ao monitoramento contínuo da superfície terrestre (MENESES, 2012). Na Agricultura de Precisão o Sensoriamento Remoto tem sido muito aplicado e o uso mais comum é a investigação das variações de biomassa e vigor vegetal por intermédio de um Índice de Vegetação, obtido em um dado momento do

desenvolvimento da planta (MAPA, 2013). Não obstante, o potencial do Sensoriamento Remoto é mais amplo, de forma que existe a possibilidade de se criar, por exemplo, séries temporais para observação da cultura ao longo de todo o seu ciclo. Tal prática, além de permitir a avaliação constante da biomassa e do vigor vegetal, viabiliza uma análise mais consistente de problemas crônicos e/ou recorrentes. Em tese, todo fator que influenciar a atividade fotossintética da planta, impedindo ou estimulando seu desenvolvimento, pode ser observado por meio do Sensoriamento Remoto e suas técnicas, quando constituído um sistema de monitoramento contínuo (LIU, 2006; PONZONI e SHIMABUKURO, 2010). Um exemplo dentre esses fatores é a composição física do solo, principalmente pela sua importância na interação planta e água. O fato da composição física do solo influenciar na disponibilidade de água para a planta e, portanto, na sua atividade fotossintética, implica que o Índice de Vegetação seja sensível a variações de textura (COUTO e SANS, 2002; PONZONI e SHIMABUKURO, 2010). Esse é um diagnóstico que dificilmente poderia ser conclusivo por uma única imagem de Índice de Vegetação, mas que seria acessível por meio das séries temporais. Assim sendo, esse trabalho busca demonstrar o uso do Sensoriamento Remoto na formação de séries temporais para o diagnóstico dos efeitos da variação argila-areia no desenvolvimento da soja, sendo o objetivo principal reafirmar o amplo potencial desta ferramenta na Agricultura de Precisão, principalmente quando adotadas as séries temporais.

MATERIAL E MÉTODOS: Esse trabalho foi conduzido em um talhão agrícola de 248,38 hectares, localizado no município de Rio Verde, GO. A área é trabalhada com o plantio de soja desde a safra 2003/04 e conforme identificado na safra 2009/10, com a inserção da Agricultura de Precisão, a mesma sofre com o desbalanceamento na física do solo, variando de 8 a 64% o percentual de argila sobre areia. Para observar os efeitos desse desbalanceamento foi elaborada uma série temporal com leituras do Índice de Vegetação EVI2, proposto por Jiang et al. (2008) (Equação 1), inerente ao sensor MODIS que está a bordo do satélite TERRA. Essa série levou em consideração as safras de 2003 a 2013 (10 anos). Os dados de EVI2 foram obtidos junto a plataforma *Series View* <<https://www.dsr.inpe.br/laf/series/>>, pertencente ao Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (FREITAS et al., 2011). Utilizando o mapa de textura do solo, a grade de *pixels* MODIS (amostras em que foram obtidos os valores do EVI2) foi classificada em: *pixels* relativos à textura argilosa; média; e arenosa. Em seguida, para cada classe estabelecida e safra-a-safra, foram observados o pico vegetativo (maior valor de EVI2 encontrado ao longo da safra) e o tempo em dias para o seu alcance (diferença aproximada entre a data de plantio e a leitura do EVI2 em que ocorreu o pico vegetativo). Para a observação visual da espacialização do EVI2 foi realizada também, a interpolação dos valores do mesmo em cada data de leitura que compõe a série temporal, sendo que nesse procedimento foi adotado o interpolador Mínima Curvatura. Em virtude da baixa resolução espacial do MODIS, ressalta-se que nas análises e na interpolação foram consideradas apenas leituras cujos *pixels* estivessem com 60% de sua área dentro do talhão, minimizando assim as influências externas.

$$EVI2 = 2,5 * ((Nir - Red) / (Nir + 2,4 * Red + 1)) \quad (1)$$

em que,

Nir – valor referente à banda do infravermelho próximo;

Red – valor referente à banda do vermelho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Visualmente a relação entre os altos e baixos valores do EVI2 e as variações na textura do solo é perceptível (Figura 1), o que é um forte indicativo de diferença no desenvolvimento da soja em termos de biomassa e vigor vegetal, de acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2010). Por meio da análise dos picos vegetativos alcançados em cada safra é possível observar que as áreas do talhão classificadas como arenosas, realmente apresentam um desenvolvimento inferior às argilosas, uma vez que sempre estiveram abaixo nos valores do Índice de Vegetação EVI2. A relação da textura com o vigor vegetal, para o caso desse talhão, fica ainda mais evidente ao observar que as áreas classificadas como textura média estão associadas aos valores médios de EVI2 e as argilosas aos valores altos (Figura 2). Isso pode ser explicado pelo fato de que há relação dos aspectos nutricionais e a produtividade com a textura do solo, conforme Santos et al. (2008). Além de um desenvolvimento inferior, é provável que as áreas arenosas sofram com o retardo em seu desenvolvimento. Na análise do alcance do pico vegetativo observou-se que as áreas arenosas, por exceção das safras 2009/10 e 2012/13, sempre alcançaram seu ápice após as áreas de textura argilosa (Figura 3). Nas safras 2009/10 e 2012/13

a área sofreu com a baixa incidência de chuvas. Esse fato permite a hipótese de que as áreas arenosas tenham alcançado seu pico vegetativo antes das demais áreas em função de sua baixa resistência à escassez de água, o que sugere uma interrupção de seu crescimento e não um desenvolvimento mais rápido. Outra consideração interessante sobre os resultados obtidos diz respeito à atuação da Agricultura de Precisão. Na safra 2009/10, como já mencionado, com o início dos trabalhos com Agricultura de Precisão, o problema com a textura do solo foi diagnosticado e espacializado. Desde então o talhão passou a ser trabalhado com manejo diferenciado para a área arenosa: a aplicação de nutrientes passou a ser fracionada ao longo do ciclo da cultura (de 2 a 3 aplicações). O resultado dessa ação foi uma aproximação em termos de vigor vegetal entre as áreas arenosas, médias e argilosas, o que pôde ser observado analisando os picos vegetativos (Figura 2). Esse fenômeno vai ao encontro à ideia de que: “O cultivo da soja em solos arenosos apresenta potencial produtivo equivalente ou até mesmo superior ao dos solos argilosos, desde que adotado manejo nutricional adequado” (SANTOS et al., 2008).

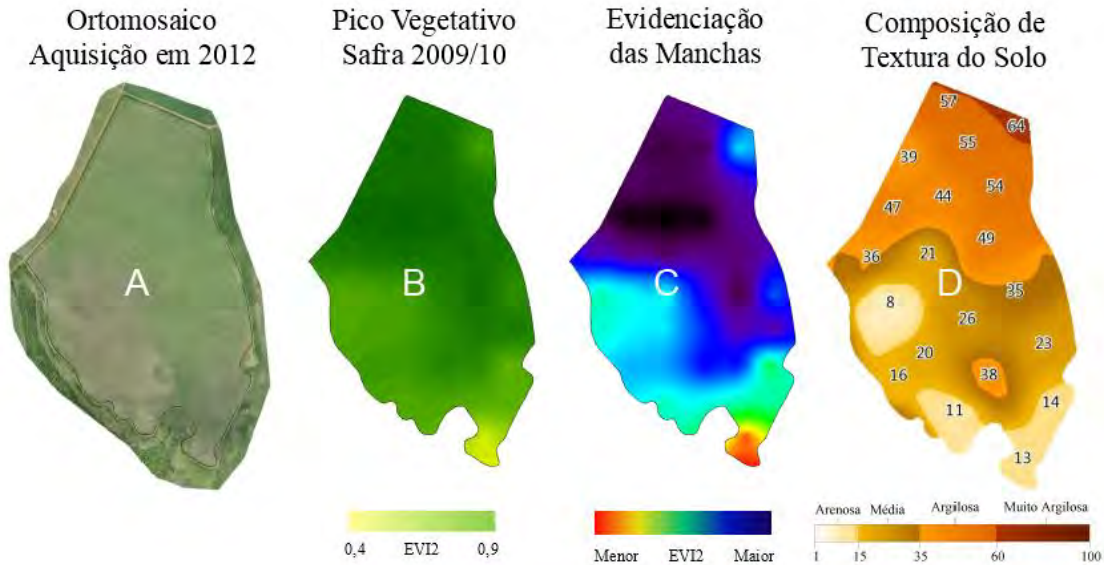


FIGURA 1. (A) Ortomosaico gerado com fotografias áreas obtidas em dezembro/2012. (B) Pico Vegetativo do EVI2, ou seja, maior valor encontrado, para safra 2009/10. (C) Evidenciação das variações (alto e baixo) do EVI2. (D) Espacialização da textura do solo, expressão em percentual de argila. (A) **Orthomosaic generated with aerial photographs obtained in December 2012.** (B) **EVI2 Vegetative Peak or EVI2 greater value found to 2009/10 crop.** (C) **Disclosure of EVI2 variations (high and low areas).** (D) **Spatialization of soil texture in percentage of clay.**

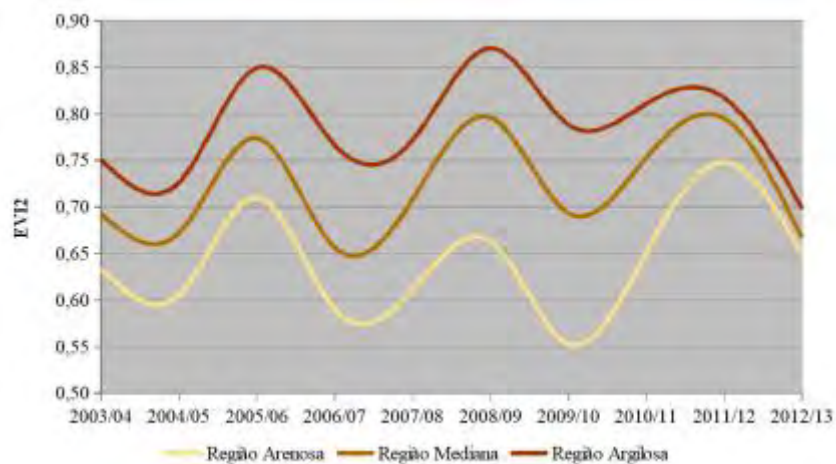


FIGURA 2. Gráfico da dinâmica de comportamento dos picos vegetativos entre as safras 2003/04 e 2012/13. **Graph of dynamic of behavior of peaks growing between 2003/04 and 2012/13.**

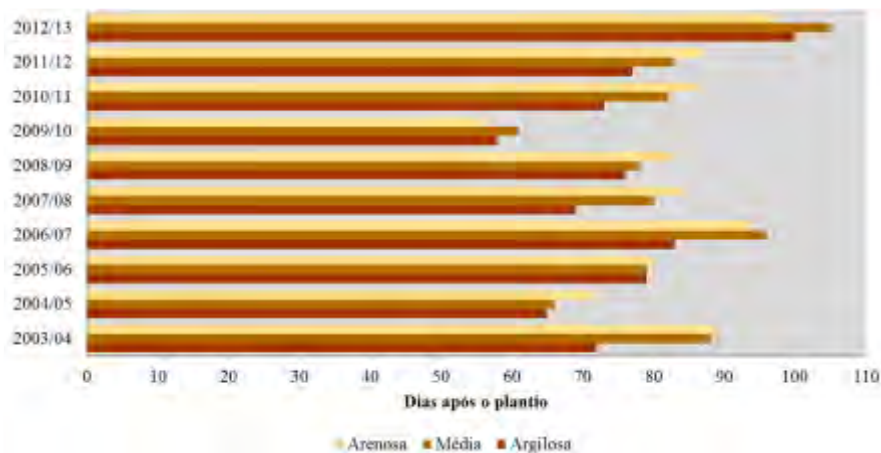


FIGURA 3. Gráfico do tempo para alcance do pico vegetativo pela soja. **Graph of the time to reach the peak growing for soybeans.**

CONCLUSÃO: Os resultados alcançados no presente estudo reafirmam a eficiência das séries temporais de Sensoriamento Remoto no auxílio à Agricultura de Precisão, atuando como uma ferramenta norteadora para o manejo diferenciado. Conclui-se aqui que por meio dos dados MODIS foi possível espacializar e acompanhar o desenvolvimento da soja, observando as diferenças ligadas às variações de textura no solo. Para além, foi possível observar também a efetividade da técnica de tratamento adotada para o manejo do talhão, reforçando os preceitos da Agricultura de Precisão.

REFERÊNCIAS:

- COUTO, L.; SANS, L. M. A. Características físico hídricas e disponibilidade de água no solo. **Circular Técnica**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2002. 8p. Disponível em < <https://goo.gl/i59jdx>> Acesso em: 01 Jul. 2016.
- FREITAS, R. M. et al. Virtual laboratory of remote sensing series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**, v. 2, p. 57-64, 2011. Disponível em: < <http://goo.gl/2h75Ux>> Acesso em: 01 Jul. 2016.
- JIANG, Z. et al. Development of a two-band Enhanced Vegetation Index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 10, p 3833-3845, 2008.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006, 908 p.
- MENESES, P. R. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012. p. 1-33. Disponível em: <<http://goo.gl/NXKtc>> Acesso em: 01 Jul. 2016.
- MINISTÉRIO DA PECÚARIA, AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, MAPA. **Agricultura de Precisão: Boletim Técnico**. Brasília: MAPA/ACS, 2013. 36 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2010, 136 p.
- SANTOS, F. C. et al. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de Cerrado com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 2015-2025, 2008. Disponível em: < <https://goo.gl/D3MFRL>> Acesso em: 01 Jul. 2016.
- YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy. In: Pecora - The Future of Land Imaging Going Operational, 17., 2008, Denver/Colorado, USA. **Anais...** Maryland: ASPRS, 2008. Disponível em: < <http://goo.gl/Wk57US> >. Acesso em: 30 Jun. 2016.

FOTOGRAFIAS OBTIDAS COM VANT COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DE PLANTIO

BRENO A. DA S. AMARAL¹, MAYKLYNS M. DE A. LINHARES², NARA C. C. ROCHA³,
LEONARDO G. CÂNDIDO⁴

¹ Tecg^o em Geoprocessamento, Gestor de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO, Fone: (XX62)35151115, breno.amaral@unigeo.com.br

² M.e em Geografia, Analista de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

³ Esp.^a em Geoprocessamento, Diretora de Geotecnologias, UNIGEO, Goiânia – GO.

⁴ Eng.^o Agrônomo, Diretor de Engenharias, UNIGEO, Goiânia – GO.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Esse estudo teve por objetivo apresentar os VANT como ferramenta de base em uma metodologia alternativa de análise do plantio, a qual visa o diagnóstico de falhas, seja para intervenção, quando possível, ou para fins de planejamento. O plantio é uma das principais etapas dentro do ciclo de uma cultura, exercendo influência direta no desenvolvimento vegetal e, portanto, na produção que será alcançada por determinada área. Os VANT detêm grande potencial para serem utilizados como ferramentas de monitoramento do plantio. As imagens que por eles podem ser obtidas apresentam resolução espacial suficiente para mensurar a distância existente entre uma planta e outra ou para contar as mesmas. Para demonstrar esse potencial, foi utilizado um Hexacóptero embarcado com uma câmera comum de pequeno formato para monitorar, por amostragem após a emergência, um talhão agrícola cuja cultura instalada era o milho (Safrinha). Com este estudo foi possível observar número de plantas na área amostrada e a distância média das mesmas. Foi possível ainda, com o auxílio de métodos estatísticos e informações do produtor, estimar a população por hectare e o percentual de perda em relação ao plantio realizado.

PALAVRAS-CHAVE: Fotointerpretação, Produtividade, Contagem de plantas.

PHOTOGRAPHS OBTAINED BY UAV AS TOOL FOR PLANTING ANALYSIS

ABSTRACT: This study aimed to present the UAV as base tool in an alternative methodology of planting analysis aiming the fault diagnosis for intervention when possible or for planning purposes. The planting is one of the main steps in the agriculture cycle because it influences on plant development therefore in the production that will be reached by certain area. The UAV have great potential to be used as monitoring tool for the planting. The images that can be obtained by UAV present an enough spatial resolution to measure the distance between a plant and another or to count each one. To demonstrate this potential was used a Hexacopter shipped with a small-format camera to monitor an agricultural field by sampling after the emergency in a farm whose culture installed was the corn (Off-season). In this study was possible to count the number of plants present in the sampled area and the average distance between the plants. It was possible to estimate the plants population per hectare too and the percentage of loss in relation to the plant population expected through the help of statistical methods and producer information.

KEYWORDS: Photo interpretation, Productivity, Count of plants.

INTRODUÇÃO: No ciclo de uma cultura agrícola a etapa de plantio é um dos pilares para o alcance de uma boa produtividade. A mesma exerce influência direta no sucesso ou no insucesso de uma lavoura, o que se dá em função de sua importância para o posterior desenvolvimento da cultura (CRUZ et al. 2010). Assim sendo, a análise do plantio é uma atividade fundamental para o produtor agrícola, seja este para planejamento estratégico e logístico pós-colheita, seja para intervenção e alteração do plantio, quando possível. Atualmente, para se fazer

a análise de plantio, são realizadas análises em campo de pequenas parcelas dentro dos talhões onde são contadas as plantas e medido a distância das mesmas. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) se destacam enquanto ferramentas aptas para auxiliar a execução deste tipo de análise (JORGE e INAMASU, 2014). Por intermédio dos VANT, imagens de alta resolução espacial (ortomosaicos ou as próprias fotografias – da ordem de 1 cm de resolução espacial ou menores) podem ser utilizadas para quantificar falhas e contar plantas de forma eficiente (com ganho de área analisada e com uma abordagem automática ou semiautomática). Com o presente trabalho objetiva-se demonstrar o uso de um VANT na realização da amostragem para análise e diagnóstico de falhas no plantio, bem como enfatizar a importância desse monitoramento para o controle de áreas agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS: Esse estudo foi conduzido em um talhão agrícola pertencente a uma propriedade localizada no município de Rio Verde, GO. O estudo aconteceu no período de Safrinha (cultura de milho) do ano de 2014. Seguiu-se como metodologia de base mensurar ao longo de algumas linhas de plantio o número de plantas e o distanciamento entre as mesmas, contudo, não foi definido um número específico de linhas, ou ainda uma metragem fixa para o comprimento das mesmas, tendo por intuito observar o potencial do VANT. Para a realização do aerolevante foram estabelecidos 3 pontos de amostragem, distribuídos dentro do talhão e com preferência para as bordaduras, devido algumas limitações de campo. Os sobrevoos foram realizados com uma aeronave do tipo Hexacóptero (modelo Spider), embarcada com uma câmera de pequeno formato (modelo Canon Power Shot S100). Os dados resultantes dos sobrevoos foram processados de forma a: (1) gerar ortomosaicos; (2) separar as plantas dos demais alvos; (3) contar as unidades de planta e traçar as linhas de plantio. O processo 1 foi realizado de maneira semiautomática no software Agisoft PhotoScan e os processos 2 e 3 foram realizados também de maneira semiautomática no software TNT Mips com o auxílio de algoritmos desenvolvidos internamente para estes propósitos. Por fim, utilizando informações do produtor, relativas à expectativa de unidade de plantas por hectare e do distanciamento entre as mesmas, e com o auxílio de métodos estatísticos, foi estimado o número de plantas por hectare que emergiram na área e o percentual de perda em relação ao esperado de acordo com o plantio realizado. Após a colheita, os dados de produtividade média da fazenda e o histórico da área analisada foram comparados à produtividade alcançada, no intuito de observar o reflexo de problemas possivelmente relacionados com as falhas de plantio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os voos realizados sobre os pontos preestabelecidos para amostragem resultaram em fotografias cuja qualidade foi suficiente para gerar ortomosaicos com 0,7 cm de resolução espacial (Figura 1): o que representa boas condições para a identificação das unidades de plantas e também para analisar as falhas no plantio (Figura 2). Considerando os três pontos amostrados, uma área de aproximadamente 4.300 m² (0,43 ha) foi analisada, totalizando 518 linhas de plantio e 16.769 plantas identificadas. Em média, as linhas de plantio alcançaram 16,69 m. Esse comprimento é superior aos que são encontrados na literatura para a análise de plantio em campo, que chegam a 5 m para a cultura do milho (PICHINIM, 2012). Considerando os 3 pontos amostrados, a distância média observada entre uma planta e outra foi de 41 cm, 10 cm abaixo do esperado pelo produtor segundo a equipe agrônômica do mesmo. A análise extrapolada para área do talhão como um todo estima a presença de 39.040 plantas por hectare, 39% a menos do que a expectativa do produtor: 64.000 plantas por hectare. Na ocasião desse estudo não foi adotada qualquer medida de intervenção visando sanar ou minimizar o problema das falhas de plantio observadas no talhão. O reflexo do problema pôde ser observado na quebra de rendimento do talhão em relação à sua média histórica de produtividade e em relação à fazenda no todo. Na Safrinha 2014 (período de realização desse estudo) a produtividade média da fazenda foi de 128 SC/ha, já o talhão analisado produziu 118 SC/ha, cerca de 8% a menos. Esse valor foi também a menor produtividade, em períodos de safrinha, para o talhão analisado desde o ano de 2009 (108 SC/ha). Se levados em consideração os 5 anos anteriores à 2014 (2009 – 108 SC/ha; 2010 – 145 SC/ha; 2011 – 138 SC/ha; 2012 – 128 SC/ha; 2013 – 131 SC/ha), a média histórica do talhão é de 130 SC/ha, ou seja, 9% a mais do que foi produzido em 2014 (Figura 3).

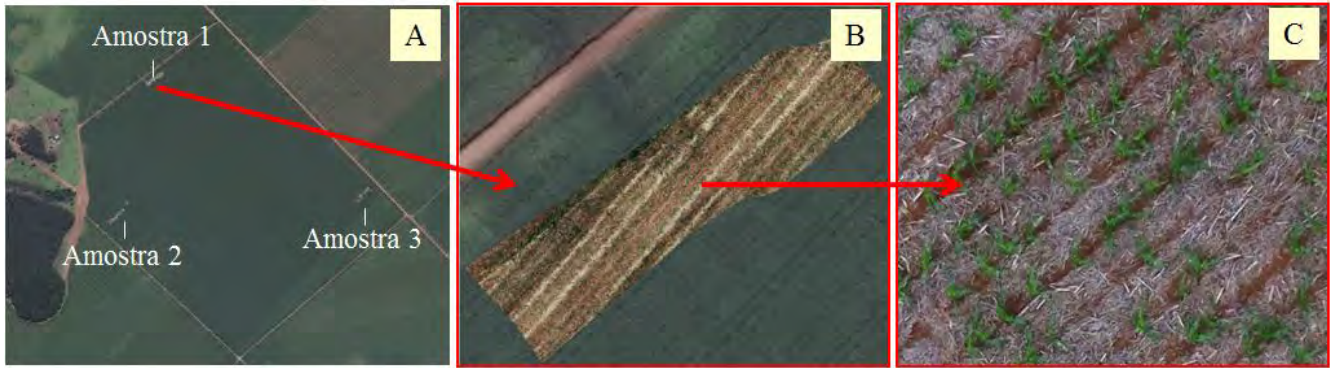


FIGURA 1. (A) Talhão analisado e os pontos/amostras do estudo; (B) Ortomosaico gerado com as fotografias obtidas pelo VANT; e (C) Zoom no ortomosaico. (A) **Agricultural field and the samples of this study**; (B) **Orthomosaic generated with photographs obtained by UAV**; and (C) **Zoom in the orthomosaic**.

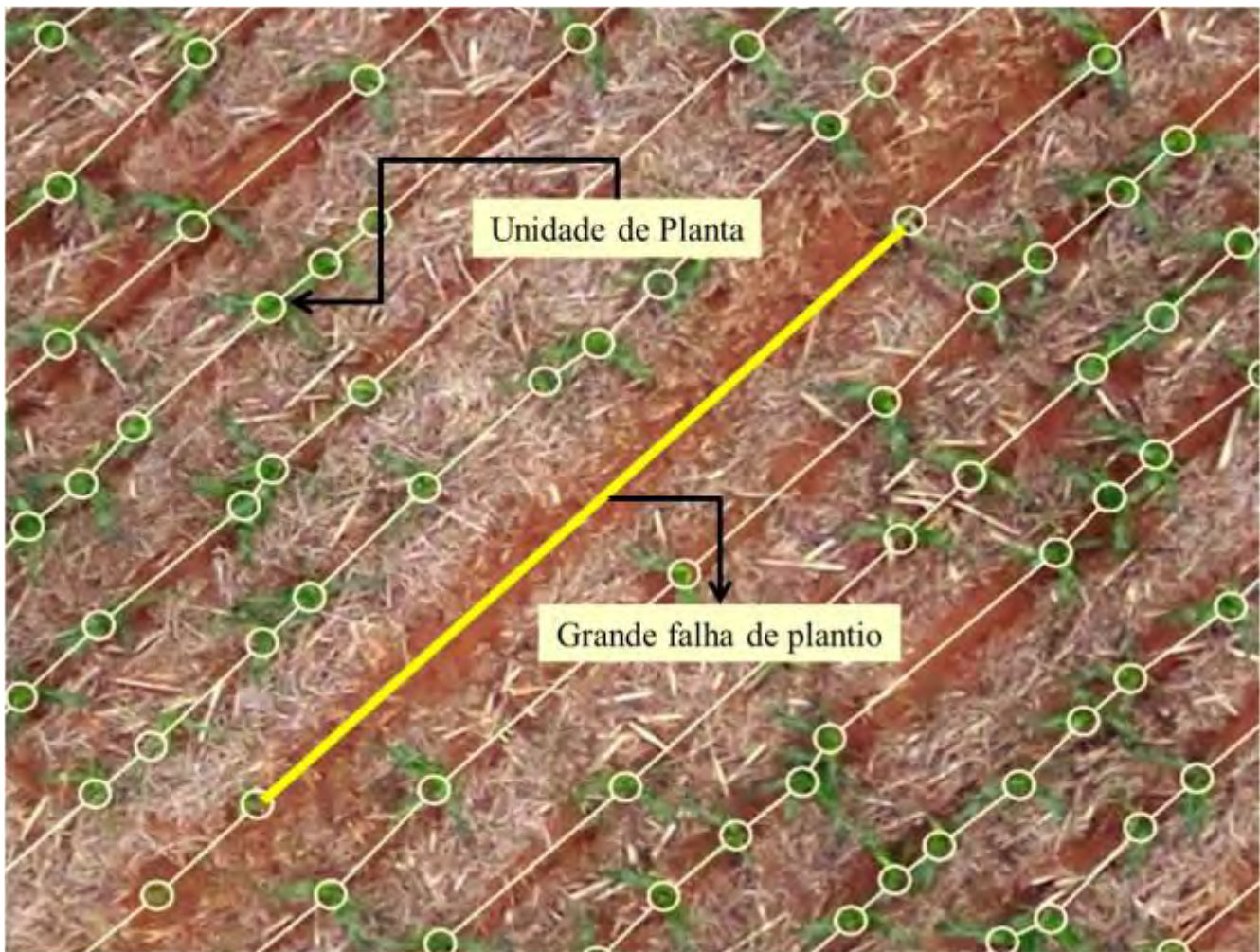


FIGURA 2. Exemplificação de uma falha de plantio observada no ortomosaico. **Example of planting failure observed in orthomosaic**.

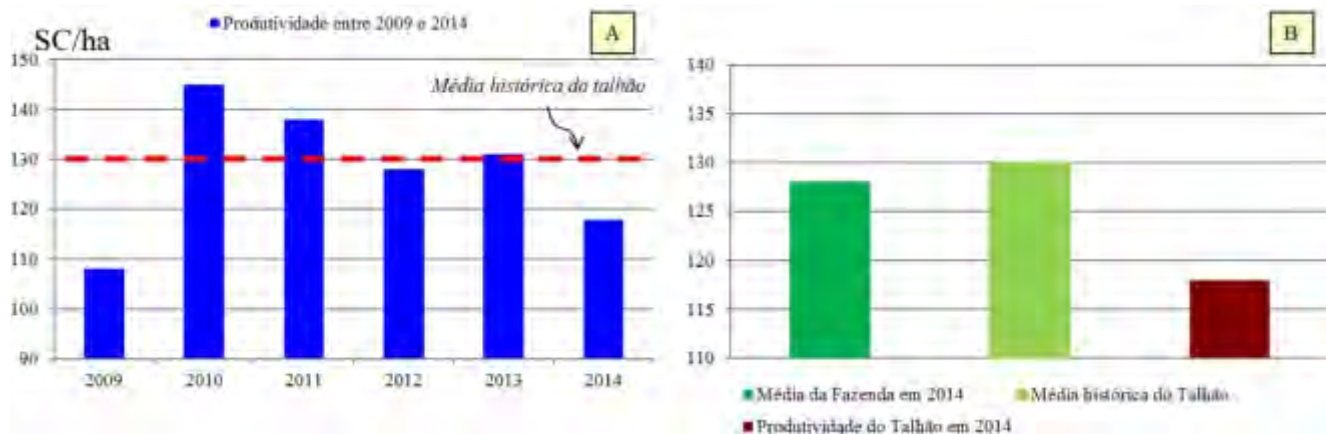


FIGURA 3. (A) Gráfico ilustrando o histórico de produtividade do talhão analisado; (B) gráfico ilustrando a comparação entre a média da fazenda (Safrinha 2014), a média histórica do talhão e a produtividade do talhão em 2014. (A) Chart illustrating the history of productivity of the analyzed field; (B) Graphic illustrating the comparison between the average productivity of the farm (2014 Off-season), the historical average of the analyzed field and the productivity of the analyzed field in 2014.

CONCLUSÃO: Os resultados obtidos nesse estudo confirmam o potencial dos VANT, em termos de qualidade de dados, para a realização de análises a respeito das falhas inerentes ao plantio. Com base nos mesmos, foi possível demonstrar que o VANT pode ser utilizado para melhorar o monitoramento do plantio por amostragem, potencializando as análises por meio de um aumento expressivo do número de linhas de plantios analisadas e suas dimensões. Ressalta-se que há um grande potencial para que a análise seja realizada para toda a área, levando em consideração um ortomosaico de todo o talhão, o que agregaria uma precisão considerável ao diagnóstico das falhas. Alguns estudos complementares podem ser desencadeados para investigar o motivo da falha de plantio (plantadeira, semente, solo compactado, etc.). Para além, esse estudo serve ainda para reafirmar a importância do monitoramento do plantio visto a quebra de rendimento observada na área analisada.

REFERÊNCIAS:

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão. In: BERNARDI et al. (Ed.). **Agricultura de Precisão: Resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. 596 p.

CRUZ, J. C. et al. Plantio. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Cultivo do Milho**. Brasília: Embrapa, 2010. 6 ed.

PICHINIM, N. R. M. A. **Qualidade de distribuição longitudinal de plantas de milho e sua produtividade – um estudo de caso**. 2012. 35 f. Monografia (Tecnologia em Mecanização em Agricultura de Precisão) – Centro Paula de Souza, Faculdade de Tecnologia “Shunji Nishimura” – FATEC, Pompéia, SP. 2012.

MÉTODOS DE AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO NA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO

ALAN GAVIOLI¹, EDUARDO G. DE SOUZA², CLAUDIO L. BAZZI³, NELSON M. BETZEK⁴, KELYN SCHENATTO⁵

¹ Doutorando em Eng. Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Professor do Depto. de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Medianeira – PR, Fone: (45) 3240-8000, alan@utfpr.edu.br.

² Doutor em Eng. Mecânica, Prof. do CCET/PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel – PR.

³ Doutor em Eng. Agrícola, Prof. do Depto. de Computação, UTFPR, Medianeira – PR.

⁴ Doutorando em Eng. Agrícola na UNIOESTE, Prof. do Depto. de Computação, UTFPR, Medianeira – PR.

⁵ Doutoranda em Eng. Agrícola na UNIOESTE, Prof. do Depto. de Computação, UTFPR, Santa Helena – PR.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Dentre os métodos mais aplicados para a geração de zonas de manejo (ZMs), estão os algoritmos de agrupamento Fuzzy C-means (FCM) e K-means. Tendo em vista a grande quantidade de algoritmos propostos para análise de agrupamento, o objetivo deste trabalho foi avaliar FCM, K-means e os métodos hierárquicos Average, Centroid, Complete, Hybrid Hierarchical Clustering, McQuitty, Median e Ward, na geração de ZMs. Os experimentos foram conduzidos com dados coletados entre 2012 e 2015 em uma área agrícola de 9,9 ha localizada no oeste do Paraná, pelo cultivo de soja e milho. A avaliação dos agrupamentos por meio da ANOVA mostrou que seis métodos hierárquicos possibilitaram identificar duas ZMs com potenciais de produtividade estatisticamente distintos. A maior redução de variância da produtividade por meio da definição de duas subáreas foi alcançada utilizando-se o algoritmo McQuitty. Foram notadas diferenças de formato e tamanho das ZMs em mapas temáticos correspondentes aos algoritmos. Concluiu-se que métodos hierárquicos podem proporcionar resultados melhores que os obtidos com FCM e K-means, dependendo das características da área.

PALAVRAS-CHAVE: clusterização, manejo localizado, unidades de manejo.

HIERARCHICAL CLUSTERING METHODS IN THE DEFINITION OF MANAGEMENT ZONES

ABSTRACT: The clustering algorithms Fuzzy C-means (FCM) and K-means are among the most applied methods for generating management zones (MZs). Given the large number of proposed algorithms for cluster analysis, the aim of this study was to evaluate FCM, K-means, and hierarchical methods Average, Centroid, Complete, Hybrid Hierarchical Clustering, McQuitty, Median, and Ward, in the generation of MZs. The experiments were conducted with data collected from 2012 to 2015 from an agricultural area of 9.9 ha, located in western Parana, with corn and soybean crops. The evaluation of the clusters by using ANOVA showed that six hierarchical methods allowed to identify two MZs with statistically different potential yields. The best variance reduction in yield values after defining two subareas was achieved using the McQuitty algorithm. Differences in the shape and the size of the MZs were observed in thematic maps corresponding to the algorithms. Therefore, hierarchical methods may provide better results than those obtained with FCM and K-means, depending on the characteristics of the field.

KEYWORDS: clustering, site-specific management, management units.

INTRODUÇÃO: A identificação e o gerenciamento de zonas de manejo (ZMs) dentro de uma área agrícola são atividades incluídas no conceito de gerenciamento localizado de culturas. Cada ZM é uma subárea considerada homogênea com base em determinadas variáveis (FRIDGEN et al., 2004). Os métodos mais aplicados para a geração de ZMs podem ser divididos em duas categorias: os empíricos e os de análise de agrupamento. Os métodos empíricos são fundamentados no uso de conhecimento especializado e distribuição da produtividade para dividir uma área em determinada quantidade de subáreas. Os métodos de análise de agrupamento são

responsáveis por agrupar elementos similares de um conjunto de dados de uma área em classes distintas, chamadas de grupos. Na prática, esses grupos são utilizados para definir as ZMs, que então podem ser delimitadas no campo (CÓRDOBA et al., 2016; LI et al., 2013). Os métodos de agrupamento são considerados mais complexos que os empíricos, porém possibilitam maior diferenciação entre classes por meio de critérios mais objetivos. Isto porque podem empregar diversas variáveis no processo de definição das subáreas (FRAISSE et al., 2001; LI et al., 2013). Apesar de existirem muitas opções de algoritmos de agrupamento descritos na literatura (FRIDGEN et al., 2004; XU; WUNSCH, 2009), dois têm sido mais utilizados em trabalhos relacionados à definição de ZMs: os algoritmos K-means (LINDE et al., 1980) e Fuzzy C-means (FCM) (BEZDEK, 1981). No entanto, trabalhos como os de Dobermann et al. (2003), Guastaferrero et al. (2010) e Tichý et al. (2014) mostraram que muitas vezes K-means e FCM não proporcionam o melhor agrupamento para a definição de ZMs. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar comparativamente K-means, FCM e sete métodos de agrupamento categorizados como hierárquicos para a definição de ZMs.

MATERIAL E MÉTODOS: Os experimentos foram realizados com dados coletados entre 2012 e 2015 de uma área agrícola comercial localizada no município de Serranópolis do Iguaçu, oeste do Paraná, onde o cultivo ocorre sob sistema de plantio direto com sequência de culturas soja e milho. Esta área agrícola possui 9,9 ha, sua localização geográfica central é 25°24'28" S e 54°00'17" O e a elevação média é de 355 m. O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (EMBRAPA, 2006). Foi definida uma grade amostral irregular com 42 pontos (4,24 pontos ha⁻¹) e para a definição das ZMs foram utilizadas as variáveis consideradas estáveis, seguindo recomendação de Doerge (2000) e Fridgen et al. (2004): areia, argila, declividade, densidade, elevação, matéria orgânica, resistência do solo à penetração, silte e produtividade média normalizada (do milho e da soja). Sobre estas variáveis, foi aplicada a técnica de redução de dimensionalidade de dados MPCA-SC (GAVIOLI et al., 2016), que possibilitou gerar componentes principais espaciais (CPEs) para serem usadas como variáveis de entrada dos métodos de agrupamento. Os valores obtidos para as CPEs nos pontos amostrais foram interpolados por meio de krigagem ordinária, a fim de criar uma grade de 5 x 5 m com maior detalhamento dos dados. Após a interpolação, foram executados os métodos de agrupamento para dividir os dados em dois, três e quatro grupos. Além de K-means e FCM, foram avaliados os seguintes algoritmos hierárquicos: Average Linkage (Average), Centroid Linkage (Centroid), Complete Linkage (Complete), Hybrid Hierarchical Clustering (HHC), McQuitty, Median Linkage (Median) e Ward's Minimum Variance Method (Ward) (EVERITT et al., 2001; JAIN; DUBES, 1988; XU; WUNSCH, 2009). Os grupos gerados foram avaliados quantitativamente empregando-se três índices: análise de variância (ANOVA), índice de redução da variância (RV) (LI et al., 2007) e coeficiente de silhueta médio (CSM) (ROUSSEEUW, 1987). Os experimentos foram realizados com o desenvolvimento de programas no software estatístico R (R CORE TEAM, 2014) e com o uso do software para definição de zonas de manejo SDUM (BAZZI et al., 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O conjunto de dados de entrada dos métodos de agrupamento foi formado pelos valores obtidos para as duas primeiras CPEs (CPE1 e CPE2) em cada ponto resultante da interpolação, seguindo o critério sugerido por Johnson e Wichern (2007) de representação de ao menos 70% da variância total das variáveis originais. Os dados da avaliação dos métodos de agrupamento considerando ANOVA (teste de Tukey), RV e CSM são apresentados na Tabela 1. A avaliação dos agrupamentos por meio da ANOVA possibilita sugerir a divisão da área agrícola em duas ZMs com potenciais médios de produtividade estatisticamente distintos. Isto foi possível apenas com a utilização dos métodos hierárquicos Average, Centroid, Complete, Mcquitty, Median e Ward. Portanto, os métodos FCM e K-means, que como comentado anteriormente são os mais explorados nas pesquisas de definição de ZMs, não foram capazes de realizar essa identificação. Isto mostra que algoritmos de agrupamento utilizados com sucesso em determinadas áreas agrícolas podem ser inúteis para outras áreas, concordando com Dobermann et al. (2003) e Guastaferrero et al. (2010). Considerando a divisão recomendada em duas subáreas, o maior valor do índice RV foi alcançado com o método Mcquitty (10,7%). Por outro lado, o método Median foi o que proporcionou a menor redução de variância (4,8%), mesmo tendo identificado adequadamente duas ZMs. Os valores de RV possibilitaram notar que este índice foi útil nos experimentos quando analisado em conjunto com a ANOVA, a fim de identificar o método mais recomendado entre diversos que se mostraram satisfatórios. Observação similar acerca da importância dessa análise conjunta da ANOVA e de RV foi feita por Gavioli et al. (2016), no contexto da comparação de técnicas de seleção de variáveis para a definição de ZMs em três áreas agrícolas. O índice CSM foi considerado para avaliar o nível de similaridade interna e separação externa (dissimilaridade) dos grupos

formados pelos métodos de agrupamento. O valor obtido por Mcquitty em relação a este índice (0,62) não foi o maior, mas ficou próximo deste (0,65) e acima da média dos valores do CSM obtidos pelos algoritmos. O valor 0,62 é satisfatório para o CSM, tendo em vista que basta ser superior a zero para indicar um agrupamento adequado, sem risco de sobreposição entre grupos. Ainda em relação a este índice, em muitas situações em que métodos de agrupamento não foram capazes de definir ZMs com potenciais médios de produtividade estatisticamente distintos, os respectivos valores do CSM foram altos. Estas situações foram constatadas independentemente da quantidade de ZMs e indicam que aplicar exclusivamente este índice no contexto da definição de ZMs não parece ser adequado. Com relação à delimitação de subáreas no campo, podem ser notadas diferenças visuais nos mapas temáticos, conforme o método de agrupamento utilizado (Figura 1).

TABELA 1. Resultados referentes a ANOVA (Teste de Tukey), RV e CSM. **Results for ANOVA (Tukey's range test), RV, and CSM.**

Métodos	2 Grupos				3 Grupos					4 Grupos					
	G ₁	G ₂	RV(%)	CSM	G ₁	G ₂	G ₃	RV(%)	CSM	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	RV(%)	CSM
Average	a	b	8,6	0,65	a	ab	b	9,9	0,56	a	a	a	a	0,0	0,50
Centroid	a	b	9,0	0,65	ab	a	b	14,5	0,55	ab	ab	a	b	11,5	0,44
Complete	a	b	8,6	0,65	a	ab	b	11,9	0,54	a	ab	ab	b	11,6	0,47
FCM	a	a	9,8	0,63	a	b	a	12,6	0,56	ab	a	bc	c	18,8	0,50
HHC	a	a	8,8	0,63	a	ab	b	7,8	0,54	a	ab	ab	b	10,0	0,50
K-means	a	a	9,6	0,63	a	b	a	12,3	0,56	a	ab	b	b	12,7	0,50
McQuitty	a	b	10,7	0,62	a	ab	b	11,2	0,50	a	ab	ab	b	9,9	0,41
Median	a	b	4,8	0,50	a	a	b	20,2	0,52	a	a	a	a	0,0	0,47
Ward	a	b	7,4	0,52	a	b	b	10,0	0,55	a	ab	ab	b	12,4	0,49

G_i: grupo i; RV: índice de redução da variância; CSM: coeficiente de silhueta médio.

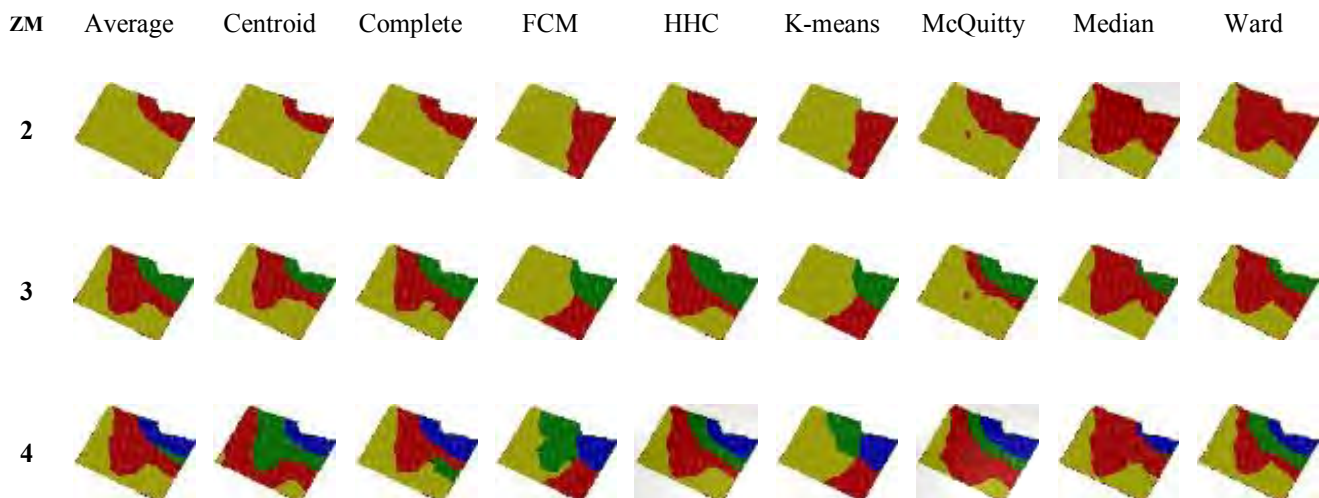


FIGURA 1. Mapas temáticos representando as ZMs geradas pelos métodos de agrupamento, considerando duas, três e quatro zonas. **Thematic maps showing the management zones generated by the clustering methods, considering two, three, and four zones.**

Considerando a recomendação de divisão da área em duas ZMs e os seis métodos hierárquicos anteriormente citados por possibilitarem essa divisão, nota-se que os mapas temáticos de Average, Centroid, Complete e Mcquitty apresentam subáreas com formatos similares, assim como ocorre no caso das subáreas dos mapas de Median e Ward. Observa-se também que FCM e K-means, que não viabilizaram a divisão em duas ZMs, têm mapas similares (algo esperado pela similaridade de funcionamento dos dois), mas que são diferentes dos demais. Dobermann et al. (2003) e Guastaferrero et al. (2010) também destacaram diferença entre mapas de ZMs gerados com FCM ou K-means e mapas obtidos com uso de algoritmos hierárquicos. Além disso, após análise

dos mapas resultantes da divisão em quatro ZMs, notou-se que os métodos Average e Median não foram capazes de realizar um delineamento adequado para o manejo, devido ao tamanho muito pequeno de uma das subáreas em comparação com as outras três. Percebeu-se então uma relação entre esta característica dos dois mapas e o índice RV, já que o valor obtido pelos dois algoritmos nesta situação de quatro ZMs foi zero.

CONCLUSÃO: Algoritmos hierárquicos podem proporcionar resultados melhores na geração de zonas de manejo do que aqueles obtidos com o uso dos algoritmos tradicionalmente utilizados FCM e K-means. Mcquitty foi o método recomendado para a divisão da área experimental em duas subáreas, com base nos resultados da análise de variância, índice de redução da variância e coeficiente de silhueta médio.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à UNIOESTE, à UTFPR), à Fundação Araucária, à CAPES e ao CNPq, pela disponibilização de recursos para este trabalho. Agradecimentos também ao produtor Vanderlei Schenatto, pela disponibilização da área experimental.

REFERÊNCIAS: BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; NÓBREGA, L. H. P.; ROCHA, D. M. Management zones definition using soil chemical and physical attributes in a soybean area. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 5, p. 952-964, 2013.

BEZDEK, J. C. **Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms**. Nova York: Plenum Press, 1981. 255 p.

CÓRDOBA, M.; BRUNO, C.; COSTA, J. L.; PERALTA, N. R.; BALZARINI, M. Protocol for multivariate homogeneous zone delineation in precision agriculture. **Biosystems Engineering**, v. 143, p. 95-107, 2016.

DOBERMANN, A.; PING, J. L.; ADAMCHUK, V. I.; SIMBAHAN, G. C.; FERGUSON, R. B. Classification of crop yield variability in irrigated production fields. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 1, p. 1105-1120, 2003.

DOERGE, T. A. **Site-specific management guidelines**. Norcross: Potash & Phosphate Institute, 2000. 135p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: CNPSO, 2006. 412p.

EVERITT, B.; LANDAU, S.; LEESE, M.; STAHL, D. **Cluster Analysis**. 5 ed. Hoboken: Wiley, 2011. 330 p.

FRAISSE, C. W.; SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. **International Journal of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 44, n. 1, p. 155-166, 2001.

FRIDGEN, J. J. et al. Management Zone Analyst (MZA): Software for subfield management zone delineation. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 100-108, 2004.

GAVIOLI, A.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; GUEDES, L. P. C.; SCHENATTO, K. Optimization of management zone delineation by using spatial principal components. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 302-310, 2016.

GUASTAFERRO, F.; CASTRIGNANO, A.; BENEDETTO, D.; SOLLITTO, D.; TROCCOLI, A.; CAFARELLI, B. A comparison of different algorithms for the delineation of management zones. **Precision Agriculture**, v. 11, p. 600-620, 2010.

JAIN, A.; DUBES, R. **Algorithms for clustering data**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1988. 320 p.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6 ed. Nova Jersey: Pearson, 2007. 773 p.

LI, Y.; SHI, Z.; WU, H. X.; LI, F.; LI, H. Y. Definition of Management Zones for Enhancing Cultivated Land Conservation Using Combined Spatial Data. **Environmental Management**, v. 52, p. 792-806, 2013.

LI, Y.; SHI, Z.; WU, H. X.; LI, F.; LI, H. Y. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 56, n. 2, p. 174-186, 2007.

LINDE, Y.; BUZO, A.; GRAY, R. M. An algorithm for vector quantizer design. **IEEE Trans Commun**, v. 28, n. 1, p. 84-95, 1980.

R CORE TEAM. **An Introduction to R**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2016. 99 p.

ROUSSEEUW, P. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 20, p. 53-65, 1987.

TICHÝ, L.; CHYTRÝ, M.; BOTTA-DUKÁT, Z. Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones. **Journal of Vegetation Science**, v. 25, p. 1504-1512, 2014.

XU, R.; WUNSCH, D. C. **Clustering**. Piscataway: IEEE Press, 2009. 358 p.

UTILIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DO PRODUTOR NA GERAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO

KELYN SCHENATTO¹, EDUARDO G. DE SOUZA², CLAUDIO L. BAZZI³, ALAN GAVIOLI⁴,
NELSON M. BETZEK⁴

¹ Doutoranda em Eng. Agrícola, Prof.^a Depto. de Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Santa Helena – PR, Fone: (045) 9112-2008, kschenatto@utfpr.edu.br.

² Eng. Mecânico, Prof. Associado da UNIOESTE/CASCADEL/CCET/PGEAGRI/SBA, Grupos de Pesquisa GROSAP e GGEA, Pesquisador de Produtividade do CNPq, Unioeste, Cascavel – PR.

³ Doutor em Eng. Agrícola, Prof. Depto de Computação, UTFPR, Medianeira – PR.

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Prof. Depto de Computação, UTFPR, Medianeira – PR.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: No gerenciamento da variabilidade espacial das lavouras a abordagem baseada em zonas de manejo (ZMs) divide o talhão em sub-regiões, que apresentam topografia e condições do solo espacialmente homogêneas. Os produtores têm experiência de quais áreas de um talhão apresentam altas e baixas produtividades e este conhecimento pode permitir a identificação de ZMs em um talhão com base no histórico de produção. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de utilização da experiência do produtor na definição de ZMs. A pesquisa foi realizada em uma área agrícola localizada na região Oeste do estado do Paraná e as ZMs foram geradas considerando-se três casos: a) Sem a utilização da variável experiência do produtor; b) Com a variável experiência do produtor e atributos estáveis do solo selecionados na etapa de seleção de variáveis; e c) Somente com a variável experiência do produtor. O estudo mostrou que a utilização da experiência do produtor para definir ZMs pode ser uma ferramenta eficiente e simples, além de diminuir os custos no processo de definição de ZMs, quando comparado ao método tradicional de utilização de variáveis estáveis do solo e do relevo.

PALAVRAS-CHAVE: unidades de manejo, clusterização, sentimento do produtor.

USE OF EXPERIENCE FARMER IN GENERATION OF MANAGEMENT ZONES

ABSTRACT: In the management of the spatial variability of crops, the management zones (MZs) approach divides the plot into sub-regions, which have soil topography and conditions spatially homogenous. The farmers have experience of what areas of a field have large and low yields and make use of this knowledge may allow the identification of MZs on a field based on production history. The aim of this study was to evaluate the efficiency of use of the farmer experience in the development of MZs. The survey was conducted in an agricultural area located in the West part of the state of Paraná and the MZs were generated considering three cases: a) Without the use of variable farmer experience; b) With the variable farmer experience and stable soil properties selected in the variable selection stage; and c) only with the variable farmer experience. The study showed that the use of the farmer experience to set MZs can be an efficient and simple tool, in addition to reducing costs in the MZs setting process when compared to the traditional method of using stable soil variables and topography.

KEYWORDS: management units, clustering, farmer feeling.

INTRODUÇÃO: No gerenciamento da variabilidade espacial das lavouras a abordagem baseada em zonas de manejo (ZMs) divide o talhão em sub-regiões, que apresentam topografia e condições do solo espacialmente

homogêneas (XIN-ZHONG et al., 2009), de tal forma que, tais ZMs devem conduzir aos mesmos resultados em potencial de rendimento das culturas, permitindo uma taxa de entrada de nutrientes única em cada sub-região (SCHEPERS et al., 2004). Para Fleming et al. (2004) se não fosse a experiência de tomada de decisão dos agricultores, grande parte da agricultura moderna seria desconhecida. Os produtores sabem quais áreas de um talhão apresentam grandes rendimentos e quais áreas que são de baixa produtividade e é lógico que as necessidades nutricionais são diferentes entre essas áreas. Fazer uso dessa base de conhecimento pode permitir a identificação de diferentes zonas de gestão em um campo com base no histórico de produção (FLEMING; WESTFALL, 2000). Para Morari et al. (2009) várias ferramentas podem ser utilizadas na obtenção de dados para geração de zonas de manejo e uma delas é a delimitação visual com base no conhecimento da área por parte do agricultor. Fleming et al. (2004) comparou mapas de prescrição desenvolvidos a partir da experiência do produtor com mapas de prescrição desenvolvidos a partir de análises da fertilidade do solo, em duas áreas de milho no Colorado e os resultados da análise de variância foram semelhantes ao comparar os dois métodos. Khosla et al. (2002) também gerou ZMs utilizando a cor do solo obtida por meio de imagens aéreas, topografia e a experiência dos agricultores no histórico de rendimento da área e concluiu que o tratamento baseado nas ZMs permitiu gerenciar melhor a variabilidade do campo do que tratamentos convencionais. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de utilização da experiência do produtor na definição de zonas de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi realizada em uma área agrícola comercial localizada no município de Céu Azul - PR, com localização geográfica central aproximada de 25°06'32" S e 53°49'55" O e altitude média de 620 m. O solo da área em estudo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico (EMBRAPA, 2006) e vem sendo cultivado sob sistema de plantio direto com sequência de culturas soja, trigo, milho e aveia. Foi definida uma grade amostral irregular com malha de amostragem densa com 2,6 pontos ha⁻¹. Para a definição das zonas de manejo, foram utilizadas variáveis consideradas estáveis, por isso foram excluídos os atributos químicos do solo, com base na recomendação geral de Doerge (2000). A experiência do produtor foi coletada por meio de uma visita à propriedade, onde o produtor dividiu o talhão em três classes (alta, média e baixa) de produtividade baseado na experiência de anos anteriores de cultivo da área. A fim de avaliar a correlação espacial entre os atributos analisados, foi utilizada a correlação espacial bivariada de Moran (CZAPLEWSKI; REICH, 1993), podendo-se verificar quais atributos influenciaram de forma positiva ou negativa a produtividade. Os dados foram então interpolados por krigagem ordinária, a fim de criar uma grade de 5 x 5 m, com maior detalhamento dos atributos, que conforme apresentado por Schenatto et al. (2016) é o melhor método de interpolação para geração da grade amostral antes do processo de geração das ZMs. Com as variáveis selecionadas na matriz de correlação e a variável experiência do produtor, foram geradas as ZMs utilizando o método de agrupamento Fuzzy C-Means, considerando-se três casos: a) Sem a utilização da variável experiência do produtor; b) Com a variável experiência do produtor e atributos estáveis do solo selecionados na etapa de seleção de variáveis; e c) Somente com a variável experiência do produtor, considerando duas, três e quatro sub-regiões. As ZMs geradas foram avaliadas quantitativamente pelos índices: Redução da Variância (VR), Índice de Desempenho Fuzzy (FPI), Índice de Partição da Entropia Modificada (MPE), Índice de Suavidade (IS) e Anova (ver Schenatto et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo com os critérios de seleção de variáveis utilizando-se a correlação espacial bivariada de Moran, as variáveis selecionadas foram elevação e SPR 0-0.1 m. Foram definidas ZMs com duas, três e quatro classes (Figura 1), utilizando-se três combinações de variáveis: a) somente variáveis estáveis do solo, isto é, sem a variável experiência do produtor (SEM), b) com variável experiência do produtor e variáveis estáveis do solo (COM) e c) somente a variável experiência do produtor (SOMENTE).

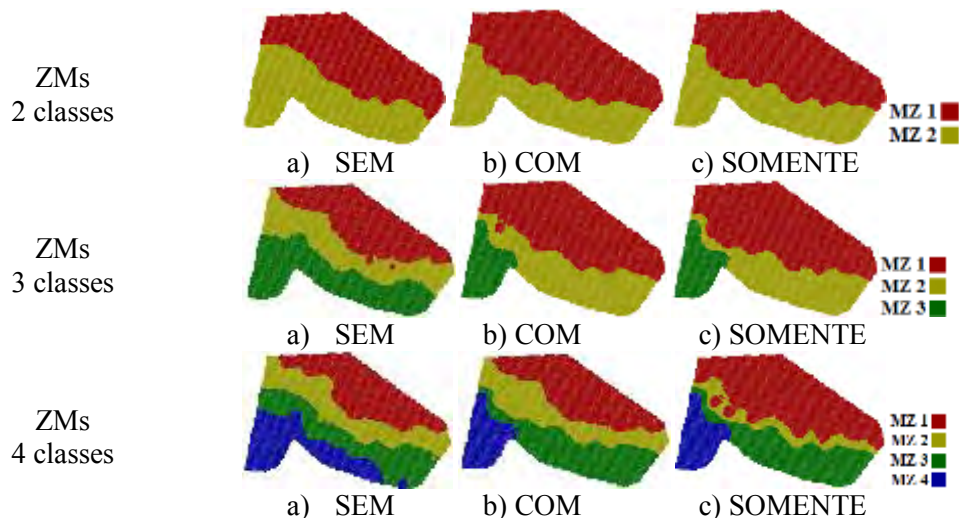


FIGURA 1. Zonas de manejo geradas sem a variável experiência do produtor (SEM), com a experiência do produtor e atributos estáveis do solo (COM) e somente com variável experiência do produtor (SOMENTE). **Management zones generated without the variable farmer's experience (WITHOUT), with the farmer's experience (WITH) and only with the use of this variable (ONLY).**

Por meio da ANOVA (Tabela 1) foi possível testar se as médias de produtividade média normalizada foram estatisticamente diferentes entre as classes. Verificou-se que houve maior redução da variância (VR) quando a área foi dividida em duas classes e utilizada somente as variáveis estáveis do solo na geração das classes (VR=42,5%), entretanto, quando a área foi dividida em quatro classes com somente a variável experiência do produtor foi obtido um VR=41,5%. O menor valor de FPI foi obtido quando a divisão foi realizada em três classes e com somente a variável experiência do produtor. Essa mesma divisão também apresentou o menor MPE, embora a divisão com quatro classes e somente a variável experiência do produtor tenha apresentado o mesmo desempenho. Com relação à suavidade das curvas de contorno que definem as zonas de manejo, avaliadas pelo índice de Suavidade (IS%), se obteve o melhor desempenho com a divisão em duas classes, sendo que o IS obtido foi igual para as três combinações de variáveis testadas. Com três classes os melhores resultados de IS foram obtidos quando utilizou-se somente as variáveis estáveis do solo e com quatro classes a melhor divisão segundo esse índice foi utilizando a experiência do produtor e variáveis estáveis do solo. Outra avaliação útil na escolha do número de variáveis a serem utilizadas é que o número de zonas criadas seja igual ou pouco maior que o número de classes. Isto significa que o número de zonas menos o número de classes (ZM-C) deveria ser idealmente zero. Os melhores resultados foram encontrados com duas classes, pois apresentou um valor menor dessa variável. Os piores resultados, ou seja, a classificação que gerou um maior valor de ZM-C foi quando as ZMs foram geradas com quatro classes e somente a variável experiência do produtor.

TABELA 1. Índices de avaliação calculados considerando a geração de MZs sem a variável experiência do produtor, com variável experiência do produtor e atributos estáveis do solo e somente com a variável experiência do produtor. **Evaluation Indexes calculated considering the generation of MZs without the variable farmer's experience, with the variable farmer's experience and soil stable attributes, and only with the variable farmer's experience.**

C	Atributos	ANOVA*				VR%	FPI	MPE	IS%	ZMs	ZM-C
		1	2	3	4						
2	Sem experiência do produtor	a	b			42,5	0,10	0,02	98,5	2	0
	Com experiênciado produtor	a	b			25,4	0,07	0,02	98,5	2	0
	Somente experiênciado produtor	a	b			25,4	0,05	0,01	98,5	2	0
3	Sem experiênciado produtor	a	a	b		23,7	0,19	0,04	96,7	4	1
	Com experiênciado produtor	a	a	b		30,1	0,11	0,02	97,8	3	0
	Somente experiênciado produtor	a	b	b		23,7	0,03	0,01	97,9	3	0
4	Sem experiência do produtor	a	a	b	b	34,2	0,29	0,05	95,4	6	2
	Com experiência do produtor	a	ac	b	bc	23,7	0,18	0,04	96,5	4	0
	Somente experiência do produtor	a	a	b	b	41,5	0,06	0,01	95,6	7	3

* ANOVA com 5% de significância. C - Número de Classes; ZMs - Número de zonas; ZM - C: Número de zonas - Número de Classes

Todas as três combinações de variáveis (atributos estáveis do solo e experiência do produtor) permitiram definir ZMs expressivas. Os índices de avaliação utilizados (Tabela 1) acusaram resultados mais satisfatórios para a abordagem utilizando somente a variável experiência do produtor com três classes de manejo. Entretanto, a maioria dos índices avaliados apresentaram valores muito próximos para as três combinações de variáveis utilizadas. Foi identificada então a importância da variável experiência do produtor na definição de ZMs podendo ser uma abordagem econômica e simplificada para geração de ZMs para otimização de amostragem do solo e variação de determinadas operações de manejo e plantio quando o produtor possui anos de experiência no cultivo da área, concordando com os resultados obtidos por Fleming et al. (2004), Khosla et al. (2002) e Hörbe et al. (2013) que também encontraram resultados satisfatórios na utilização do conhecimento empírico do produtor para definir ZMs. Vale ressaltar que quando o produtor sugere um número específico de classes, (nesse estudo foi realizada a divisão da variável experiência do produtor pelo proprietário em três classes) a divisão em mais classes (quatro ou cinco classes) não tem aplicação prática, como comprovado pelos índices de desempenho que não apresentaram resultados satisfatórios.

CONCLUSÃO: O estudo mostrou que a utilização da experiência do produtor para definir MZs pode ser uma ferramenta eficiente e simples, além de diminuir os custos no processo de definição de MZs, quando comparado ao método tradicional de utilização de variáveis estáveis do solo e do relevo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), a Fundação Araucária (Fundação Araucária), a Coordenação para a Modernização de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para financiamento.

REFERÊNCIAS: CZAPLEWSKI, R. L.; REICH, R. M. Expected value and variance of Moran's bivariate spatial autocorrelation statistic under permutation. Fort Collins, CO: **Research Paper**, 1993.

DOERGE, T. A. Management zones concepts. Site-specific management guidelines. **Potash & Phosphate Institute**, 2000, 135 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solo. Rio de Janeiro: **CNPQ**, 2006. 412 p.

FLEMING, K. L.; HEERMANN, D. F.; WESTFALL, D. G. Evaluating Soil Color with Farmer Input and Apparent Soil Electrical Conductivity for Management Zone Delineation. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 1581-1587, 2004.

FLEMING, K. L.; WESTFALL, D. G. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. **Precision Agriculture**, v. 2, p. 201-215, 2000.

HÖRBE, T. A.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 14, p.450-465, 2013.

KHOSLA, R.; FLEMING, K.; DELGADO, J. A.; SHAVER, T. M.; WESTFALL, D. G. Use of site-specific management zones to improve nitrogen management for precision agriculture. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n.6, p. 513-518, 2002.

MORARI, F.; CASTRIGNANÒ, A.; PAGLIARIN, C. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 68, p. 97-107, 2009.

SCHENATTO, K., SOUZA, E. G., BAZZI, C. L., BIER, V. A., BETZEK, N. M., GAVIOLI, A. Data Interpolation in the definition of management zones. **Acta Scientiarum Technology**, v. 38, n.1, p. 1-11, 2016.

SCHEPERS, A. R.; SHANAHAN, J. F.; LIEBIG, M. A.; SCHEPERS, J. S.; JOHSON, S. H.; LUCHIARI, A. Appropriateness of Management Zones for Characterizing Spatial Variability of Soil Properties and Irrigated Corn Yields across Years. **Agronomy Journal**, v. 96, p. 195-203, 2004.

XIN-ZHONG, W.; GUO-SHUN, L.; HONG-CHAO, H.; ZHEN-HAI, W.; QING-HUA, L.; XU-FENG, L.; WU-HONG, H.; YAN-TAO, L. Determination of management zones for a tobacco Field based on soil fertility. **Computers and electronics in agriculture**, v. 65, p. 168-175, 2009.

MONITORAMENTO DA UMIDADE DE GRÃOS E PRODUTIVIDADE DE MILHO POR MEIO DE CARTAS DE CONTROLE

CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI¹, RAFAEL SCABELLO BERTONHA², FRANCIELE MORLIN CARNEIRO³, RENATA FERNANDES DE QUEIROZ³, CRISTIANO ZERBATO⁴

¹ Eng^o Agrônomo, Prof. Titular, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP, Fone: (16)3209-7289, furlani@fcav.unesp.br.

² Eng^o Agrônomo, Pós-doutorando, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

³ Eng^a Agrônoma, Doutoranda em Agronomia, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

⁴ Eng^o Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O monitoramento das culturas é uma maneira de se evitar perdas de grãos, como é o caso da cultura do milho, que pode perder valores qualitativos e quantitativos antes mesmo de sua colheita. Objetivou-se com este trabalho monitorar as características agronômicas da cultura do milho por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se cartas de controle. O trabalho foi realizado no município de Jaboticabal-SP. Foram avaliadas três áreas cultivadas com dois híbridos de milho em idades distintas da cultura. Foram criadas malhas amostrais para a realização da coleta dos dados, compondo de 40 pontos amostrais para cada área experimental. O delineamento experimental foi baseado nas premissas básicas do Controle Estatístico de Processo, monitorando os indicadores de qualidade no decorrer do espaço. Os indicadores analisados foram produtividade da cultura (kg ha^{-1}) e o teor de água dos grãos (%). Para a avaliação do teor de água dos grãos foram utilizados o método expedito, por meio de sensores de umidade e o método da estufa. Para a determinação do teor de água dos grãos e, conseqüentemente, da produtividade da cultura, o método da estufa, considerado como padrão, demonstrou a menor variabilidade do processo em relação aos demais métodos, mostrando a importância da calibração de instrumentos, tendo como base um método de referência. O momento de colheita da cultura deve ser monitorado em campo, pois isso contribui na qualidade do processo.

PALAVRAS-CHAVE: umidade dos grãos, rendimento agrônômico, produção de milho.

MONITORING OF GRAIN MOISTURE AND CORN YIELD BY THE CONTROL CHARTS

ABSTRACT: Crop monitoring is a way to avoid grain losses, as is the case of corn crop, which can lose qualitative and quantitative values even before harvesting. The objective of this study was to monitor the agronomic characteristics of corn crop by the statistical process control, using the control charts. The experiment was conducted in Jaboticabal-SP-Brazil. Three areas cultivated with two corn hybrids (AS1633PRO2 and AS1555RR2) was evaluated at different crop age (at 125, 132 and 150 days after planting - DAP). Sampling grid was created for carrying out the data collection, with 40 sampling points for each experimental area. The variables analyzed were the crop yield (kg ha^{-1}) and grain moisture (%). To assess the grain moisture fast method was used by moisture sensors and oven-dry method. For data statistical analysis, the statistical process control was applied using control charts. For the determination of the grain moisture and productivity, the oven-dry method, considered as a standard, showed a lower variability of the process compared to other methods, demonstrating the importance of instrument calibration, based on reference method. The time for crop harvesting should be monitored in the field, because it contributes to the quality of the process.

KEYWORDS: grain moisture, agronomic efficiency, corn production.

INTRODUÇÃO: O milho é um cereal com amplo emprego, utilizado diretamente na alimentação humana e animal e matéria-prima básica para diversos complexos agroindustriais (FANCELLI e DOURADONETO, 2000). No entanto, parte significativa das perdas de grãos ocorre durante a colheita mecanizada, reduzindo a produtividade e rentabilidade da operação, acarretando em prejuízos ao produtor. Por isso, por se tratar de uma cultura em que o processo produtivo pode ser totalmente mecanizado, o monitoramento do milho antes da

colheita merece atenção especial. A umidade dos grãos é um importante parâmetro para a determinação do manejo de produtos agrícolas. NELSON et al. (2000) destacam alguns exemplos em que é importante conhecer o teor de água de produtos agrícolas como a avaliação do momento ideal para colheita mecanizada, pois a regulagem da colhedora é função, dentre outros fatores, da umidade dos grãos a serem colhidos; condição para armazenagem; e determinação do valor de mercado dos grãos e sementes. CARVALHO (1994) relatam que a avaliação da umidade dos grãos pode ser realizada pelos métodos secundários ou indiretos, nos quais se mede alguma característica do grão que, de alguma forma, se relaciona com seu teor de água, destacando-se os baseados em propriedades elétricas e dielétricas dos grãos. Um outra importante maneira da avaliação da umidade dos grãos é o método da estufa que, no Brasil, o Ministério da Agricultura selecionou como método padrão de medição de umidade (BRASIL, 2009). O Controle Estatístico de Processo é uma importante ferramenta para detectar alterações dos parâmetros de determinados processos (MINGOTI; FIDELIS, 2001), uma vez que o controle de qualidade é perfeitamente adaptável ao sistema de produção agrícola, pois com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, é possível se reduzir custos e aumentar a produtividade (BONILLA, 1994). Objetivou-se com este trabalho monitorar as características agrônômicas da cultura do milho por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se cartas de controle de qualidade.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado no município de Jaboticabal-SP, próximo das coordenadas geodésicas 21°15'01"S e 48°16'18"W, com altitude média de 580 m e clima Aw segundo a classificação climática de Peel et al. (2007). O solo das áreas experimentais é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (ANDRIOLI & CENTURION, 1999). Foram avaliadas três áreas cultivadas com dois híbridos de milho em momentos distintos de semeadura (Tabela 1). Na operação de semeadura adotou-se a quantidade de 5,4 sementes m⁻¹ de milho, com dosagem de 300 kg ha⁻¹ da formulação de adubo 08-28-16 aplicados na semeadura e 300 kg ha⁻¹ de ureia para a adubação de cobertura.

TABELA 1. Características das áreas avaliadas e momento das avaliações.

Áreas experimentais	Híbridos de milho	Momento de avaliação
A	AS1633PRO2	132 DAS*
B	AS1555RR2	125 DAS
C	AS1633PRO2	150 DAS

*Dias após a semeadura do milho

Foram criadas malhas amostrais para a realização da coleta dos dados, compondo de 40 pontos amostrais para cada área experimental. O delineamento experimental foi baseado nas premissas básicas do Controle Estatístico de Processo – CEP (MONTGOMERY, 2009), monitorando os indicadores de qualidade no decorrer do espaço. Os indicadores foram produtividade da cultura (kg ha⁻¹) e o teor de água dos grãos (%). Para a avaliação do teor de água dos grãos foram utilizados o método expedito, por meio de sensores de umidade e o método da estufa (BRASIL, 2009). Para o método expedito foram utilizados dois sensores que constam de princípio de medição dielétrica (umidade por capacitância), chamados de Sensor 1 e Sensor 2. O Sensor 1 apresenta escala de medição de 5-40%, precisão de 0,5%. O Sensor 2 apresenta escala de medição de 6-40% e precisão de 0,2-0,5%. O peso das amostras para leitura da umidade foi determinado de acordo com a recomendação dos fabricantes dos sensores, sendo de 140 e 142g para os sensores 1 e 2, respectivamente. Para a correção da umidade dos grãos (13%, valor recomendado para armazenagem e venda), coletou-se os mesmos grãos de cada sensor e calculou-se a produtividade com base na leitura de cada sensor, e também pelo método da estufa. Para as análises estatísticas dos dados utilizou-se o controle estatístico de processo, por meio de cartas de controle de valores individuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A produtividade do milho na área A (Figura 1), apresentou uniformidade, ou seja, qualidade no processo, sem que houvesse nenhum ponto fora de controle (outlier). Ressalta-se que a produtividade de grãos entre os sensores e método da estufa foi calculada de forma que os valores de massa dos grãos fossem padronizados em 13% de umidade, calculados com cada aparelho, pois este valor é o ideal para armazenagem e venda. A umidade dos grãos para cada sensor e método da estufa na área A apresentou qualidade no processo sem que houvesse nenhum ponto fora do controle. Pelo método da estufa, há uma discrepância entre os dados de cada carta. O sensor 2 apresentou uma média de seus resultados equivalente ao limite superior de controle do sensor 1. E a média da umidade pelo método da estufa apresentou-se equivalente ao limite inferior

dos dois sensores. Os métodos de avaliação do teor de água por sensores estavam aferindo valores bem acima dos reais (estufa). Por isso, é importante calibrar os sensores para que não ocorra variação nas leituras.

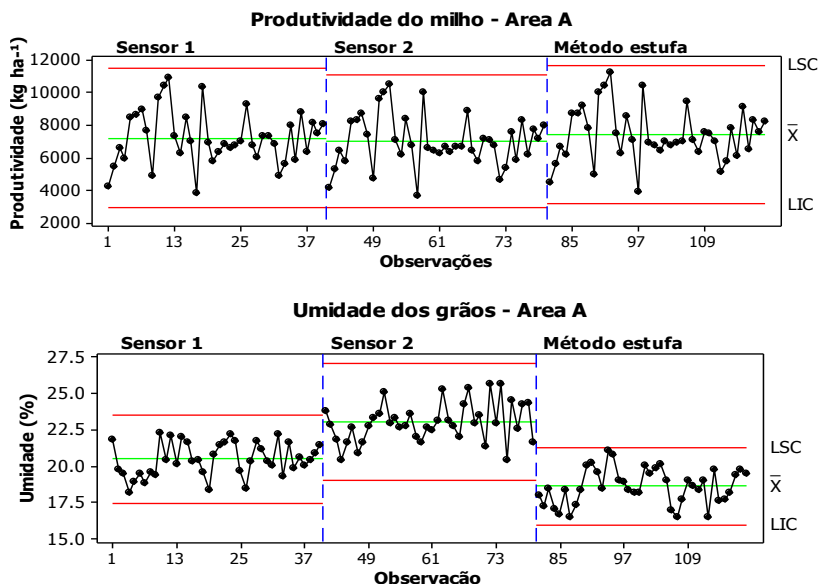


FIGURA 1. Cartas de controle para as variáveis produtividade total e umidade dos grãos de milho da Área A. **Control charts for corn grain yield and grain moisture of the Area A.**

A produtividade do milho na área B apresentou uma variabilidade no processo e pontos fora do limite de controle (Figura 2). A variável umidade dos grãos, em cada sensor e método da estufa, também apresentou variabilidade no processo. Além disso, constatou-se desuniformidade da lavoura. Este processo instável pode ter ocorrido devido à idade da cultura, não estando no ponto ideal para colheita. Assim, se a colheita tivesse ocorrido com este processo instável, haveriam danos nos grãos, favorecendo ao surgimento de patógenos, além do menor lucro no momento da venda dos grãos. Raschen et al. (2014) relatam que a determinação de umidade em grãos é um parâmetro de qualidade importante, uma vez que o teor de água presente no alimento tem influência tanto no armazenamento quanto na comercialização do produto. O método da estufa na área B apresentou a mesma ocorrência observada na área A. Os dois sensores aferiram a umidade dos grão com dados bem acima dos reais.

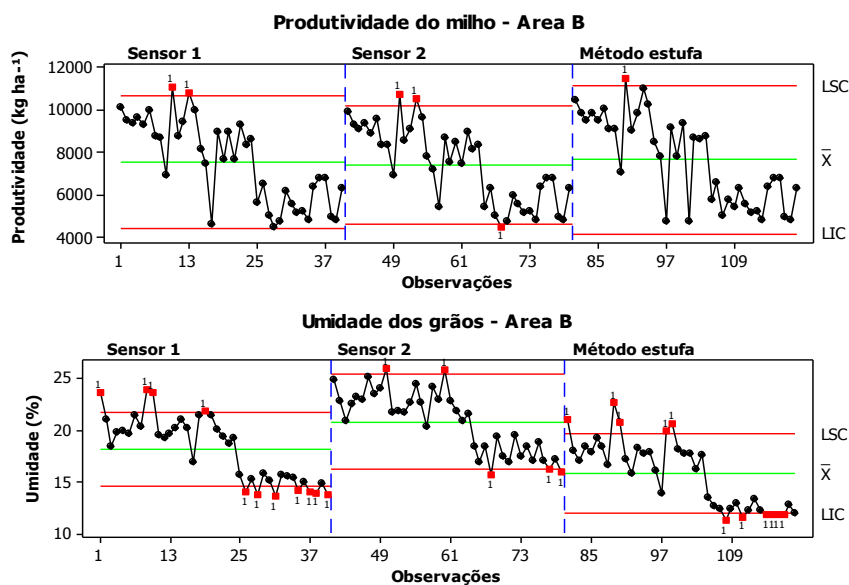


FIGURA 2. Cartas de controle para as variáveis produtividade total e umidade dos grãos de milho da Área B. **Control charts for corn grain yield and grain moisture of the Area B.**

Nas cartas de controle de valores individuais também foi verificado que pelo método de determinação de umidade, o da estufa demonstrou menor média para o teor de água do grão (Figura 3). No entanto, salienta-se que, apesar de ser de fácil execução, esse método dispense cerca de 24h de aquecimento, normalmente, em 105°C, para obtenção do resultado (RASCHEN et al., 2014). Mesmo apresentando pontos fora de controle, o método da estufa apresentou maior qualidade do processo. Os demais sensores demonstraram que devem ser calibrados em relação ao da estufa. Consta-se que a produtividade da área C apresentou média superior às das demais áreas, mesmo os grãos estando abaixo dos 13% de umidade, observado pelo método da estufa.

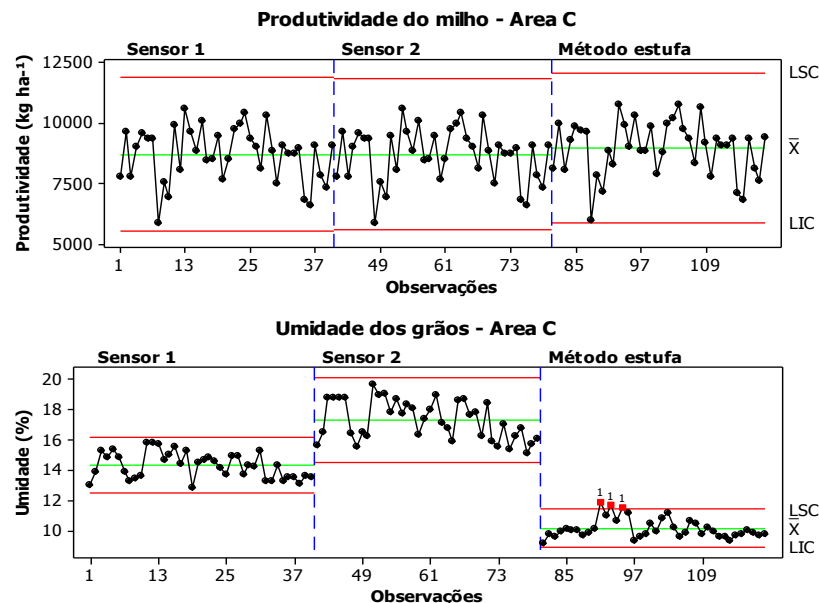


FIGURA 3. Cartas de controle para as variáveis produtividade total e umidade dos grãos de milho da Área C. Control charts for corn grain yield and grain moisture of the Area C.

CONCLUSÃO: Para a determinação do teor de água dos grãos e, conseqüentemente, da produtividade da cultura, o método da estufa, considerado como padrão, demonstrou a menor variabilidade do processo em relação aos demais métodos, mostrando a importância da calibração de instrumentos, tendo como base um método de referência. O momento de colheita da cultura deve ser monitorado em campo, pois isso contribui na qualidade do processo.

REFERÊNCIAS: ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 27, Brasília. Anais... Brasília: SBCS, 1999.

BONILLA, J.A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. 2 ed. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994, 344p.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994, 165p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000, 360p.

MINGOTI, S.A.; FIDELIS, M.T. **Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo**. Revista Produto e Produção, v.5, p.55-70, 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control**. Arizona State University: John Wiley & Sons, Inc., 6 ed. 2009. 754 p.

NELSON, S.O., KRAZSEWSKI, A.W., TRABELSI, S., LAWRENCE, K.C. Using cereal grain permittivity for sensing moisture content. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v.49, n.3, p.470-475, 2000.

PEEL M.; FINLAYSON B.; MCMAHON T. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

RASCHEN, M.R.; LUCION, F.B.; CICHOSKI, A.J.; MENEZES, C.R.; WAGNER, R.; LOPES, E.J.; ZEPKA, L.Q.; BARIN, J.S. Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação micro-ondas. **Ciência Rural**, v.44, n.5, 2014.

RELAÇÃO DO NDVI E PRODUTIVIDADE DE MILHO SEMEADO EM ESPAÇAMENTO CONVENCIONAL E EM LINHAS GÊMEAS

ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND¹, MAILSON FREIRE DE OLIVEIRA² CRISTIANO ZERBATO³ CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI⁴, VITOR ALMEIDA FERAZ⁵

¹ Engº Agrícola, Doutorando (Ciência do Solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP. Fone: (XX16)99627-7573, tassiormond@gmail.com.

² Engº Agrônomo, Mestrando (Produção Vegetal), FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

³ Engº Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

⁴ Engº Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

⁵ Graduando em Engenharia Agrônoma, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Escassos são os trabalhos que visam correlacionar NDVI com produtividade em milho semeado em linhas gêmeas. Neste sentido objetivou-se realizar análise de regressão entre o NDVI e produtividade de milho em dois espaçamentos e diferentes épocas de coleta do índice de vegetação. O experimento foi conduzido na área agrícola da fazenda de ensino, pesquisa e extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no estado de São Paulo. Os tratamentos foram compostos por 2 espaçamentos, sendo convencional (0,45 entre linhas) e linhas gêmeas (0,9 m entre fileiras duplas e 0,45 m entre as linhas gêmeas) e 5 épocas de coleta do NDVI (30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) das plantas), com 4 repetições. Foi avaliado NDVI com o auxílio de um sensor óptico portátil (GreenSeeker®). Os resultados foram submetidos à análise de regressão a 5% de probabilidade pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico AgroEstat. Houve correlação positiva entre o NDVI e a produtividade para o milho disposto em linhas gêmeas, entretanto observam-se valores próximos de NDVI para produtividades diferentes, o que compromete o modelo de predição.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de vegetação, GreenSeeker®, produtividade.

RELATION OF NDVI AND PRODUCTIVITY OF CORN SOWN IN CONVENTIONAL SPACING AND TWIN ROWS

ABSTRACT: Few are the works that aim to correlate NDVI and productivity in corn sowed in twin rows. In this sense it was aimed to perform regression analysis between NDVI and corn yield in two spacings and different collecting periods of vegetation index. The experiment was conducted in the agricultural area of teaching farm, research and extension (FEPE) UNESP/Jaboticabal, state of São Paulo. The treatments consisted of two spacings, and conventional (0.45 between rows) and twin rows (0.9 m between double rows and 0.45 m between the twin lines) and 5 collecting periods of NDVI (30, 45, 60, 75 and 90 days after emergence (DAE) of the plants) with 4 replicates. Was evaluated NDVI with the aid of a portable optical sensor (GreenSeeker®). The results were submitted to regression analysis at 5% probability by the F test, with the help of AgroEstat® program. There was a positive correlation between NDVI and productivity to the disposed corn in twin rows, however are observed near NDVI values for different productivities, which compromises the prediction model.

KEYWORDS: Vegetation index, GreenSeeker®, productivity.

INTRODUÇÃO: A cultura do milho é uma das mais estudadas no mundo, seja do ponto de vista genético ou de alternativas de manejo mais eficientes para obtenção do máximo potencial produtivo (BALEM, 2013). Uma alternativa de manejo para obtenção do máximo potencial produtivo é a manipulação do arranjo de plantas, que são as alterações na densidade de plantas, alterações no espaçamento e disposição das linhas de semeadura, e na uniformidade de distribuição espacial e de emergência das plantas na linha (SANGOI et al, 2010). Além da redução convencional do espaçamento entre linhas, outra forma possível de mudar o arranjo das linhas de cultivo é o

sistema de cultivo de linhas aos pares, ou linhas gêmeas (“TwinRows”). O sistema TwinRow ou linhas gêmeas consiste numa forma de distribuição de plantas onde se busca aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas e aumentar a produtividade, por proporcionar menor competição na linha, sendo descrito ainda como uma técnica disponível para se atingir o máximo potencial produtivo (BALEM, 2013; KUMAR; ASHOK; ANSHUKA, 2016). A utilização da semeadura em linhas gêmeas ainda carece de estudos com relação a predição de produtividade, pois a identificação de áreas com produtividades desiguais antes da colheita, permite que o produtor faça intervenções para a identificação e possível correção dessa variabilidade. Dentre as ferramentas de predição de produtividade, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido correlacionado com o teor de nitrogênio nas plantas, conteúdo de clorofila, biomassa foliar verde e produtividade (MA et al., 1996; SHANAHAN et al., 2001; SOLARI et al., 2008). Neste sentido, objetivou-se analisar a relação entre o NDVI e produtividade de milho em dois espaçamentos e diferentes épocas de coleta do índice.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na área agrícola da fazenda de ensino, pesquisa e extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no estado de São Paulo, localizada em torno das coordenadas geodésicas 21°14'54" S e 48°16'51" W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em área cultivada há 16 anos no Sistema Plantio Direto, utilizando-se o híbrido simples P3456H da Pioneer, na população de 65 mil plantas ha⁻¹. A adubação mineral, no sulco de semeadura, foi com 350 kg ha⁻¹ da fórmula comercial (08-28-16). A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas de milho estavam no estágio V4, utilizando-se 120 kg de KCl ha⁻¹ e 300 kg de Uréia ha⁻¹. Os tratamentos foram compostos por 2 espaçamentos, sendo convencional (0,45 entre linhas) e linhas gêmeas (0,9 m entre fileiras duplas e 0,45 m entre as linhas gêmeas) e 5 épocas de coleta do NDVI (30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) das plantas), com 4 repetições, totalizando 40 parcelas, sendo as dimensões da parcela 5 m de comprimento por 2 m de largura totalizando 10 m². Foi obtido o NDVI com o auxílio de um sensor óptico portátil (GreenSeeker®), o qual é considerado um sensor ativo, uma vez que gera sua própria luz na banda do vermelho a 660 ± 12 nm e do infravermelho próximo em 770 ± 12 nm, isso faz com que o sensor independe da iluminação ambiente. O aparelho foi posicionado em uma altura de 1,0 m acima do dossel. As leituras foram realizadas de forma manual em toda extensão da parcela, com largura útil captada pelo sensor de 0,9 m. O sensor foi conectado a um coletor de dados/receptor GNSS Nomad Trimble® para o armazenamento dos dados georreferenciados. Para a obtenção da produtividade, foram coletadas espigas da área útil de cada parcela e trilhadas com auxílio de trilhadora mecânica. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, e os valores extrapolados para kg ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de regressão a 5% de probabilidade pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA & MALDONATO, 2014), com o objetivo de analisar a relação do NDVI com produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: No espaçamento convencional, independente da época de coleta do NDVI não houve relação com a produtividade indo em contrapartida com os resultados observados na literatura, já que é reportado que o NDVI possui relação com a produtividade, no entanto isso pode ser atribuído a grande variabilidade da produtividade nesse espaçamento (resultados não apresentados), o que pode ter comprometido a correlação entre as variáveis analisadas, já no espaçamento em linhas gêmeas, houve significância aos 45 e 60 DAE, com os respectivos coeficientes de determinação (R²) 0,830 e 0,717 (Tabela 1), POVH et al. (2008) encontraram relação entre o NDVI e a produtividade de milho aos 49 dias após a semeadura, data esta semelhante com a obtida neste experimento a qual foi aos 45 DAE, no entanto, também aos 60 DAE houve correlação, isso pode estar relacionado ao espaçamento utilizado, pois o espaçamento em linha gêmeas consiste numa forma de distribuição de plantas onde se busca aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas. Isto possibilita um arranjo mais equidistante entre os indivíduos, possibilitando melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes melhorando assim a adaptação das culturas ao ambiente de cultivo, sendo descrito ainda como um procedimento disponível para se atingir o máximo potencial produtivo (BALEM, 2013; KUMAR; ASHOK; ANSHUKA, 2016; SCHMITT, 2014; TAKASU et al., 2014).

Tabela 1 - Resultado das análises de variância e do teste F para avaliar o ajuste da regressão do NDVI sobre a produtividade. **Results of analysis of variance and F test to evaluate adjustment of regression of NDVI on productivity.**

	Convencional		Linhas Gêmeas	
	F	R ²	F	R ²
30 DAE	0,98NS	0,3289	1,09NS	0,353
45 DAE	0,71NS	0,2621	9,76*	0,830
60 DAE	2,53NS	0,5576	5,07*	0,717
75 DAE	3,33NS	0,625	0,07NS	0,033
90 DAE	1,11NS	0,3569	0,05NS	0,025

Valores seguidos por * são significativos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Apesar de ter apresentado significância pelo teste F para o ajuste da regressão, existe um grupo de três leituras do NDVI agrupadas em um lado do gráfico (Figuras 1 e 2). Isso mostra que o sensor indica valores do NDVI semelhantes para três produtividades diferentes, não sendo possível gerar um modelo.

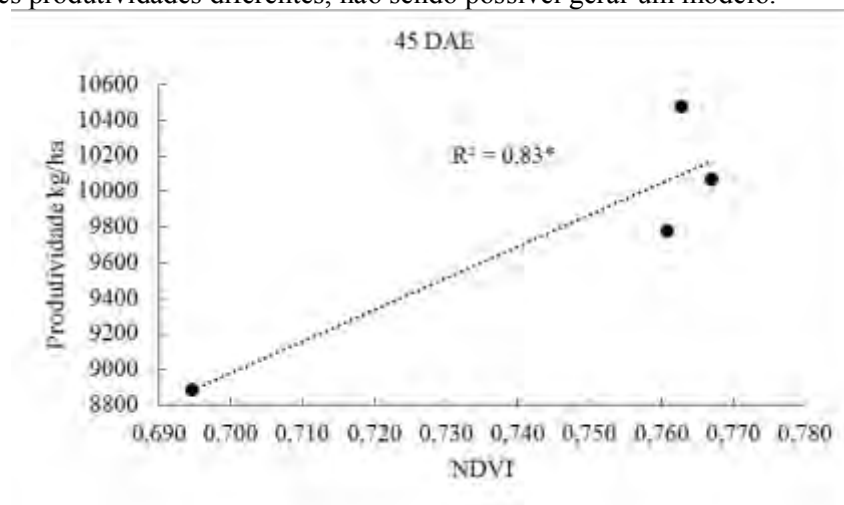


FIGURA 1. Análise de regressão entre NDVI e produtividade 45 dias após a emergência. **Regression analysis between NDVI and productivity 45 days after emergence.**

Os resultados obtidos no presente experimento corroboram com o obtido por POVH et al. (2008), que também trabalhando com milho em população de 65 mil plantas ha⁻¹, não conseguiram gerar um modelo de predição da produtividade, apesar da ajuste da regressão ter sido significativo. Este fato ocorreu pelo mesmo fato ocorrido no presente experimento, valores na medição de NDVI próximos para diferentes produtividades.

A principal desvantagem do NDVI é a relação não linear com características biofísicas como biomassa e índice de área foliar (MYNENI et al., 1995). O NDVI geralmente atinge a saturação em condições de média a alta quantidade de biomassa e para certos índices de área foliar (GITELSON et al., 2002). Teoricamente quanto maior a quantidade de biomassa da cultura do milho, maior será a reflectância no infravermelho próximo em comparação com o vermelho. O processo de normalização torna o NDVI insensível a variações na reflectância no infravermelho próximo, quando esta é maior que no vermelho (GITELSON, 2004).

Uma alternativa ao NDVI, seria trabalhar com comprimentos de onda na banda do verde, pois esta banda reflectância maior que a do vermelho e reduz a diferença entre a reflectância no visível e infravermelho próximo (POVH et al., 2008). Um dos índices calculado com a banda do verde se chama GNDVI (Green normalized difference vegetation index), este índice apresenta maior correlação com a produtividade final em milho que o NDVI em estádios de desenvolvimento mais avançados (SHANAHAN et al., 2001).

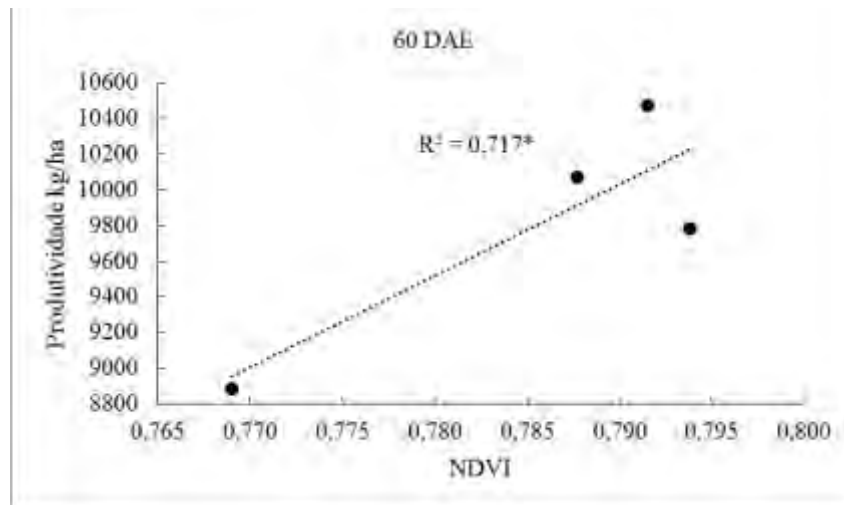


Figura 2. Análise de regressão entre NDVI e produtividade 60 dias após a emergência. **Regression analysis between NDVI and productivity 60 days after emergence.**

CONCLUSÃO: Houve correlação positiva entre o NDVI e a produtividade para o milho disposto em linhas gêmeas, entretanto observam-se valores próximos de NDVI para produtividades diferentes, o que compromete o modelo de relação linear entre o NDVI e produtividade.

REFERÊNCIAS:

- BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho.** Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. PatoBranco, 70p., 2013.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônomicos.** Versão 1.1.0.712, 2014.
- GITELSON, A.A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. **Journal of Plant Physiology**, v.161, p.165-173, 2004.
- GITELSON, A.A.; KAUFMAN, Y.J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote Sensing of Environment**, v.80, p.76-87, 2002.
- KUMAR, S. N.; ASHOK, T.; ANSHUKA, S. Development and testing of twin row drum planter for maize. **GLOBAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY STUDIES**, v. 5, n. 2, p. 198–205, 2016.
- MA, B.L.; MORRISON, M.J.; DWYER, L.M. Canopy light reflectance and field greenness to assess nitrogen fertilization and yield of corn. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 915- 920, 1996.
- MYNENI, R.B.; HALL, F.G.; SELLERS, P.J.; MARSHAK, A.L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.33, p.481-486, 1995.
- POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1075–1083, 2008.
- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. Arranjo de plantas e desempenho agrônomico do milho. **A Cultura do milho em Santa Catarina**, Florianópolis, 1 ed., p.115-162, 2010.
- SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho gronômico do milho em ambientes de alto manejo.** Tese (Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 226p., 2014.
- SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VARVEL, G. E.; WILHELM, W. W.; TRINGE, J. M.; SCHLEMMER, M. R.; MAJOR, D. J. Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. **AgronomyJournal**, v. 93, p. 583-589, 2001.
- SOLARI, F.; SHANAHAN, J.; FERGUSON, R.; SCHEPERS, J.; GITELSON, A. Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. **AgronomyJournal**, v. 100, p. 571-579, 2008.
- TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; HAGA, K. I.; ARF, O.; GITTI D. C. Características agrônomicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 340–345, 2014.

RELAÇÃO TEMPORAL DO NDVI COM PRODUTIVIDADE DE MILHO SEMEADO EM LINHAS GÊMEAS E DIFERENTES POPULAÇÕES

MAILSON FREIRE DE OLIVEIRA¹, ANTONIO TASSIO SANTANA ORMOND², CRISTIANO ZERBATO³, CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI⁴, DAVID LUCIANO ROSALEN³

¹ Eng° Agrônomo, Mestrando (Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal - SP, Fone: (XX94)981186455, mailsonagronomia@gmail.com.

² Eng° Agrícola, Doutorando (Ciência do Solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

⁴ Eng° Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

Apresentado no

*Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A predição de produtividade tem se tornado uma ferramenta para o planejamento logístico, de armazenamento e de manejo na cultura do milho. Objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e correlação deste índice com produtividade em diferentes populações de milho sob semeadura em linhas gêmeas. O experimento foi conduzido na área da fazenda de ensino, pesquisa e extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no estado de São Paulo, em área de plantio direto. As populações utilizadas foram de 55 e 60 mil plantas ha⁻¹. Foi avaliado o NDVI aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) das plantas com o auxílio de um sensor óptico ativo (GreenSeeker®). Os dados foram submetidos a análise de regressão pelo teste F a 5%. Foi possível gerar um modelo de relação entre o NDVI e produtividade 90 e 30 DAE para a população de 55 e 60 mil plantas ha⁻¹ respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de vegetação, regressão, sensor óptico ativo.

TEMPORAL RELATIONSHIP BETWEEN NDVI AND CORN PRODUCTIVITY SOWN IN TWIN ROWS AND DIFFERENT POPULATIONS

ABSTRACT: The productivity prediction has become a tool for logistics planning, storage and management in the corn crop. Objective of this study was to evaluate the temporal behavior of the normalized difference vegetation index (NDVI) and correlation of this index with productivity in different populations of corn in sowing in twin rows. The experiment was conducted in the area of teaching farm, research and extension (FEPE) UNESP/Jaboticabal, state of São Paulo, in no tillage area. The populations used were 55 and 60 000 plants ha⁻¹. Was evaluated NDVI at 30, 45, 60, 75 and 90 days after emergence (DAE) of the plants with the aid of an active optical sensor (GreenSeeker®). The data were submitted to regression analysis by test F to 5%. It was possible to generate a prediction model of productivity 90 and 30 DAE for the population of 55 and 60 thousand plants ha⁻¹ respectively.

KEYWORDS: vegetation index, regression, active optical sensor.

INTRODUÇÃO: A produção brasileira de milho na safra 2015/16 foi de 76,2 milhões de toneladas do grão, sendo o estado de São Paulo responsável por aproximadamente 4 milhões de toneladas, já sua produtividade média foi de 4,7 toneladas ha⁻¹ estando abaixo da produtividade estimada para a região sudeste (CONAB, 2016). A produtividade das culturas é um dos elementos chave para o desenvolvimento rural sustentável e é um indicador da segurança alimentar de um País. A agricultura de precisão faz extenso uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto, que obtém informação de objetos sem contato físico, através do uso de sensores. Esses sistemas são baseados em comprimentos de ondas específicos, que podem ser usados para calcular índices de vegetação (ZERBATO et al., 2016). A produtividade da cultura pode ser estimada a partir de sua relação com o vigor da cultura, que por sua vez, pode ser determinado via sensoriamento remoto, pela sua relação com determinados índices de vegetação (ARAÚJO; VETTORAZZI; MOLIN, 2005). Dentre estes índices, o Índice de

Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem enorme aplicação no âmbito agrícola e tem sido correlacionado com o teor de nitrogênio (N) nas plantas, conteúdo de clorofila, biomassa foliar verde, parâmetros agrônômicos (produtividade, massa de grãos, entre outros) e fitopatológicos (incidência e severidade de doenças, área abaixo da curva de progresso da doença, patologia de sementes, grãos ardidos) e ainda utilizado para aplicação de N em taxas variáveis (MA et al., 1996; RAUN et al., 2002; SHANAHAN et al., 2001; SOLARI et al., 2008; UEBEL, 2015). Objetivou-se neste trabalho avaliar o comportamento temporal de NDVI e correlação deste índice com a produtividade em diferentes populações de milho sob semeadura em linhas gêmeas.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na área agrícola da fazenda de ensino, pesquisa e extensão (FEPE) da UNESP/Jaboticabal, no estado de São Paulo, localizada em torno das coordenadas geodésicas 21°14'54" S e 48°16'51" W, com altitude média de 568 m e declividade média de 4%. A cultura do milho (*Zea mays* L.) foi implantada em área cultivada há 16 anos no Sistema Plantio Direto, utilizando-se o híbrido simples P3456H da Pioneer. A adubação mineral, no sulco de semeadura, foi com 350 kg ha⁻¹ da fórmula comercial (08-28-16). A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas de milho estavam no estágio V4, utilizando-se 120 kg de KCl ha⁻¹ e 300 kg de Uréia ha⁻¹. O espaçamento entre linhas utilizado foi o de linhas gêmeas intercalando espaçamentos entre 0,45 m e 0,90 m. Os tratamentos foram compostos por 2 populações de plantas (55000 e 60000 plantas ha⁻¹) e 5 épocas de coleta do NDVI (30, 45, 60, 75 e 90 dias após a emergência (DAE) das plantas), com 4 repetições, totalizando 40 parcelas, sendo as dimensões da parcela 5 m de comprimento por 2 m de largura totalizando 10 m². Foi avaliado NDVI com o auxílio de um sensor óptico portátil (GreenSeeker®), o qual é considerado um sensor ativo, uma vez que gera sua própria luz na banda do vermelho a 660 ± 12 nm e do infravermelho próximo em 770 ± 12 nm, isso faz com que o sensor independe da iluminação ambiente. O aparelho foi posicionado em uma altura de 1,0 m acima do dossel. As leituras foram realizadas em toda extensão da parcela, com largura útil captada pelo sensor de 0,9 m, nos estádios de desenvolvimento da cultura. O sensor foi conectado a um coletor de dados/receptor GNSS Nomad Trimble® para o armazenamento dos dados georreferenciados. Produtividade: para esta avaliação, foram coletadas espigas da área útil de cada parcela e trilhadas com auxílio de trilhadora mecânica. Os grãos foram separados, pesados e os valores corrigidos para a base úmida de 13%, e os valores extrapolados para kg ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de regressão a 5% de probabilidade pelo teste F, com o auxílio do software estatístico AgroEstat (BARBOSA & MALDONATO, 2014), com o objetivo de analisar a relação do NDVI com produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na população de 55 mil plantas ha⁻¹, somente uma época de coleta o coeficiente da regressão foi significativo, sendo aos 90 DAE com coeficiente de determinação (R²) de 0,7388. Já para a população de 60 mil plantas ha⁻¹ o teste F foi significativo somente aos 30 DAE com R² de 0,8464 (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado do teste F para avaliar o ajuste da regressão do NDVI sobre a produtividade. **Results of F test to evaluating the adjustment of the regression NDVI on productivity.**

	55 mil plantas ha ⁻¹		60 mil plantas ha ⁻¹	
	F	R ²	F	R ²
30 DAE	2,59NS	0,56	15,44*	0,88
45 DAE	0,03NS	0,01	1,55NS	0,44
60 DAE	1,39NS	0,41	1,28NS	0,39
75 DAE	1,74NS	0,465	0,00NS	0,0002
90 DAE	5,66*	0,7388	0,09NS	0,04

Valores seguidos por * são significativos pelo teste F a 5% de probabilidade
DAE = Dias após a emergência.

Estes resultados diferem dos encontrados por POVH et al. (2008) que não alcançaram modelos para a predição da produtividade na cultura do milho devido à saturação do NDVI, este fato pode estar relacionado à diferença de população utilizada, pois os autores utilizaram uma população de 65 mil plantas ha⁻¹ em espaçamento de 0,8 m, já o espaçamento utilizado no atual experimento foi em linhas gêmeas que consiste em 0,9 m entre fileiras

duplas e 0,45 m entre as linhas gêmeas. Este espaçamento consiste numa forma de distribuição de plantas onde se busca aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas. Isto possibilita um arranjo mais equidistante entre os indivíduos, possibilitando melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes melhorando assim a adaptação das culturas ao ambiente de cultivo, sendo descrito ainda como um procedimento disponível para se atingir o máximo potencial produtivo (BALEM, 2013; KUMAR; ASHOK; ANSHUKA, 2016; SCHMITT, 2014; TAKASU et al., 2014). Tendo como base essas características acima citadas, isto pode ter contribuído para não saturação do NDVI sendo possível gerar modelos de correlação entre o NDVI e produtividade.

Aos 90 DAE foi possível gerar um modelo de relação de produtividade e o NDVI no espaçamento convencional na população de 55 mil plantas ha^{-1} (Figura 1), sendo este mais tardio do que na população de 60 mil plantas ha^{-1} que foi aos 30 DAE (Figura 2), este fato pode estar atrelado a diferença no acúmulo de biomassa entre as populações, pois, como na população de 55 mil plantas ha^{-1} pode ter demorado mais a chegar ao ponto de maior relação entre a produtividade e o NDVI.

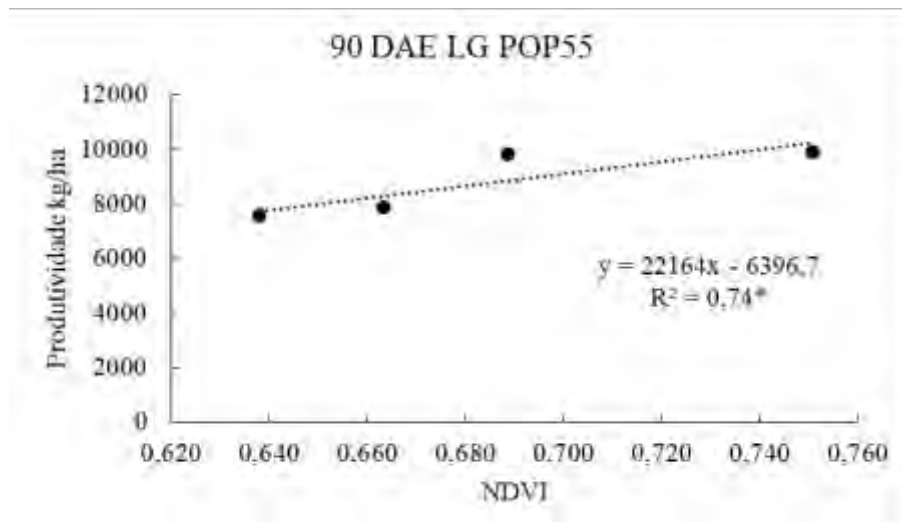


Figura 1. Análise de regressão entre NDVI e produtividade, no espaçamento em linha gêmeas e população 55 mil plantas/ha, 90 dias após a emergência. **Regression analysis between NDVI and productivity, spacing in twin rows and population 55,000 plants ha^{-1} , 90 days after emergence.**

Para a população de 60 mil plantas ha^{-1} foi possível gerar um modelo de correlação entre o NDVI e produtividade com maior acurácia ($R^2 = 0,88$ do que para 55 mil plantas ha^{-1} ($R^2 = 0,74$) e de forma mais precoce (aos 30 DAE). Este resultado está associado ao fato de que na maior população há maior acúmulo de biomassa no início do ciclo da cultura do que na menor população, portanto a leitura do NDVI alcança melhores relações com a produtividade antecipadamente, em contrapartida quando há pouca biomassa ou seja existe pouca cobertura pela cultura, as leituras obtidas pelo sensor sofrem influência do solo e da palhada, fazendo com que não se obtenham o NDVI correspondente do dossel da cultura, daí a necessidade de uma maior biomassa (cobertura do dossel), para que o sensor possa captar a reflectância do dossel.

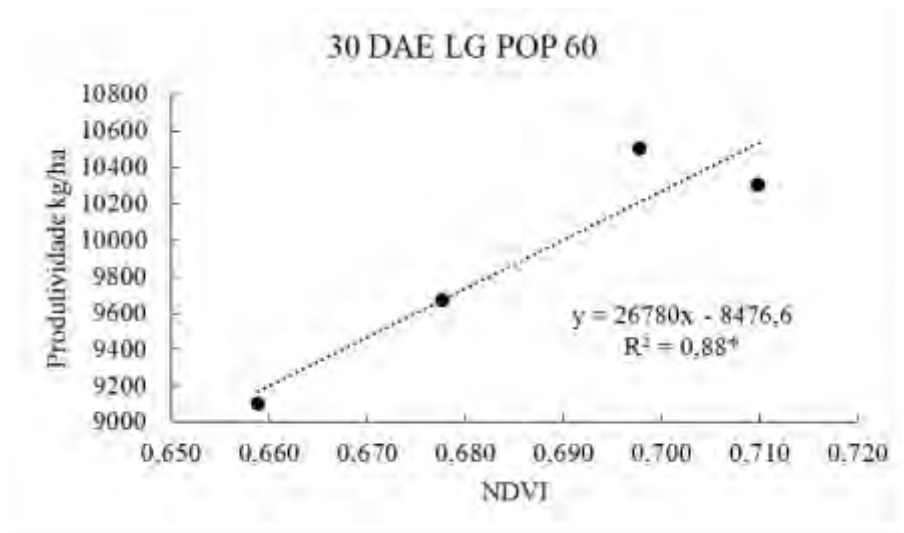


Figura 2. Análise de regressão entre NDVI e produtividade, no espaçamento em linhas gêmeas e população 60 mil plantas ha⁻¹, 30 dias após a emergência. **Regression analysis between NDVI and productivity, spacing in twin rows and population of 60,000 plants ha⁻¹, 30 days after emergence.**

CONCLUSÃO: Foi possível gerar modelos de relação de produtividade com o NDVI do milho disposto em linhas gêmeas aos 90 e 30 DAE para as populações de 55 e 60 mil plantas ha⁻¹ respectivamente.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO, J. C. DE; VETTORAZZI, C. A.; MOLIN, J. P. Estimativa da produtividade e determinação de zonas de manejo, em culturas de grãos, por meio de videografia aérea multiespectral. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, p. 437–447, 2005.
- KUMAR, S. N.; ASHOK, T.; ANSHUKA, S. DEVELOPMENT AND TESTING OF TWIN ROW DRUM PLANTER FOR MAIZE. **GLOBAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY STUDIES**, v. 5, n. 2, p. 198–205, 2016.
- RAUN, W. R.; SOLIE, J. B.; JOHNSON, G. V.; STONE, M. L.; MULLEN, R. W.; FREEMAN, K. W.; THOMASON, W. E.; LUKINA, V. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. **AgronomyJournal**. v.94, p.815-820, 2002.
- SCHMITT, A. **Arranjo de plantas para maximizar o desempenho gronômico do milho em ambientes de alto manejo**. Tese (Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 226p., 2014.
- SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VARVEL, G. E.; WILHELM, W. W.; TRINGE, J. M.; SCHLEMMER, M. R.; MAJOR, D. J. Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. **AgronomyJournal**, v. 93, p. 583-589, 2001.
- SOLARI, F.; SHANAHAN, J.; FERGUSON, R.; SCHEPERS, J.; GITELSON, A. Active sensor reflectance measurements of corn nitrogen status and yield potential. **AgronomyJournal**, v. 100, p. 571-579, 2008.
- TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; GOES, R. J.; HAGA, K. I.; ARF, O.; GITTI D. C. Características agronômicas da cultura do milho em função do preparo de solo e arranjo espacial de plantas. **Revista Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 340–345, 2014.
- UEBEL, J.D. **Avaliação de fungicidas no controle de doenças foliares, grãos ardidos e efeito no NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) em híbridos de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 119 p., 2015.
- ZERBATO, C. et al. Agronomic characteristics associated with the normalized difference vegetation index (NDVI) in the peanut crop. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 05, p. 758–764, 2016.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO COMO FERRAMENTA PARA AUXÍLIO NA CLASSIFICAÇÃO DE AMBIENTES DE PRODUÇÃO EM LAVOURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

GUILHERME M. SANCHES¹, MARIA THEREZA N. de PAULA², PAULO S. GRAZIANO MAGALHÃES³, HENRIQUE C. J. FRANCO⁴

¹ Eng^o Agrícola, Mestre, Esp. Produção de Biomassa (PROD), CTBE, CNPEM, Campinas – SP, Fone: (19) 3518-3141, guilherme.sanches@bioetanol.org.br, aluno de doutorado do Programa Integrado de Bioenergia (UNICAMP).

² Graduanda, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas - SP.

³ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Fac. de Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Divisão de Produção de Biomassa, CTBE, CNPEM, Campinas – SP.

⁴ Eng^o Agrônomo, Doutor, Divisão de Produção de Biomassa, CTBE, CNPEM, Campinas – SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: As lavouras de cana-de-açúcar no Brasil são manejadas de acordo com Ambientes de Produção. No entanto, criado por volta dos anos 1990, a classificação do ambiente é feita com poucos pontos amostrais, sendo baseada na experiência dos profissionais. Tal fato ocasiona classificações pouco precisas e que não representam a real variabilidade físico-química dos solos. Com o advento das tecnologias da Agricultura de Precisão (AP) para mapeamento das lavouras, o conhecimento da variabilidade espacial dos solos em tempo real já é possível. Uma das ferramentas importantes deste pacote tecnológico da AP são os sensores de condutividade elétrica aparente (CEa), que possuem a capacidade de mapear a variabilidade dos solos de maneira rápida, com alta resolução e baixo custo. O presente trabalho tem como objetivo evidenciar que a CEa do solo é capaz de refletir a variabilidade do estado físico-químico dos campos de cultivo, permitindo delimitar as lavouras de cana-de-açúcar em ambientes de produção de maneira mais rápida e precisa. Os resultados mostram que a CEa do solo foi capaz de refletir a variabilidade espacial do conteúdo de argila com alta resolução, evidenciando regiões no campo com diferentes potenciais produtivos e que são manejadas somente de acordo com um único ambiente de produção. Com o auxílio da CEa os produtores poderão alocar variedades e adubar suas áreas agrícolas de maneira mais adequada e sustentável, potencializando a capacidade produtiva dos ambientes e maximizando a lucratividade da produção.

PALAVRAS-CHAVE: sensores proximais de solo; condutividade elétrica aparente; manejo do solo.

APPARENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SOIL AS A TOOL TO PRODUCTION ENVIRONMENT CLASSIFICATION IN SUGARCANE FIELDS

ABSTRACT: The sugarcane fields in Brazil are managed according with production environments. However, created around 1990s, the production environmental classification is made by few sample points and based on the expertise of professionals. This fact causes imprecise classifications and do not represent the physical and chemical real variability of soil. The advent of precision agriculture (PA) technologies, map the soil spatial variability in real-time is possible. One of the most important tools of this technological AP package are the apparent electrical conductivity (ECa) sensors, which have the ability to map the soil variability quickly, with high resolution and at low cost. This paper aims to show that soil ECa is able to reflect the physico-chemical soil spatial variability, allowing delimit the sugarcane fields in production environment more quickly and accurately. The results show that the soil ECa was able to reflect the clay content spatial variability with high resolution, showing the field regions with different production potential which are managed only according to a single production environment. The ECa is a powerful tool to help producers to manage varieties and fertilize with most appropriate and sustainable manner, increasing production capacity of environments and maximizing the profitability of production.

KEYWORDS: proximal soil sensors; apparent electrical conductivity; soil management.

INTRODUÇÃO: As usinas produtoras de cana-de-açúcar realizam o manejo de suas lavouras de acordo com ambientes de produção (PRADO, 2005), definidos em função das condições físicas, hídricas, morfológicas e mineralógicas dos solos. A soma das interações dos atributos de superfície e subsuperfície, o grau de declividade e as condições climáticas definem o “Ambiente de Produção”. As unidades produtoras utilizam a classificação dos ambientes para diversos fins, como alocação de variedades, adubação, definição de épocas de plantio e colheita. No entanto a classificação, na maioria das vezes, é feita por meio de poucos pontos amostrais e baseada na experiência dos profissionais da área. Tal fato proporciona classificações imprecisas e que não representam a real variabilidade das condições físico-química dos solos. Uma das tecnologias que poderá auxiliar os produtores na classificação mais precisa de suas áreas agrícolas é a condutividade elétrica aparente (CEa). A CEa tem se mostrado ao longo dos anos como um método bem-sucedido de avaliar com rapidez, alta resolução e baixo custo, a variabilidade da fertilidade (SUDDUTH *et al.*, 2005) e do potencial produtivo dos solos (CORWIN e LESCH, 2005; CORWIN *et al.*, 2003). O objetivo do presente trabalho é evidenciar que, por meio da CEa, é possível conhecer a variabilidade da matriz físico-química dos solos, auxiliando a classificação dos ambientes de produção de maneira mais rápida, precisa e que representam a real variabilidade do potencial produtivo das lavouras de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: Duas lavouras comerciais de cana-de-açúcar (100 e 35 ha, respectivamente) foram inicialmente mapeadas por meio do sensor de indução eletromagnética EM38-MK2® (Geonics, Ontário, Canada) em julho de 2014, configurado para leituras na camada de 0,00 a 0,38 m. O solo das áreas experimentais foi amostrado em uma grade regular (50x50 m) para caracterização dos macro e micronutrientes, argila, matéria orgânica e pH na profundidade de 0,00 a 0,25 m. A área 1 (100 ha) e a área 2 (35 ha) contaram com 126 e 303 pontos amostrais, respectivamente. Os dados de CEa e dos atributos do solo foram analisados para remoção de possíveis valores discrepantes provenientes de erros laboratoriais e de leituras em campo, seguindo a metodologia proposta por Driemeier *et al.* (2014). Após a remoção de valores discrepantes, calculou-se a correlação entre os atributos do solo e a CEa por meio do coeficiente de correlação de *Pearson*. Os dados foram interpolados por meio da aplicação de krigagem ordinária (KO) utilizando o software ArcGIS 10.4® (ESRI, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, USA). Os ambientes de produção das áreas agrícolas foram definidos segundo metodologia do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC). As áreas experimentais foram colhidas na safra 2015-2016 com as variedades RB855453 e RB975201 nas áreas 1 e 2, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O conteúdo de argila apresentou amplitude de 536 g kg⁻¹ e 99 g kg⁻¹, para as áreas 1 e 2, respectivamente (Tabela 1). Na média, as áreas podem ser classificadas como de textura argilosa (479 g kg⁻¹) e média (343 g kg⁻¹), respectivamente.

TABELA 1. Estatística descritiva do conteúdo de argila no solo (g kg⁻¹) e da Condutividade Elétrica Aparente (mS m⁻¹) para a Área 1 e Área 2. **Descriptive statistics of soil clay content (g kg⁻¹) and apparent electrical conductivity (mS m⁻¹) for Area 1 and Area 2.**

	N Válidos	Média	Min.	Max.	Var.	DP	CV
Área 1							
Argila	288	479,06	199,00	729,00	11118,92	105,45	22,01
CEa	25527	30,24	-52,70	141,00	1826,73	42,74	141,35
Área 2							
Argila	123	343,14	300,00	384,00	517,92	22,76	6,63
CEa	11974	5,51	-4,34	14,70	8,88	2,98	54,12

Min. - Mínimo; Max. - Máximo; Var. - Variância; DP - Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação. Unidades: Argila [g kg⁻¹]; CEa [mS m⁻¹]

A área 1 apresenta alta variabilidade do conteúdo de argila (CV = 22%), apresentando regiões no campo que podem ser classificadas como de textura muito argilosa (733 g kg⁻¹). Os maiores conteúdos de argila estão localizados a norte e a leste nas áreas 1 e 2, respectivamente (Figura 1). A condutividade elétrica aparente do solo apresentou alta amplitude de variação (Amplitude = 194 mS m⁻¹), apresentando valores negativos para a área 1. Tal fato é justificado pela calibração do equipamento utilizado (Sanchez, 2015). A leitura da CEa do solo apresentou alta densidade amostral (255 e 342 leituras ha⁻¹, para áreas 1 e 2, respectivamente), permitindo a obtenção de mapas com alta resolução espacial (Figura 2). Na média as leituras de CEa foram maiores para a área 1 (Tabela 1), correspondendo aos teores de argila.

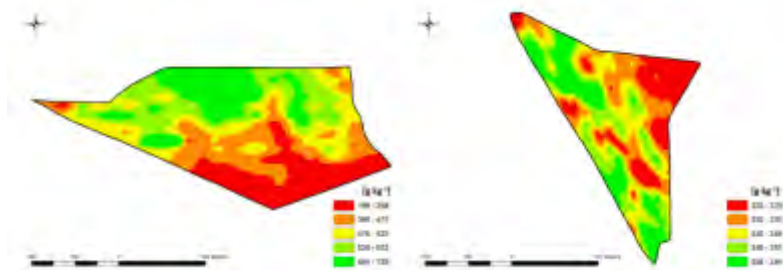


FIGURA 1. Mapas da variabilidade espacial do conteúdo de argila (g kg^{-1}) na camada de 0,00 a 0,25 m para a Área 1 (à esquerda) e Área 2 (à direita). **Soil spatial variability of clay content (g kg^{-1}) at 0,00 to 0,25 m layer for Area 1 (left) and Area 2 (right).**

A CEa dos solos mapeados mostrou correlações significativas com os teores de argila ($r = 0,71$), MO ($r = 0,26$), H+Al e CTC ($r = 0,38$) para a área 1 e com os teores de pH ($r = 0,29$), K ($r = 0,43$), Cu ($r = 0,42$) e Mn ($r = 0,59$) para a área 2 (Tabela 2).

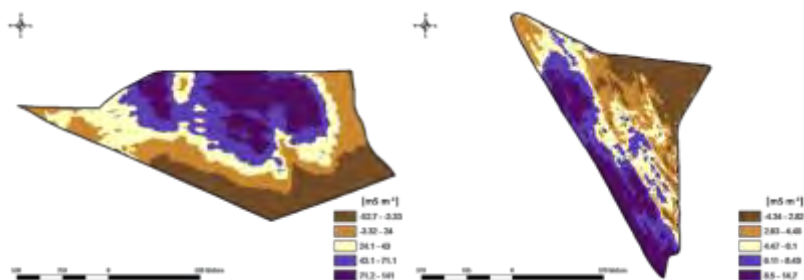


FIGURA 2. Mapas da variabilidade espacial da Condutividade Elétrica Aparente do solo (mS m^{-1}) na camada de 0,00 a 0,38 m para a Área 1 (à esquerda) e Área 2 (à direita). **Spatial variability of soil electrical conductivity (mS m^{-1}) at 0,00 to 0,38 m layer for Area 1 (left) and Area 2 (right).**

TABELA 2. Coeficiente de correlação de *Pearson* (r) entre os atributos do solo e a Condutividade Elétrica Aparente (CEa) para a Área 1 e Área 2. ***Pearson's correlation coefficient between soil properties and apparent electrical conductivity (ECa) for Area 1 and Area 2.***

Área	Argila	MO	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	B	Cu	Mn
1	0.71*	0.26*	0.05 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.32*	0.19*	0.38*	0.29 ^{ns}	0.38*	0.08 ^{ns}	0.35*	-0.04 ^{ns}
2	0.10 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.29*	0.07 ^{ns}	0.43*	-0.11 ^{ns}	0.14 ^{ns}	-0.23*	0.18 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.42*	0.59*

* significativa à 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Com alta correlação com a textura do solo (Fortes *et al.*, 2015; Machado *et al.*, 2006), a CEa apresentou correlação significativa com o conteúdo de argila somente na área 1. No entanto, apesar da baixa correlação na área 2, é possível observar que a variabilidade espacial da CEa segue os mesmos padrões de variabilidade da argila. Como relatado por Faulin (2005), a baixa correlação na área 2 pode estar associada à baixa amplitude do teor de argila desta área. Uma correlação estatística baixa não significa que estes atributos não são relacionados fisicamente, como pode ser evidenciado pelos mapas de variabilidade espacial (Figuras 1 e 2). Os ambientes de produção das áreas experimentais foram classificados como A e C, respectivamente, para as áreas 1 e 2 (Figura 3). De acordo com Prado (2005), o ambiente A apresenta o maior potencial produtivo (Produtividade Média > 100 Mg ha⁻¹), enquanto o ambiente C apresenta uma produtividade média de 80-88 Mg ha⁻¹. O potencial produtivo das lavouras corresponde com o conteúdo de argila médio das áreas experimentais, onde solos de textura mais argilosa (área 1) apresentam maior fertilidade e capacidade de retenção de água (RAIJ *et al.*, 2011), contribuindo para o bom desempenho da cultura. Por meio da série histórica dos dados de produção da usina, os talhões 04, 05 e 09 da área 1 apresentaram uma produtividade média de 110 Mg ha⁻¹, enquanto os talhões 51, 12 e 11 produziram, na média, 94 Mg ha⁻¹. Os talhões 32 e 33 da área 2 não foram colhidos separadamente, não sendo possível distinguir a diferença de produção entre eles pela série histórica de dados. Apesar da área 1 ser classificada dentro de um único ambiente de produção, é possível observar que existe diferença de potencial produtivo dentro da lavoura. Esta diferença de potencial produtivo pode ser justificada pela diferença textural encontrada no solo (Figura 1 – à direita), evidenciada pela CEa do solo (Figura 2 – à direita), onde a menor produtividade da cultura foi observada nas regiões de textura mais arenosa.

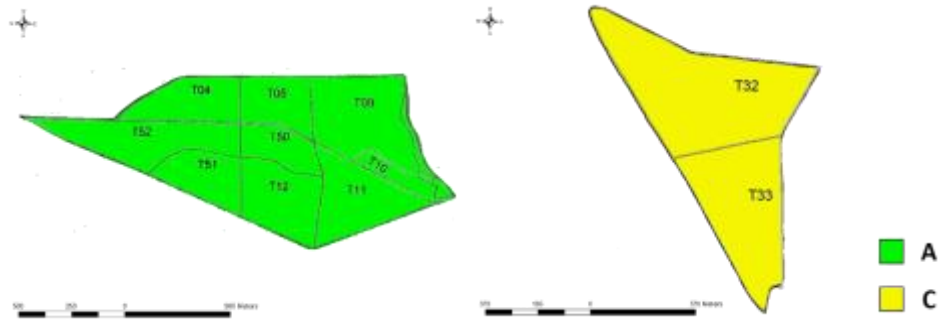


FIGURA 3. Classificação dos Ambientes de Produção de Cana-de-açúcar de acordo com Prado (2005) para as Áreas 1 (à direita) e Área 2 (à esquerda). **Environments Production Classification of sugar cane fields according to Prado (2005) for Areas 1 (left) and Area 2 (right).**

O plantio de uma variedade mais robusta poderia proporcionar maiores produções nos locais de menor potencial produtivo da área 1, sendo que o manejo deve ser diferenciado por meio do estabelecimento de ambientes de produção distintos. A atual classificação dos ambientes, sem nenhuma informação prévia da variabilidade espacial dos solos, proporciona classificações imprecisas das lavouras, como evidenciado no presente trabalho. Profissionais que contemplem a informação da variabilidade espacial da CEA do solo poderão direcionar as amostragens, permitindo alcançar classificações mais precisas dos ambientes de produção. Trabalhos futuros devem investigar os reais benefícios do manejo diferenciado e da alocação de diferentes variedades na lavoura em função de classificações mais adequadas. O manejo diferenciado das lavouras, por meio de ambientes de produção precisos, poderá maximizar o potencial produtivo e a assim, aumentar a lucratividade das usinas produtoras de cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO: A condutividade elétrica do solo é uma ferramenta poderosa que pode auxiliar os profissionais e produtores na classificação mais precisa dos ambientes de produção das lavouras de cana-de-açúcar. A alocação de diferentes variedades e o manejo diferenciado das lavouras poderá potencializar a capacidade produtiva e maximizar a lucratividade da produção.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) concedida ao segundo autor, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Processo 2013/50942-2) pelo financiamento do projeto e à Usina Santa Fé pela infraestrutura concedida.

REFERÊNCIAS:

- CORWIN, D. L., & LESCH, S. M. Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 46, p. 11–43, 2005.
- CORWIN, D.L., S.R. KAFFKA, J.W. HOPMANS, Y. MORI, J.W. VAN GROENIGEN, C. VAN KESSELB, S.M. LESCHA, AND J.D. OSTERF. Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil. **Geoderma**, v.114 (3-4), p. 231-259, 2003.
- DRIEMEIER, C. E., LING, L. Y., PONTES, A. O., SANCHES, G. M., FRANCO, H. C. J., MAGALHÃES, P. S. G., FERREIRA, J. E. Data Analysis Workflow for Experiments in Sugarcane Precision Agriculture. In: IEEE 10th International Conference on eScience (eScience), Sao Paulo. **Proceedings** of IEEE 10th International Conference on e-Science. p. 163. 2014.
- FAULIN, G. C. **Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo**. Dissertação apresentada na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). 63 p. 2005.
- FORTES, R., MILLÁN, S., PRIETO, M. H., CAMPILLO, C. A methodology based on apparent electrical conductivity and guided soil samples to improve irrigation zoning. **Precision Agric J**. v.16, p. 441-454, 2015.
- PRADO, H. Ambientes de produção em cana-de-açúcar. Disponível em: [https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/\\$FILE/Enc12-17-110.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7759ddc6878ca7eb83256d05004c6dd1/$FILE/Enc12-17-110.pdf). Acessado em: 30/06/2016.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 420 p., 2011.
- SANCHES, G. M. **Variabilidade espacial dos atributos do solo por meio da condutividade elétrica aparente**. Dissertação apresentada na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 144 p., 2015.
- SUDDUTH, K.A., KITCHEN, N.R., WIEBOLD, W.J., BATCHELOR, W.D., BOLLERO, G.A., BULLOCK, D.G., CLAY, D.E., PALM, H.L., PIERCE, F.J., SCHULER, R.T., THELEN, K.D. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. **Computers and Electronics in Agriculture** v.46 (1–3), p. 263–283, 2005.

DELINEAMENTO DE ZONAS DE MANEJO PARA A CAFEICULTURA DE PRECISÃO POR MEIO DA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS AGRONÔMICAS COM A PRODUTIVIDADE

GABRIEL A. e S. FERAZ¹, STHÉFANY A. SANTOS², JOÃO L. JACINTHO³,
PEDRO H. A. BELCHIOR⁴, PATRÍCIA F. P. FERRAZ⁵

¹ Eng^o Agrícola, Prof. D. Sc., Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, (35) 3829-4566, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

² Graduanda de Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, (35) 98889-2070, sthefanyairane@engagricola.ufla.br

³ Eng^o Agrimensor, Prof. M.Sc., Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, (38) 3201-3097, joao.jacinto@ifnmg.edu.br

⁴ Graduando de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, (35) 999782447, Pbelchior@engagricola.ufla.br

⁵ Zootecnista, Profa. D.Sc., Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, (35)3829-1681

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O conhecimento de zonas de manejo possibilita distinguir regiões de acordo com suas propriedades, reunindo zonas que apresentem características ou propriedades homogêneas. O objetivo deste trabalho foi definir zonas de manejo em uma lavoura cafeeira, utilizando características agronômicas das plantas e produtividade. Verificou-se a relação das características agronômicas (grau de maturação, índice de maturação, enfolhamento, altura da planta e diâmetro de copa) com a produtividade de uma área de 22 ha de lavoura cafeeira, efetuando a análise de medida de correlação de Pearson na escolha da melhor variável para geração de zonas de manejo. A variável diâmetro de copa foi escolhida como variável ideal, uma vez que apresentou a maior correlação significativa com a produtividade (25,27%). A definição de zonas de manejo respeitou a divisão idêntica no intervalo de valores mínimos e máximos da variável diâmetro de copa, gerando três mapas (de duas, três e quatro zonas de manejo). Observou-se que os grupos foram bem delineados em todos os mapas, oferecendo ao produtor uma ferramenta capaz de diminuir a quantidade de amostras para análises futuras, uma vez que ali se encontram regiões com características homogêneas de atributos.

PALAVRAS-CHAVE: lavoura cafeeira, diâmetro de copa, mapeamento

MANAGEMENT ZONES DELIMITATION TO PRECISION COFFEE CROP THROUGH CORRELATION ANALYSIS OF AGRONOMIC VARIABLES WITH COFFEE YIELD

ABSTRACT: The knowledge of management zones ably the distinguish regions by properties, gathering zones that present homogeneous characteristics or properties. This work aims define management zones in a coffee harvest, using agronomic characteristics of plant and coffee yield. Relationship among agronomic characteristics (maturation degree, maturation index, leafiness, plant height and crown diameter) and coffee yield of 22 hectares coffee crop area, applying Pearson correlation analysis to choose the best variable to generate management zones. The variable crown diameter was selected as ideal variable, once it presented the highest significant correlation with coffee yield (25.27%). Management zones definition respected the identical division in minimum and maximum intervals of crown diameter, generating three maps (two, three and four management zones). It was observed that the groups were well delineated in all maps, offering the producer a tool to reduce the number of samples for future analysis, since in these regions have homogeneous characteristics of attributes.

KEYWORDS: coffee harvest, crown diameter, mapping

INTRODUÇÃO: O cafeeiro apresenta variações na produtividade e qualidade com significativa alternância no local de produção, onde cada região pode ser representada como um território em que diferentes graus de variabilidade influenciam a planta e afetam as características dos produtos finais (GOULET e MORLAT, 2011).

A cafeicultura de precisão é uma prática que traz inúmeros benefícios a cultura do café, como a identificação de áreas com potencial para a produção de frutos com melhor qualidade e o conhecimento de fatores que a determinam.

Para o melhor entendimento da variabilidade espacial é necessário uma malha amostral densa, o que vem sendo um desafio para a agricultura de precisão. Uma solução para este problema é o estudo de zonas de manejo. As zonas de manejo visam a utilização de conceitos da AP, dividindo as áreas de produção em sub-regiões do campo que apresenta uma combinação de fatores limitantes de produtividade e de qualidade, com características similares, diferenciando-se umas das outras.

O objetivo deste trabalho foi definir zonas de manejo em uma lavoura cafeeira, utilizando características agrônomicas das plantas e produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na fazenda Brejão, localizada no município de Três Pontas (MG), em uma área de 22 hectares de lavoura de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Topázio, no espaçamento de 3,8m entre linhas e 0,8m entre plantas, totalizando 3.289 plantas.ha⁻¹. Nesta área foi criada uma malha amostral regular de 64 pontos amostrais georreferenciados.

Foram coletados, cinco atributos relacionados à planta: produtividade, índice de maturação, enfolhamento, altura da planta e diâmetro de copa. A produtividade de café (L.planta⁻¹) foi obtida por meio da colheita manual sobre panos das quatro plantas em torno do ponto amostral, e o volume colhido de cada planta, após a abanação, foi medido em um recipiente graduado em litros. Após esta medição, foi obtida a média de produção destas quatro plantas, resultando no valor de produtividade para o ponto amostral.

Os frutos derriçados do conjunto de quatro plantas componentes a este ponto foram colocados em um mesmo recipiente e homogeneizados para se retirar uma amostra de 0,5 L de frutos (CARVALHO et al., 2003). Esse volume foi utilizado para a realização da contagem de frutos para cada maturação (seco, passa, maduro e verde) e transformando-os em porcentagem e realizando o somatório destas para obtenção do índice de maturação. Para a avaliação do enfolhamento utilizou-se a escala visual proposta por BOLDINI (2001), onde as variações se dão de 0 a 20%, de 21 a 40%, de 41 a 60%, de 61 a 80% e de 81 a 100%. No conjunto de plantas componentes do ponto amostral foram medidas a altura da planta e o diâmetro de copa, utilizando uma régua graduada em milímetros. A medida da altura da planta foi obtida da parte superior da planta até o a superfície do solo. O diâmetro de copa é a medida do ramo de maior comprimento.

Com o intuito de verificar a relação entre os atributos de planta e a produtividade do cafeeiro, efetuou-se a análise da medida de correlação de Pearson. Para identificar os atributos utilizados para geração de zonas de manejo verificou-se quais variáveis possuíam maior correlação com a produtividade, ordenando-as de acordo com os maiores valores de correlação.

Utilizando o software ArcGIS (versão gratuita de teste para estudantes), os intervalos entre grupos das variáveis selecionadas como aptas a criação de zonas de manejo, foram definidos, de forma que os valores preditos deste intervalo fossem iguais para cada área, de acordo com a quantidade de zonas. Geraram-se mapas de duas, três e quatro zonas de manejo, para verificar o comportamento da média de produtividade por regiões agrupadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Utilizando todas as variáveis em estudo, altura de planta, diâmetro de copa, índice de maturação e enfolhamento e relacionando-as com a produtividade, foi possível efetuar a análise de correlação de Pearson (Tabela 1). A análise evidenciou que as variáveis altura de planta, índice de maturação, enfolhamento não se mostraram correlacionados com a produtividade. Foi

possível observar a correlação entre a produtividade a variável diâmetro de copa. Logo a variável diâmetro de copa foi escolhida como variável ideal, uma vez que apresentou a maior correlação significativa com a produtividade (25,27%).

TABELA 1. Matriz de correlação das variáveis. **Correlation Matrix of the variables**

Variável	Altura da Planta	Diâmetro de copa	Índice de Maturação	Enfolhamento	Produtividade
Altura da Planta	1				
Diâmetro de Copa	0,3214	1			
Índice de Maturação	-0,1470	-0,1167	1		
Enfolhamento	0,2426	-0,0693	-0,1057	1	
Produtividade	0,0936	0,2527	-0,1591	-0,0686	1

Uma vez que a variável diâmetro de copa foi selecionada como a melhor opção pela matriz de correlação espacial, esta foi utilizada na definição de zonas de manejo. A categorização das zonas de manejo respeitou a divisão idêntica no intervalo de valores mínimos e máximos das amostras e as regiões foram classificadas e denominadas zonas de valores “baixos” e “altos” para duas zonas de manejo, “baixos”, “médios” e “altos” para três zonas de manejo, e “baixos”, “entre baixos e médios”, “entre médios e altos” e “altos” para quatro zonas de manejo (Tabela 2).

TABELA 2. Estatística descritiva dos atributos correlacionados com a produtividade do cafeeiro e com a variável diâmetro de copa para duas, três e quatro zonas de manejo. **Descriptive statistics of the attributes correlated with the coffee yield and with the canopy diameter for two, three and four management zones.**

Zonas	Variável	Média	D.P.	Var	C.V.	Ck	Cs	Mínimo	Máximo
Baixa (2 Zonas)	Diâmetro de copa	1,70	0,08	0,01	0,05	-1,10	-0,12	1,54	1,83
	Produtividade	4,00	1,46	2,13	0,37	-0,50	0,26	1,40	7,45
Alta (2 Zonas)	Diâmetro de copa	1,78	0,08	0,01	0,04	-0,67	-0,06	1,63	1,92
	Produtividade	4,68	1,27	1,61	0,27	-0,46	0,27	2,65	7,28
Baixa (3 Zonas)	Diâmetro de copa	1,67	0,07	0,01	0,04	-0,63	0,03	1,54	1,81
	Produtividade	3,71	1,70	2,90	0,46	-0,33	0,61	1,40	7,45
Média (3 Zonas)	Diâmetro de copa	1,73	0,08	0,01	0,05	-0,49	0,00	1,57	1,92
	Produtividade	4,31	1,16	1,34	0,27	-0,53	0,06	1,73	6,75
Alta (3 Zonas)	Diâmetro de copa	1,80	0,07	0,01	0,04	1,11	-0,66	1,63	1,92
	Produtividade	4,76	1,44	2,07	0,30	-0,75	0,20	2,65	7,28
Baixa (4 Zonas)	Diâmetro de copa	1,67	0,08	0,01	0,04	-0,32	0,03	1,54	1,81
	Produtividade	3,79	1,90	3,60	0,50	-0,82	0,46	1,40	7,45
Média Baixa (4 Zonas)	Diâmetro de copa	1,72	0,08	0,01	0,05	-1,25	-0,41	1,57	1,83
	Produtividade	4,09	1,20	1,45	0,29	-0,45	0,35	1,73	6,75
Média Alta (4 Zonas)	Diâmetro de copa	1,75	0,08	0,01	0,05	0,13	1,00	1,66	1,92
	Produtividade	4,84	1,19	1,43	0,25	0,38	0,56	3,23	7,28
Alta (4 Zonas)	Diâmetro de copa	1,80	0,08	0,01	0,04	0,77	-0,65	1,63	1,92
	Produtividade	4,58	1,37	1,87	0,30	-0,83	0,16	2,65	6,90

Mínimo - Valor mínimo; Máximo - Valor máximo; D.P. - Desvio padrão; Var - variância; C.V. - Coeficiente de variação; Cs - Coeficiente de assimetria; Ck - Coeficiente de curtose

Ao se classificar a região de estudo em duas zonas e utilizando a variável diâmetro de copa, verificou-se que a zona que concentrou os menores valores ocupou uma área de 12,2 ha e a zona que concentrou os maiores valores 9 ha. Já quando se utilizou três zonas de manejo, verificou-se que a zona que

concentrou os menores valores ocupou uma área de 6,2 ha, a zona que reuniu os valores médios de diâmetro de copa ocupou 10,2 ha e a zona que concentrou os maiores valores ocupou 4,8 ha. Classificando a área em quatro zonas de manejo, verificou-se que a zona que concentrou os menores valores ocupou uma área de 4,5 ha, as zonas que concentraram os valores entre baixos e médios e entre médios e altos ocuparam respectivamente 7,8 ha e 5,4 ha e a zona que concentrou os maiores valores ocupou 3,6 ha.

Utilizando as análises descritivas das zonas de manejo geradas, é possível gerar mapas temáticos capazes de auxiliar a tomada de decisões do produtor cafeeiro. Foram gerados três mapas (duas, três e quatro categorias) para cada variável candidata a definição de zonas de manejo para a área de estudo (Figura 1). Para tal, efetuou-se a interpolação dos pontos segundo os valores de diâmetro de copa, baseando-se no modelo matemático inverso das distâncias.

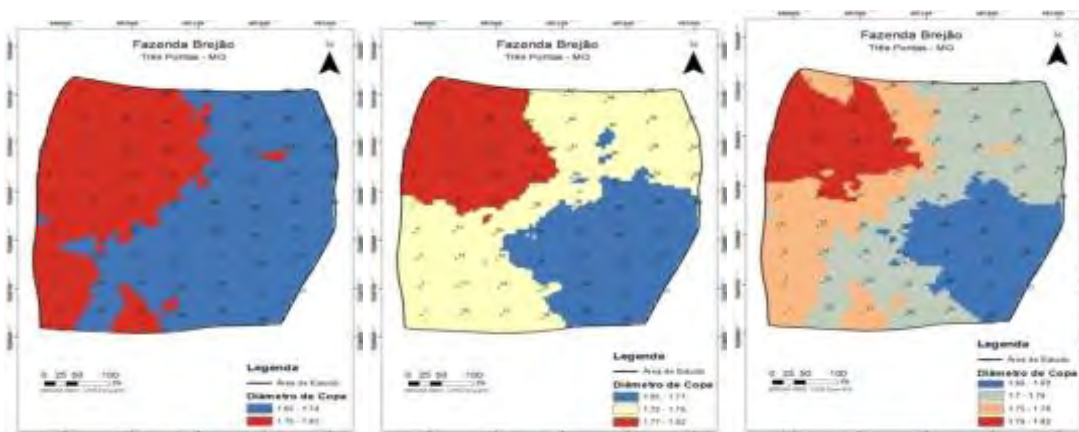


FIGURA 1. Zonas de manejo segundo a variável diâmetro de copa: (a) duas zonas, (b) três zonas e (c) quatro zonas. **Management zones according to the variable canopy diameter: (a) two zones, (b) three zones and (c) four zones**

CONCLUSÕES: A metodologia adotada para definir zonas de manejo mostrou-se adequada para o reconhecimento de padrões de agrupamento nas variáveis que estiveram correlacionadas com a produtividade. Foi possível definir zonas de manejo com a variável que mais se correlacionou com a produtividade e observar a correlação das médias de produtividade nestas zonas criadas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Fundação de Amparo à pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (PGEAAmb/UFRRJ), ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA/UFLA) pelo apoio a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C. et al. Geostatistical analysis of the spatial variation of the berry borer and leaf miner in a coffee agroecosystem. *Precision Agriculture*, v. 12, p. 18–31, 2011.
- BOLDINI, J. M. **Epidemiologia da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro irrigado e fertirrigado**. 67p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- CARVALHO, G. R. et al. Eficiência do Ethephon na uniformização e antecipação da maturação de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade da bebida. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, p. 98–106, 2003.
- GOULET, E.; MORLAT, R. 2011. **The use of surveys among wine growers in vineyards of the middle-Loire Valley (France), in relation to terroir studies**, *Land Use Policy* 28(4): 770–782. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.01.003>.

USO DE SENSORES ELÉTRICOS PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO NA AVALIAÇÃO DE VARIABILIDADE ESPACIAL DO PH E DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

GABRIEL A. e S. FERRAZ¹, STHÉFANY A. dos SANTOS², PEDRO HENRIQUE A. BELCHIOR³, JOSÉ ROBERTO M. R. GONÇALVES⁴, ÉTORE F. REYNALDO⁵

¹Engº Agrícola, Prof. D. Sc., Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, (35) 3829-4566, gabriel.ferraz@deg.ufla.br

²Graduanda de Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, (35) 98889-2070, sthefanyairane@engagricola.ufla.br

³Graduando de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, (35)9 99782447, Pbelchior@engagricola.ufla.br

⁴Engº Ambiental, Mestrando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro ,

⁵ Eng. Agrônomo, Testing and Operation, Breeding, Monsanto do Brasil, e-mail: etfreynaldo@yahoo.com.br;

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Visando a otimização da produção, o uso de novas tecnologias na área agrícola torna-se cada vez mais necessário. Neste contexto surge a agricultura de precisão, que consiste na aplicação de técnicas e tecnologias, buscando a melhoria dos processos produtivos. O objetivo deste trabalho foi utilizar as técnicas de agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do pH e da Condutividade Elétrica Aparente do solo (CEa) amostrados por um sensor comercial. Este trabalho foi conduzido em uma área de 18,64 ha sob rotação de cultura de soja, aveia, milho, trigo e cevada em Guarapuava – PR. Utilizou-se valores de pH e condutividade elétrica amostrados no solo por meio do uso de um sensor comercial, o qual gera dados através do uso de corrente elétrica aplicada no solo e em pontos georreferenciados. Os dados foram avaliados por meio de semivariograma e interpolação por krigagem ordinária para a confecção de mapas de distribuição espacial. A análise dos dados permitiu caracterizar a magnitude da variabilidade espacial do pH e da condutividade elétrica, os mapas permitiram a observação da distribuição espacial da variável na área em estudo, além de mostrar o uso de uma nova ferramenta a qual possui uma alta capacidade operacional para este tipo de análise.

PALAVRAS-CHAVE: tecnologia agrícola, geoestística, distribuição espacial

USE OF ELECTRICAL SENSORS FOR PRECISION AGRICULTURE IN THE EVALUATION OF THE SPATIAL VARIABILITY OF PH AND APPARENT SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY

ABSTRACT: To optimize the production, the use of new technologies in agriculture becomes more necessary. In this context appears the precision agriculture which is the application of techniques and technologies, seeking improve the production process. The aim of this study was to use the precision agriculture and geostatistics techniques to evaluate the spatial variability of pH and apparent soil Electrical Conductivity (CEa) sampled by a commercial sensor. This study was conducted on an area of 18.64 ha under crop rotation soybean, oats, corn, wheat and barley in Guarapuava - PR. It was used pH and electrical conductivity sampled on the soil by a commercial sensor which outputs data through the use of electrical current applied on the soil in georeferenced locations. Data were evaluated by semivariogram and interpolation by ordinary kriging in order to create spatial distribution maps. Data analysis

allowed to characterize the magnitude of the spatial variability of pH and electrical conductivity. Maps allowed, as well, the observation of the spatial distribution of the variable in the study area, in addition to showing the use of a new tool which has a high operational capacity to this type of analysis.

KEYWORDS: agricultural technology, geostatistics, spatial distribution

INTRODUÇÃO: Em busca de uma maior rentabilidade e estabilidade produtiva é realizada a rotação de culturas, que consiste em alternar em determinado tempo, o cultivo de espécies vegetais, preferencialmente com culturas que possuam um sistema radicular diferente como gramíneas e leguminosas, isto é realizado pois cada espécie cultivada deixa um efeito residual positivo para as culturas sucessoras (GONÇALVES et al, 2007). O conhecimento do potencial Hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica aparente do solo possui uma importância relevante para a agricultura, pois define a qualidade da água no solo. O pH analisa a acidez e a condutividade elétrica aparente a quantidade de íons presentes na solução água e nutrientes.

A Agricultura de Precisão surge como um conjunto de técnicas e metodologias que buscam auxiliar o produtor, no gerenciamento das lavouras, minimizando gastos por meio da decisão correta para aplicação de insumos e causando menores impactos ambientais decorridos da atividade agrícola. Para um estudo detalhado de uma determinada área é necessário um grande número de amostras, contribuindo para a geração de mapas mais precisos. O uso de sensores associados a Agricultura de Precisão facilita o processo de amostragem tornando-o mais rápido, preciso e com maior quantidade de dados. O objetivo deste trabalho foi utilizar as técnicas de agricultura de precisão e geoestatística para avaliar a variabilidade espacial do pH e da Condutividade Elétrica Aparente do Solo amostrados de forma indireta no solo.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido no município de Condói-PR, em uma área de 20 ha sob rotação de cultura de soja, aveia, milho, trigo e cevada. As coordenadas médias da área são de 25° 34' 15" S e 52° 03' 10" O de Greenwich. Utilizou-se o equipamento VERIS PMC®, que é montado à um trator agrícola para transcorrer a área em estudo. O trator possuía um receptor de sinais GNSS para o georreferenciamento das amostras obtidas pelo implemento. O implemento é composto de seis discos dispostos lado a lado num eixo fazendo contato com o solo e obtendo amostras na profundidade de 0 a 30 cm. Esse sistema permite a coleta de dados sendo um par para eletrodos de fluxo de corrente e um par para a medida de tensão elétrica. Assim foi possível obter o potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica Aparente (CEa) do solo em pontos georreferenciados.

A dependência espacial do pH e da CEa foi analisada por meio de ajuste de semivariograma clássico pelo método dos mínimos quadrados ordinários (OLS) e pelo modelo esférico. Para a confecção de mapas para a observação do comportamento destas variáveis na área em estudo, foi realizada interpolação por Krigagem ordinária. O grau da dependência espacial do atributo em estudo, foi classificado de acordo com Cambardella et al. (1994), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas com efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar; moderada quando está entre 25 e 75 % e fraca quando o efeito pepita for maior ou igual a 75 %.

Para realizar a análise geoestatística e para a plotagem dos mapas de isolinhas foi utilizado sistema computacional estatístico R, por meio do pacote geoR (RIBEIRO Jr. & DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A valores obtidos pela estatística descritiva dos dados de pH e CEa amostrados pelo sensor podem ser observados na TABELA 1. Observa-se que os valor mínimo e máximo do pH são bem próximos, já para a CEa estes valores estão bem distantes. O desvio padrão apresentou valores baixos, indicando uma proximidade com a média. Segundo Pimentel Gomes (2000) se o coeficiente de variação for inferior a 10% considera-se o mesmo como baixo, ou seja, o experimento tem alta precisão. Sendo assim, observou-se alta precisão nas amostragem para a variável

pH, que apresentou um valor de 5,78%. Para a CEa o desvio padrão apresentou um valor de 22,78%, o que para a estatística clássica e experimental é considerado de baixa precisão. Porém estes valores não impedem a realização de análises geoestatísticas. Por meio da análise descritiva não se pode afirmar onde ocorrem os maiores ou os menores valores de pH e CEa na área, necessitando, assim, de estudos geoestatísticos.

TABELA 1. Estatística descritiva do pH e da CE. **Descriptive analyses of pH and CE.**

Amostragem	Min.	Máx.	\bar{X}	Md	DP	Var	CV
pH	5,20	6,80	5,88	5,85	0,3399	0,1156	5,78
CE	3,70	15,00	7,76	7,50	1,7682	3,1265	22,78

Mín - valor mínimo da variável; Md - Mediana; \bar{X} - Média; Máx - Valor máximo da variável; DP - Desvio Padrão; Var - Variância; CV - Coeficiente de variação

Na Tabela 2 são encontrados os dados da análise geoestatística. O efeito pepita (C_0), é um importante parâmetro para os semivariogramas, indicando a variabilidade não explicada (McBratney & Webster, 1986). Considerando as distâncias de amostragem utilizada, o efeito pepita encontrado para o pH e a condutividade elétrica foi igual a 0,0378 e 1,7980 respectivamente.

Para a determinação do limite de dependência espacial utiliza-se os valores de alcance (a). As variáveis estudadas apresentaram valores de alcance de 82,65 m para pH e de 213,13 m para a CEa. O grau de dependência espacial (GDE) encontrado foi moderado para ambas variáveis amostradas.

Pela análise da Figura 1a e 1b é possível observar os semivariogramas ajustados para as variáveis pH e condutividade elétrica, respectivamente.

TABELA 2. Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a variável pH e da condutividade elétrica do solo (CE). **Models and parameters estimated to the experimental semivariogram of pH and to the soil electrical conductivity (CE).**

Variáveis	Modelo	C_0	C_1	C_0+C_1	a	GDE
pH	Esférico	0,0378	0,0778	0,1156	82,65	37,70
CE	Esférico	1,7980	1,8068	3,6048	219,13	49,88

C_0 - Efeito Pepita; C_1 - Contribuição; C_0+C_1 - Patamar; a - alcance; GDE - Grau de dependência espacial;

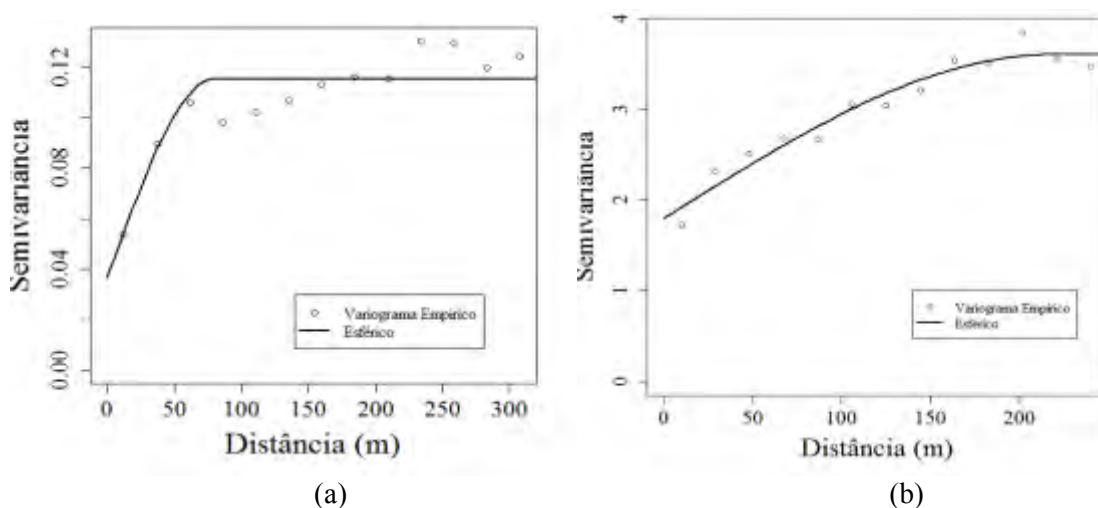


FIGURA 1. Semivariogramas para o pH (a) e da condutividade elétrica (b). **Semivariogram of pH (a) and of electrical conductivity (b)**

Nas Figuras 2a e 2b observar-se os mapas de distribuição espacial das variáveis em estudo obtidas por krigagem ordinária na área avaliada. Com a utilização destes mapas, foi possível observar o comportamento do pH e da CEa na área, onde estas variáveis apresentavam valores altos (avermelhados), médios (amarelados) e baixos (esbranquiçados). Observa-se que ambos os mapas apresentam de forma clara a distribuição espacial das variáveis amostradas de forma indireta, o que é explicado pelo grande volume de dados amostrais, apresentado de forma significativa a área em estudo.

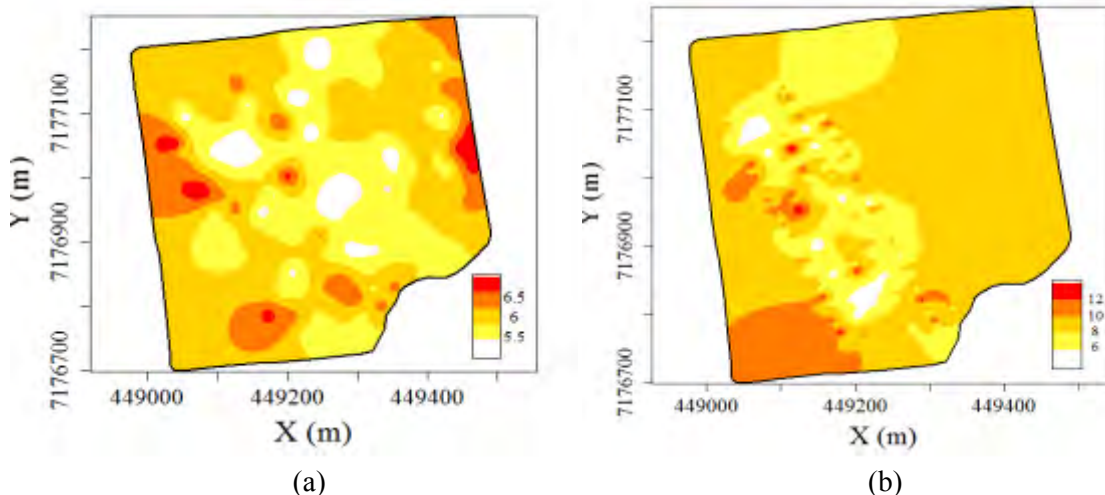


FIGURA 2. Mapa da distribuição espacial do pH (a) e da condutividade elétrica (b). **Map of the spatial distribution of pH (a) and of electrical conductivity (b).**

CONCLUSÕES: As variáveis apresentaram estrutura de dependência espacial expressas pelo semivariograma, o que permitiu o mapeamento por meio da krigagem ordinária. Por meio da análise dos mapas de distribuição espacial foi possível observar as regiões que apresentaram valores altos, médios e baixos de pH e de CEa. A amostragem de forma indireta, pelo sensor utilizado, apresentou-se como uma excelente ferramenta para a análise de dependência espacial, devido a seu grande número de dados amostrais o que possibilitou uma melhor observação do comportamento das variáveis no solo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA), a FAPEMIG, a CAPES, o SISU/MEC e o CNPq pelo apoio para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. **Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils.** Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- GONÇALVES, S. L.; GAUDENCIO, C. A.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.; GARCIA, A. **Rotação de Culturas.** Circular Técnica 45, EMBRAPA, Londrina-PR, setembro de 2007.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 37, n.3, p. 617-639, May 1986.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.
- PITOL, C. **A cultura da aveia no Mato Grosso do Sul.** Maracaju: COTRIJUI, 1988. 34p. (COTRIJUI. Boletim Técnico, 2).
- RIBEIRO JR., P.J. and DIGGLE, P.J. (2001) geoR: **A package for geostatistical analysis.** R-NEWS Vol 1, No 2. ISSN 1609-3631.

SPATIAL ANALYSIS OF SOIL ATTRIBUTES RELATED TO SALINITY IN A MANGO IRRIGATED AREA IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID

DAVID CASTRO ALVES¹, MARCOS SALES RODRIGUES², JAILSON CAVALCANTE CUNHA³,
AUGUSTO MIGUEL NASCIMENTO LIMA² e ÍTALO HERBERT LUCENA CAVALCANTE²

¹ Estudante, bolsista do CNPq, Colegiado de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina – PE, Fone: (87) 2101-4833, davidcastro93@outlook.com.

² Eng° Agrônomo, Prof. Adjunto, CEAGRO, UNIVASF, Petrolina – PE.

³ Eng° Agrônomo, Pós-doutorando, Colegiado de Pós graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF, Juazeiro – BA.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

ABSTRACT: Salinization of irrigated areas in the semi-arid of Brazil is one of most important problem for fruit production. Therefore, define spatial distribution of soil salinity may be a significant technique to improve management in fruit irrigated areas. This work aimed 1) to assess the spatial distribution of soil salinity; 2) and to delineate management zones based on soil salinity data in an irrigated mango orchard in the semi-arid region of Brazil. In Juazeiro county, Bahia state, the experimental site was structured in two sample grids, one under the canopy of the mango trees and another one in the row spacing, with 96 georeferenced points spaced 8 x 8 m each. Disturbed soil cores were taken from the 0 to 0.2 m layer in each point. Soil texture, soil pH, soil electrical conductivity (EC) and soluble cations were determined. Statistical analyses consisted of data description and geostatistics. Soil salinity showed spatial dependence in the row spacing of the mango trees and soluble Na, Ca and Mg were the attributes that define soil salinity spatial distribution. It was possible defined three management zones based on their soil EC values, which were classified as salic 63% of the area, saline 34% of the area, and not saline, 3% of the area.

KEYWORDS: electrical conductivity, geostatistics, *Mangifera indica* L.

ANÁLISE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO RELACIONADOS COM A SALINIDADE EM UMA ÁREA DE MANGUEIRA IRRIGADA NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

RESUMO: A salinização de áreas irrigadas no semiárido do Brasil é um dos mais importantes problemas da fruticultura. Portanto, definir a distribuição espacial da salinidade do solo pode ser uma técnica significativa para melhorar o manejo de áreas irrigadas. Este trabalho objetiva 1) avaliar a distribuição espacial da salinidade do solo; 2) e delinear zonas de manejo baseadas na salinidade do solo em uma área cultivada com mangueira irrigada na região semiárida brasileira. No município de Juazeiro-BA, o experimento foi estruturado em duas malhas amostrais, uma na região da copa das mangueiras e outra no espaçamento entrelinhas, com 96 pontos georreferenciados espaçados de 8 x 8 m cada. Amostras deformadas foram retiradas nas camadas de 0-0,2 m de profundidade. A textura do solo, pH, condutividade elétrica (CE) e cátions solúveis foram determinados. A análise estatística consistiu da descrição dos dados e geoestatística. A salinidade do solo mostrou dependência espacial na entrelinha da mangueira e Na, Ca e Mg solúveis foram os atributos que definiram a distribuição espacial da salinidade. Foi possível definir três zonas de manejo baseadas na CE, as quais foram classificadas como sálica, 63% da área, salina com 34% da área e não salina com 3% da área.

PALAVRAS-CHAVE: condutividade elétrica, geoestatística, *Mangifera indica* L.

INTRODUÇÃO: The most important fruit exporting region of Brazil is located in the Lower Middle São Francisco Valle in the semi arid region, and its production going to Europe and USA mainly. However, due to natural conditions of the semi-arid region, as uneven distribution of rainfall, high rates of evaporation, and

frequently shallow and sandy soils it is commonly prone to salinization. Additionally, agricultural practice in the semi-arid region of Brazil is highly dependent on irrigation, therefore irrigation and fertilization practices without proper management can increase salinization risk (MONTENEGRO et al., 2010). Mango is considered sensitive to saline conditions, thus salinization can drastically reduce mango yield. For instance, salinity levels (as measured by Electric Conductivity - EC) between 4 and 5 dS m⁻¹ caused losses of up to 50% of mango yield in some fruit fields in the São Francisco Valley region (AMARAL, 2011). Environmental variables usually show spatial dependencies among observations, with lead one to use geostatistical methods to model the spatial distributions of those observations. Salinity is a very variable property in space and time due to the dynamic nature of the effects and interactions of various edaphic-climatic factors and action of man (irrigation, cultural practices, etc.) (QUEIROZ et al., 2010). However, there are few studies that aim to delineation of management zones based on soil salinity in mango irrigated areas in the São Francisco valley region. Therefore, this work aimed 1) to assess the spatial distribution of soil salinity; 2) and to delineate management zones based on soil salinity data in an irrigated mango orchard in the semi-arid region of Brazil.

MATERIAL E MÉTODOS: This experiment was carried out in the Maniçoba irrigated perimeter, Juazeiro county, Bahia state, northeastern Brazil, (9°17' 8.617" S, 40° 15' 46.742" W, elev. 375 m a.s.l.). The climate of the region, according to the Köppen classification, is of the 'hot semi-arid' (Bsh) type, characterized by high temperatures (average 26 °C), low humidity, high evaporation rates, and especially marked by the scarcity and irregularity in rainfall distribution (400 mm). The soil of the experimental area was classified as Argissolo Amarelo (Brazilian Soil Classification System)-(Alfisol - American Classification Soil Taxonomy). The water used in irrigation from the São Francisco River was classified as low salinity and sodicity risk. The experimental area was a commercial mango orchard (Tommy Atkins) irrigated by furrow. In order to verify the influence of irrigation on spatial distribution of soil salinity two sample grids were established. One of them consisted by soil samples collected under the canopy of the mango trees with 96 georeferenced points, which correspond to the number of mango trees spaced 8 x 8 m. The other one consisted also by 96 georeferenced points, but the samples were collected in the row spacing (8 x 8 m). Thus, two data set were obtained and analyzed separately. Soil samples were collected in each georeferenced point using a Dutch auger (0.2-m depth). Samples were dried at room temperature and passed through a sieve with apertures of 2.0 mm. Each soil sample was analyzed for particle size (pipette method), pH (1:2 soil/water mixture), Electrical Conductivity (EC) was also determined and soluble cations (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, and K⁺) in saturated past extract and ammonium acetate (NH₄OAc – 1.0 mol L⁻¹ and pH 7.0) extract, respectively (USSLS, 1954). Spatial dependence of samples was estimated using semivariogram models. The models were selected based on the smallest residual sums of squares (RSS) and the highest coefficient of determination (R²). The semivariograms were validated using cross-validation, and isotropy in all adjusted models was observed, which indicated that the spatial variability was the same in all directions. After the estimation of experimental semivariograms and adjustment of theoretical models, the data were interpolated using ordinary kriging, generating soft maps (OLIVER and WEBSTER, 2014). A correlation matrix of maps between soil EC and the others variables was applied in order to verify which soil attribute(s) better explaining the spatial pattern variability of soil salinity.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Spatial dependence was observed for soil texture, both under the canopy and in the row spacing. Soil EC and pH did not show spatial dependence in the canopy region, whereas these variables in the row spacing showed strong and moderate spatial dependence, respectively (TABLE 1). Soil texture is a very stable soil attribute because it is more related to parent material and pedogenetic processes. Thus, the spatial distribution pattern is difficult to be changed and this may explain the spatial dependence of soil texture for samples collected both under the canopy and in the row spacing. On the other hand, soil EC and pH are soil attributes which can be modified by soil and irrigation management. The furrow irrigation method leaches out salts in the canopy region which generated random variability, eliminating the spatial dependence in this region for soil EC and pH. Therefore, soluble cations were determined only for the samples collected in the row spacing. Soluble cations showed spatial dependence (TABLE 1). Mapping salinity is a preliminary step towards decision making such as the delineation of contaminated areas and detection of zones that need remediation or adapted management (BILGILI, 2013). The attributes related to soil salinity in the row spacing were mapped using ordinary kriging (FIGURE 1). The sand content map indicates that there is a texture gradient which decreases values from south to north of the area (FIGURE 1). Comparing visually the soil texture maps to soil EC map (FIGURE 1) it was not possible find similarities. Natural factors such as soil type, climate and

topography, combined with anthropogenic factors such as inappropriate irrigation and fertilization practices are the controlling factors for the spatial distribution pattern of soil salinity (MONTENEGRO et al., 2010; BILGILI, 2013). However, in this study the spatial variability of soil salinity is more likely related to irrigation and fertilization practices than natural factors, this can explain the low spatial correlation between soil EC and soil texture.

TABLE 1. Variogram model parameters of soil attributes from 0 to 0.2 m depth in an irrigated mango field in the semi-arid region, Brazil.

Variable	Model	Nugget effect(C_0)	Sill (C_0+C)	Range (m)
Soil samples collected under the canopy				
Sand (%)	Exp.	33.100	71.580	78
Clay (%)	Exp.	12.220	23.400	20
Silt (%)	Sph.	6.620	13.250	64
pH	PNE.	0.137	0.137	-
EC	PNE.	0.035	0.035	-
Soil samples collected in the row spacing				
Sand (%)	Sph.	3.410	16.100	67
Clay (%)	Sph.	3.370	6.741	81
Silt (%)	Sph.	2.160	7.317	62
pH (H ₂ O)	Exp.	0.1453	0.2916	45
EC	Sph.	6.138	36.753	18
Soluble Ca ²⁺	Sph.	50600	247400	32
Soluble Mg ²⁺	Exp.	8500	120700	33
Soluble K ⁺	Exp.	3756	11270	23
Soluble Na ⁺	Exp.	642259	1793000	19

Exp.= Exponential model; Sph.= Spherical model; PNE = Pure Nugget Effect; EC = Electrical conductivity ; Soluble cation.

Based on soil EC map it was verified that only 3% of the orchard is suitable for mango cultivation, i.e., soil EC values lower than 4 dS m⁻¹. While 34% of the area is classified as saline (soil EC between 4 and 7 dS m⁻¹) and 63% as salic (soil EC greater than 7 dS m⁻¹). About 18% of the area was alkaline (red region in FIGURE 1), however, all soil pH values were lower than 8.5 which characterizes saline soils but not sodic soils (QUEIROZ et al., 2010). Soil pH map did not show visual similarities neither with soil EC map (FIGURE 1) nor soluble (FIGURE 1) sodium. These results indicate that, probably, spatial variability of soil pH is related to other ions did not determined in this study (Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃³⁻, SO₄²⁻). In order to identify which variables determined the spatial distribution pattern of soil EC in the study area a spatial correlation matrix of maps was performed (data not shown). The results of spatial correlation confirmed the visual comparison of maps, so that, the higher spatial correlation coefficients were found between soil EC and soluble Na⁺ (0.93), Ca²⁺ (r = 0.91) and Mg²⁺ (r = 0.90) which were all positively and can be classified as highly correlated to soil EC map since spatial correlation coefficients were greater than 0.90. Based on the results of this study, some practical implications about soil and irrigation management can be made. The high soil salinity is apparently mostly due to inappropriate irrigation management, similarly found by Bilgili (2013) in the semi-arid region of Southeastern Turkey. Therefore, replacing of irrigation method may be an alternative to reduce soil salinity and sprinkle irrigation methods should be preferred over furrow irrigation to decrease amount of irrigation water used (CEMEK et al., 2006). The concentration of sodium in soil solution is very high and can implicate in sodicity in the future. Since, due to Ca²⁺ and Mg²⁺, which tend to be less soluble, precipitate when soil solution is concentrated in consequence of high evapotranspiration, Na⁺ may become the predominant cation in soil solution and despite of lower adsorption selectivity, can displace other cations from the soil exchange complex by mass action (RIBEIRO, 2010). The excess of soluble salts should be removed by a soil washing and some underground drains should be build, so that the excess water from rainfall or irrigation may be removed. Therefore, this plant species could be cultivated in the row spacing of mango trees. Fertilizer management in the study area is made putting fertilizers in the soil in the region of the plant canopy. This method is not very efficient and over-fertilization is often made. Thus, more efficient fertilization methods should be adopted such as ferti-irrigation. evaluating the spatial variability of soil salinity, and mapping the spatial distributions of these soil properties, can help farmers and agricultural managers make effective site-specific management decisions.

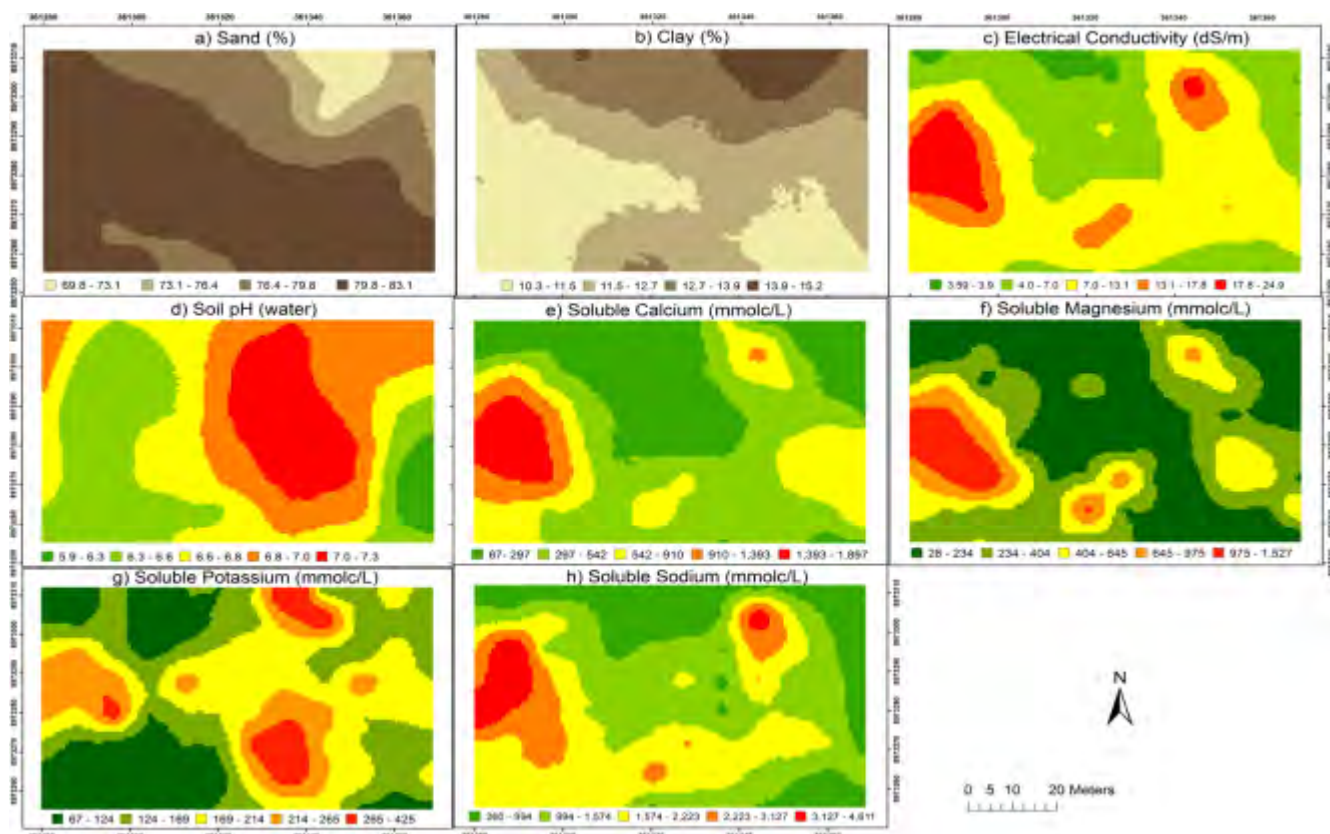


FIGURE 1. Mapping sand (a), clay (b) content, soil electrical conductivity (c), soil pH (d), soluble calcium (e), magnesium (f), potassium (g) and sodium (h) collected from 0-0,2 m depth in the row spacing of an irrigated mango field in the semi-arid region, Brazil.

CONCLUSÃO: Soil salinity assessed by electrical conductivity showed spatial dependence in the row spacing of the mango trees. The soil attributes which better defined the spatial distribution pattern of soil salinity were soluble sodium, calcium and magnesium content. It was possible defined three management zones based on their soil EC values, which were classified as salic 63% of the area, saline 34% of the area, and not saline, 3% of the area.

REFERÊNCIAS:

- AMARAL, F. C. S. D. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na região semiárida. 2. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2011. 164 p.
- BILGILI, A. Spatial assessment of soil salinity in the Harran Plain using multiple kriging techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.185, n. 1, p. 777-795, 2013.
- CEMEK, B.; GÜLER, M.; KILIÇ, K.; DEMIR, Y.; ARSLAN, H. Assessment of spatial variability in some soil properties as related to soil salinity and alkalinity in Bafla plain in northern Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.124, n. 1, p. 223-234, 2006.
- MONTENEGRO, S.; MONTENEGRO, A.; RAGAB, R. Improving agricultural water management in the semi-arid region of Brazil: experimental and modelling study. **Irrigation Science**, v. 28, p. 301-316, 2010.
- OLIVER, M. A.; WEBSTER, R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. **CATENA**, v.113, p. 56-69, 2014.
- QUEIROZ, J. E.; GONÇALVES, A. C. A.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: (Ed.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade**, Fortaleza, v.1, 2010. cap. 5, p.63-82.
- RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: (Ed.). Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade**, Fortaleza, v.1, 2010. cap. 2, p.11-19.
- USSLS, U. S. S. L. S.-. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **United States Department of Agriculture**, 1954. 160p.

ESPECTROSCOPIA DE REFLECTÂNCIA Vis-NIR: UMA ALTERNATIVA ÀS ANÁLISES QUÍMICAS TRADICIONAIS DE SOLO

TIAGO R. TAVARES¹, ARNALDO B. SOUZA², MAURÍCIO MARTELLO¹, MATEUS T. EITELWEIN¹, JOSÉ A. M. DEMATTE^{3*}

¹ Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

² Pós-Graduando, Depto. de Ciência do Solo, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

³Engº Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Ciência do Solo, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

*Autor correspondente. Tel.: +55 193417-2109, e-mail: jamdemat@usp.br

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A espectroscopia de reflectância Vis-NIR é uma técnica de análise não destrutiva, rápida e de baixo custo operacional. A utilização desta abordagem para calibração de modelos de predição de atributos do solos, tais como os teores de macronutrientes, tem sido sugerida para incrementar a densidade de pontos de amostragem de solo, sem necessidade de gastos adicionais com análises químicas de laboratório. Diante disto, objetivou-se desenvolver modelos de predição dos teores de macronutrientes disponíveis (P, K, Ca e Mg) em 45 amostras da camada de 0-20 cm de profundidade de um Argissolo a partir de dados hiperespectrais Vis-NIR (350 – 2500 nm). Os modelos foram gerados utilizando-se o método de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLSR), tendo-se as análises tradicionais como referência. As figuras de mérito denotam boa a excelente acurácia de todos os modelos gerados, com R² de 0,71–0,83 e RPD de 2,30 – 5,09, exceto para P, com R² de 0,65 e RPD de 0,45. Uma vez calibrados os modelos, a espectroscopia de reflectância Vis-NIR é uma alternativa efetiva às análises químicas tradicionais dos teores de K, Ca e Mg disponíveis no solo, particularmente frente às crescentes demandas por dados de atributos do solo a baixo custo, de rápido acesso e multi-informacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de Solo; Sensoriamento Proximal; Macronutrientes.

REFLECTANCE SPECTROSCOPY (Vis –NIR) AS AN ALTERNATIVA TECHNIQUE FOR THE TRADITIONALS SOIL ANALYSIS

ABSTRACT: The Vis-NIR spectroscopy is a non-destructive, fast and low cost operating technique. The use of this approach to calibration models for predict soil attributes, such as macronutrient contents, has been suggested to increase the density of soil sampling points, without additional costs on chemical analysis in laboratory. Thus, the objective of this study was to present quantitative models for predicting available macronutrients content (P, K, Ca and Mg) in 45 samples of 0-20 cm depth of a Ultisol utilizing Vis-NIR hyperspectral data (350-2500 nm). The models were generated using Partial Least Squares Regression (PLSR), with traditional analysis as a reference. The figures of merit denote good to excellent accuracy of all models, with R² values superior than 0.71 and RPD values between 2.30 and 5.09, except for P, with R² of 0.65 and RPD of 0.45. Once calibrated models, Vis-NIR spectroscopy is an effective alternative to traditional chemical analysis of available contents of K, Ca and Mg, particularly in face of the increasing demands for soil attribute data at low cost, fast access and multi-informational.

KEYWORDS: Soil analysis; Proximal Sensing; Macronutrients.

INTRODUÇÃO: O conhecimento da distribuição espacial dos atributos do solo é essencial para o gerenciamento da variabilidade espacial das lavouras. No entanto, o mapeamento de nível detalhado é inviabilizado pelos custos e tempo demandados entre a coleta, análise e geração de mapas de atributos do solo ao nível de fazenda (Mc BRATNEY et al., 2003). Molin et al. (2015) destacam este entrave frisando a necessidade de coleta de elevado número de amostras para o mapeamento fiel da variabilidade espacial de atributos químicos do solo. A utilização de sensores hiperespectrais têm sido sugerida como alternativa para o preenchimento da lacuna de dados encontrada no planejamento da produção agrícola (IZNAGA et al., 2014). Esta estratégia

envolve a calibração de modelos representativos da(s) área(s) de interesse, tendo-se como referência as análises tradicionais, e a posterior aplicação destes na estimativa dos atributos com base apenas na assinatura espectral das amostras. Esta abordagem permite a intensificação massiva da amostragem e caracterização da variabilidade de atributos do solo, como sugerido por Wetterlind et al.(2010), os quais obtiveram bons resultados ($R^2 > 0,85$) para a predição de teores de matéria orgânica (MO), carbono total e nitrogênio total, utilizando apenas 25 amostras para calibração dos modelos em escala de propriedade rural. Além disso, segundo Junior et al.(2011), análises utilizando espectrorradiometria é um método menos oneroso, mais rápido e que gera menos impacto ao meio ambiente quando comparado aos métodos tradicionais, principalmente por não utilizar reagentes químicos. Ainda, Cohen et al. (2007) afirmam que os erros na estimativa dos atributos através da espectrorradiometria podem ser menores que aqueles obtidos laboratórios de análises químicas tradicionais. A utilização da espectroscopia de reflectância na modelagem de atributos do solo se baseia na interação da radiação eletromagnética com a matéria, a qual reage de formas específicas para cada comprimento de onda (DEMATTE et al., 2015). A assinatura espectral do solo é primariamente afetada por sua granulometria, composição mineralógica, umidade e teor de MO (ASKARI et al., 2015; DEMATTE et al., 2015). Segundo Kuang et al. (2012), a quantificação de macronutrientes tem sido mais eficaz para nitrogênio total, devido a sua relação com o teor de MO, e para Ca e Mg, pois os minerais fontes destes elementos são fortemente ativos à região do Infravermelho. Já o fósforo e potássio não apresentam atividade espectral na região do Vis-NIR e, portanto, não podem ser determinados diretamente a partir da análise espectral de amostras de solo (BEN-DOR et al., 1997). Contudo, segundo Iznaga et al. (2014), bons modelos de predição podem ser gerados para tais elementos quando estes estiverem correlacionados com outros parâmetros do solo, tais como MO. Neste contexto, objetivou-se desenvolver modelos de predição dos teores de macronutrientes disponíveis (P, K, Ca e Mg) em 45 amostras da camada de 0-20 cm de profundidade de um Argissolo a partir de dados hiperespectrais Vis-NIR (350 – 2500 nm).

MATERIAL E MÉTODOS: As amostras de solos utilizadas foram cedidas pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado a Solos (ESALQ/USP). Foi utilizado um total de 45 amostras, todas coletadas a profundidade de 0-20 cm de um Argissolo, com 41 e 40% de areia e argila, respectivamente. Para incrementar a variabilidade dos nutrientes a serem modelados, as amostras foram aleatoriamente subdivididas em três grupos, os quais cada um recebeu uma dose diferente de composto orgânico (0, 40 e 80Mg ha⁻¹), após adubadas foram mantidas incubadas por 45 dias, mantendo-se a umidade do solo entre 60 e 80% da capacidade de campo. Antes das leituras espectrais, as amostras foram secas em estufa a 45°C durante 24h, seguida de moagem e peneiramento a 2 mm. Os dados espectrais foram coletados em laboratório com o sensor FieldSpec Pro (ASD - Analytical Spectral Devices, Boulder, EUA), espectrorradiômetro com resolução de 3 nm entre 350-1000 nm e de 8 nm entre 1000-2500nm. Como fonte de radiação, foram utilizadas duas lâmpadas halógenas de 50W, e para calibração do sensor foi utilizada placa de referência branca com padrão lambertiano de reflexão máxima, procedimento repetido a cada 10 leituras. O posicionamento das amostras em relação ao sensor e a fonte de radiação, assim como as leituras espectrais obtidas estão representadas na Figura 1. Após a obtenção das assinaturas espectrais, as amostras foram enviadas a laboratório para determinação dos teores de P, K, Ca e Mg (resina de troca iônica).

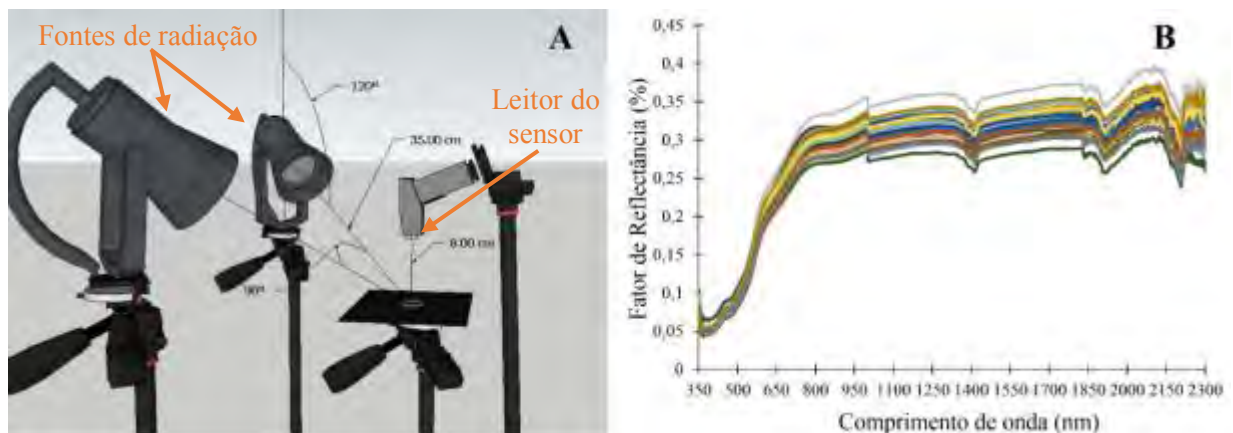


FIGURA 1. Esquema ilustrativo do sensor e fonte de radiação eletromagnética utilizados (A) e assinaturas espectrais das amostras de solo (B). **Schematic illustration of the electromagnetic radiation supply and the sensor used (A) and spectral signatures of soil samples (B).**

Para análise dos dados, primeiramente foi feita avaliação de estatística descritiva e de correlação para os teores de cada atributo obtidos via análise química tradicional. A quantificação dos atributos do solo a partir do espectro foi realizada utilizando o método de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLSR), técnica que se baseia na obtenção de sucessivas variáveis latentes que maximizam a covariância entre as variáveis de previsão (espectros de solo) e de resposta (atributo do solo), a partir de combinações lineares entre estas novas variáveis foi gerado o modelo de regressão (ROSSEL e BEHRENS, 2010). A manipulação dos dados e geração dos modelos foi realizada no programa Unscrambler®9.7 (CAMO AS, Trondheim, Noruega). A validação dos modelos se deu por Validação Cruzada Total (*full cross-validation*) das 45 amostras e o número de Variáveis Latentes (VL) utilizados no modelo foi escolhido em função do menor RMSE (Raiz Quadrada do Erro Médio) obtido na validação. Como parâmetros de qualidade das modelagens foram avaliados o Coeficiente de Determinação (R^2), o RMSE e a Relação do Desempenho do Desvio (RPD), parâmetro que indica a qualidade do modelo, obtido a partir da razão entre o desvio padrão dos valores de referência e o RMSE da regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando a Tabela 1 em função da variabilidade dos atributos a serem modelados, o P foi o elemento que apresentou maior amplitude entre as amostras, variando de 1,40 a 24,50 mgdm⁻³, no entanto sua distribuição foi assimétrica, concentrando-se mais próximos aos valores mínimos (assimetria de 55,90). O Ca foi o segundo atributo com maior amplitude, variando entre 5,43-15,20 mmol_cdm⁻³, porém também apresentou ligeira assimetria (9,34) em sua distribuição, mostrando valores concentrados próximos aos valores mais baixos. O K e o Mg apresentaram amplitude moderada, variando entre 5,98-8,14 mmol_c dm⁻³ e 2,98-6,56 mmol_c dm⁻³, respectivamente; ambos com dados homoganeamente distribuídos (assimetria próxima a zero). Comparando seus valores com as classes de teores mencionados por Van Raij (2011) para avaliação da fertilidade de solos para o estado de São Paulo, os valores de P oscilaram entre muito baixo (> 6,00 mg dm⁻³) e médio (16,00-40,00 mg dm⁻³); os de K entre alto (3,10-6,00 mmol_c dm⁻³) e muito alto (> 6,00 mmol_c dm⁻³); Ca oscilou entre médio (4,00-7,00 mmol_c dm⁻³) e alto (> 7,00 mmol_c dm⁻³) e o Mg entre baixo (< 4,00 mmol_c dm⁻³) e médio (5,00-8,00 mmol_c dm⁻³). A variabilidade do conjunto de dados de cada atributo, em geral, apresentou-se moderada. Em comparação a fertilidade de solos do estado de São Paulo, os valores oscilaram no máximo duas classes de fertilidade. Isto indica que os modelos de predição gerados (caso sejam eficientes) serão promissores para predição de atributos apenas dentro desta amplitude modelada. Sendo este um dos fatores que dificultam a generalização do modelo para tipos de solos muito diferentes.

TABELA 1. Estatística descritiva e correlação dos atributos. **Descriptive statistics and cross-correlation for the attributes of soil samples.**

Atributo	Estatística Descritiva								Matriz de Correlação			
	Min	Max	Media	Mediana	Desvio	CV	Assimetria	Curtose	P	K	Ca	Mg
P(mg dm ⁻³)	1,40	24,50	5,47	2,45	6,16	112,4	55,9	2,03	1			
K (mmol _c dm ⁻³)	5,98	8,14	6,75	6,48	0,70	10,35	0,56	-0,77	0,83	1		
Ca (mmol _c dm ⁻³)	5,43	15,20	9,03	7,87	2,67	29,50	9,34	-0,90	0,56	0,86	1	
Mg (mmol _c dm ⁻³)	2,98	6,56	4,40	4,14	1,01	23,00	0,80	-1,12	0,59	0,85	0,97	1

Saeyns et al. (2005) estabeleceram que valores de R^2 entre 0,50 e 0,65 indicam a possibilidade de discriminação das altas e baixas concentrações do atributo utilizando o modelo, enquanto valores de R^2 entre 0,66 e 0,86 e acima de 0,86 indicam modelos quantitativos de predição de atributos químicos do solo bons e excelentes, respectivamente. Conforme Chang et al. (2001), para fins de comparação, valores de RPD menores que 1,40 indicam modelos não confiáveis; valores entre 1,40 e 2,00 indicam modelos razoáveis e valores superiores a 2,00 modelos excelentes que predizem de forma acurada o atributo. Desta forma, os modelos para predição de K, Ca e Mg apresentaram bons resultados na validação (Figura 2B, C e D), todos com valores de R^2 oscilando entre 0,71 e 0,83, com baixo erro na predição (RMSE > 0,40 mmol_c dm⁻³) e RPD sempre maior que 2,00. Acredita-se que o bom resultado encontrado para a determinação do K esteja relacionado a sua alta correlação com o Ca e Mg, atributos espectralmente ativos na região do NIR. Já o modelo de predição de P não se mostrou acurado (Figura 2A), apesar de apresentar R^2 igual a 0,65 na validação, obteve alto RMSE (13,70 mg dm⁻³) e baixo RPD (0,45).

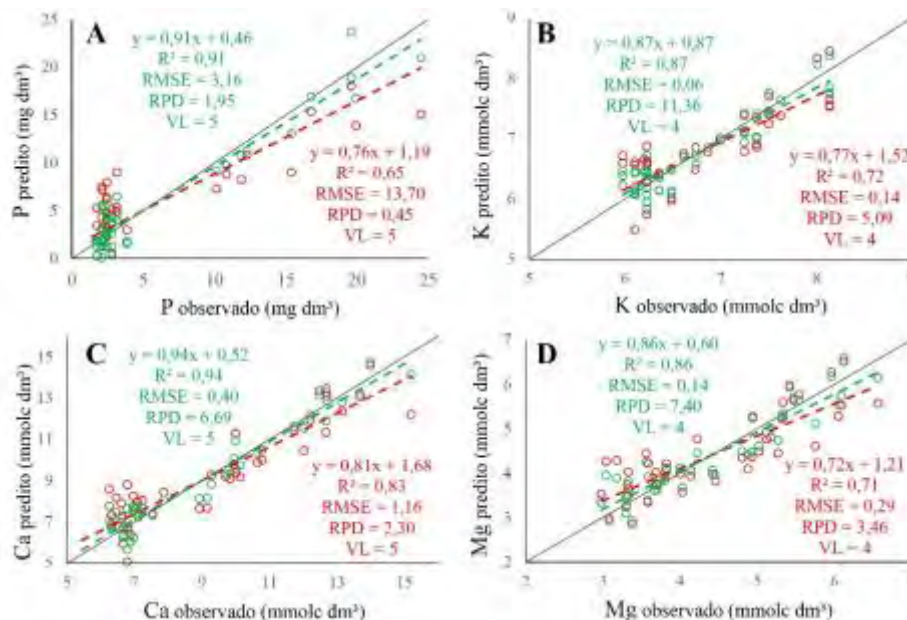


FIGURA2. Correlação entre valores observados e preditos para a modelagem (Verde) e validação (Vermelho) para P, K, Ca e Mg (A, B, C e D, respectivamente). **Quantitative correlations of P, K, Ca and Mg (A, B, C e D, respectively) for model (Green) and validation (Red).**

CONCLUSÕES: Os modelos calibrados se mostraram acurados para predição de K, Ca e Mg; Uma vez calibrados os modelos representativos da área de interesse, a espectroscopia de reflectância Vis-NIR é uma alternativa às análises químicas tradicionais de alguns macronutrientes em escala de propriedade rural, particularmente frente às crescentes demandas por dados de atributos do solo a baixo custo, de rápido acesso e multi-informacionais.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Julianne de C. Oliveira, Leonardo R. Lopez, Suzana R. Araújo, Rodnei Rizzo e ao Grupo de Pesquisa em Geotecnologia em Ciência do Solo (GeoCis) pelo apoio dado na aquisição das amostras de solo.

REFERÊNCIAS

- ASKARI, M. S.; O'ROURKE, S. M.; HOLDEN, N. M. Evaluation of soil quality for agricultural production using visible-near-infrared spectroscopy. **Geoderma**, v. 243-244, p. 80–91, 2015.
- BEN-DOR, E.; INBAR, Y.; CHEN, Y. The reflectance spectra of organic matter in the visible near-infrared and short wave infrared region (400e2500 nm) during a controlled decomposition process. **Remote Sensing of Environment**, v.61, n. 1, p.1–15, 1997.
- IZNAGA, A. C.; OROZCO, M. R.; ALCANTARA, E. A.; PAIROL, M. C.; SICILIA, Y. E. D.; DE BAERDEMAEKER, J.; SAEYS, W. Vis/NIR spectroscopic measurement of selected soil fertility parameters of Cuban agricultural Cambisols. **Biosystems Engineering**, v. 125, p. 105–121, 2014.
- CHANG, C. W.; LAIRD, D. A.; MAUSBACH, M. J.; HUBURGH, C. R. Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, n. 2, p. 480 - 900, 2001.
- COHEN, M.; MYLAVARAPU, R.S.; BOGREKCI, I.; LEE, W.S.; CLARK, M.W. Reflectance spectroscopy for routine agronomic soil analyses. **Soil Science**, v.172, n. 6, p.469-485, 2007.
- DEMATTÊ, J. A. M.; ARAÚJO, S. R.; FIORIO, P. R.; FONGARO, C. T.; NANNI, M. R. Espectroscopia VIS-NIR-SWIR na avaliação de solos ao longo de uma topossequência em Piracicaba (SP). **Revista Ciencia Agronomica**, v. 46, n. 4, p. 679–688, 2015.
- KUANG, B.; MAHMOOD, H. S.; QURAIISHI, M. Z.; HOOGMOED, W.B.; MOUAZEN, A.M.; VAN ENTEN, E. J. Sensing soil properties in the laboratory, in situ, and on-line: A review. **Advances in Agronomy**, v. 114, p. 155-223, 2012.
- MCBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. L. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, n. 1, p. 3-52, 2003.
- SAYES, W.; MOUAZEN, A.M.; RAMON, H. Potential for onsite and online analysis of pig manure using visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Biosystems Engineering**, v. 91, n. 4, p. 393-402, 2005.
- ROSSEL, R. A. V.; BEHRENS, T. Using data mining to model and interpret soil diffuse reflectance spectra. **Geoderma**, v. 158, n. 1-2, p. 46–54, 2010.

VAN RAIJ B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

WETTERLIND, J.; STENBERG, B.; SODERSTROM, M. Increased sample point density in farm soil mapping by local calibration of visible and near infrared prediction models. *Geoderma*, v. 156, n. 3-4, p. 152-160, 2010.

SENSOR A LASER PARA ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BIOMÉTRICOS NA CANA-DE-AÇÚCAR

TATIANA FERNANDA CANATA¹, JOSÉ PAULO MOLIN², ANDRÉ FREITAS COLAÇO³, RODRIGO GONÇALVES TREVISAN⁴, ZAQUEU FERNANDO MONTEZANO⁵

¹ Eng^a Biossistemas, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447-8581, tatiana.canata@usp.br

² Eng^o Agrícola, Professor Associado, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP.

^{3,4} Eng^o Agrônomo, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP.

⁵ Eng^o Agrônomo, Instituto Agrônomo, IAC, Campinas – SP.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tem um papel fundamental na economia agrícola brasileira, especialmente no Estado de São Paulo. Os sensores a laser são abrangidos pela tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e têm sido utilizados para a estimativa de produtividade de culturas como milho, trigo e para o monitoramento de florestas de modo não invasivo. O objetivo deste estudo é a aplicação do sensor a laser para estimativa de parâmetros biométricos das plantas de cana-de-açúcar no período pré-colheita. Foram utilizadas oito parcelas experimentais com dimensões de 12 m x 30 m cada. As medidas com o sensor foram realizadas 10 dias antes da colheita, enquanto que as medidas manuais foram realizadas 15 dias antes da colheita. O sensor a laser utilizado emite feixes de luz com comprimento de onda de 905 nm, sendo coletados valores de distância entre o sensor e as plantas com resolução angular de 1° ao longo de um plano, amplitude de leitura de 180°, frequência de 75 Hz e 8 m de alcance. Um par de receptores GNSS com correção diferencial foi utilizado em conjunto com o sensor para a obtenção dos dados georreferenciados. Não houve correlação entre as medidas de biometria, altura de plantas e as medidas pelo sensor. Assim como não houve variabilidade significativa em ambos. A correlação entre a altura do quartil superior das plantas e o número de colmos foi de -0,70. A aquisição de dados demanda alguns ajustes como a estabilização do sensor devido às condições do terreno.

PALAVRAS-CHAVE: LiDAR, monitoramento de produtividade, variabilidade espacial

LASER SENSOR TO ESTIMATING BIOMETRIC PARAMETERS FOR SUGARCANE

ABSTRACT: Sugarcane (*Saccharum* spp.) has an important economic role in Brazilian agriculture, especially in São Paulo State. The laser sensors are inserted in the LiDAR (Light Detection and Ranging) technology and have been employed to estimate yield for corn, wheat and monitoring forests. The objective of this study is the use of the laser sensor for estimating biometric parameters of sugarcane plants in the pre-harvest period. Eight experimental plots were used with dimensions of 12 m x 30 m each. The laser sensor measurements were carried 10 days before harvest, while the manual measurements were taken 15 days before to harvest. The sensor emits a laser beam with a wavelength of 905 nm being collected distance values between the sensor and the plants with an angular resolution of 1° over a background, scan range of 180°, frequency of 75 Hz and 8 m of range. GNSS receivers with differential correction were used together to the sensor obtaining georeferenced data. There was no correlation among the biometric measures: plants height and yield, and plants height measured by the laser sensor. There was no significant variability in both. The correlation between the highest quartile plants height and the number of stems was -0.70. The data acquisition demands some adjustments as the stabilization of the sensor due to the terrain conditions.

KEYWORDS: LiDAR, spatial variability, yield monitoring

INTRODUÇÃO: A produção brasileira de cana-de-açúcar na safra 2015/16 foi de aproximadamente 617 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 8,0% em relação à safra anterior. A produtividade média na safra atual, alcançou 83,0 t ha⁻¹ (CONAB, 2016). O comportamento crescente da produtividade de culturas agrícolas está associado, de modo geral, a utilização das tecnologias de Agricultura de Precisão (AP), acarretando em maior demanda por equipamentos para a obtenção de dados, especialmente relacionados à variabilidade espacial e temporal das lavouras. O emprego destas tecnologias contribui no acompanhamento do ciclo de produção dos cultivos agrícolas a fim de melhor aproveitar os insumos e recursos disponíveis na lavoura. Porém, na cultura de cana-de-açúcar são verificadas deficiências em soluções técnicas para a geração de mapas de produtividade, que correspondem à resposta da cultura ao amplo conjunto de fatores. Em função da escassa disponibilidade de alternativas para se mensurar a produtividade na cana-de-açúcar, uma metodologia que possibilite a aquisição de dados, de modo não invasivo, em algum momento anterior à colheita é essencial para os avanços de estudos acerca do monitoramento da variabilidade em tempo real. Os sensores a laser são abrangidos pela tecnologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*), a qual é caracterizada como forma de medição de distâncias através de pulsos emitidos por laser de forma instantânea e não destrutiva (ZHENG et al., 2013). Na agricultura tais sensores podem ser empregados para a detecção de obstáculos em máquinas agrícolas que utilizam direção autônoma (DOERR et al., 2013), para obtenção de modelos tridimensionais de culturas de porte arbóreo (COLAÇO et al., 2015) e em cultivos agrícolas como milho e trigo (SELBECK et al., 2010; SCHIRRMANN et al.; 2016). O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade da aplicação do sensor a laser para estimativa de parâmetros biométricos das plantas de cana-de-açúcar no período pré-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma área experimental situada na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), em Piracicaba, SP. A área de estudo é de 0,58 ha com a cultivar de cana-de-açúcar IAC 95-5094 de 12 meses dispostas em 16 parcelas com dimensões de 12 m x 30 m cada. O espaçamento entre sulcos é de 1,50 m e as plantas foram submetidas a tratamentos referentes a diferentes doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹). Devido à inclinação do terreno e a presença de folhas “deitadas” nas bordaduras das parcelas, o sensor apresentou alguns erros na aquisição de dados e, portanto, foram consideradas as oito parcelas centrais, totalizando 0,29 ha. A aquisição de dados em campo ocorreu 10 dias antes da colheita de cana-de-açúcar com o sensor a laser LMS200 (SICK AG, Waldkirch, Alemanha) e o receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) GR3 (TOPCON, Califórnia, EUA) alocados 4,0 m acima do solo a fim de georreferenciar os dados de altura de plantas. Uma estrutura tipo viga em balanço foi acoplada rigidamente à lateral de um trator para a estabilidade do sensor durante a coleta de dados. O trator trafegou com velocidade aproximadamente constante de 1,0 m s⁻¹ nos carregadores de 3,0 m de largura entre as parcelas. O feixe laser coleta pontos em um plano emitindo um feixe de luz com comprimento de onda de 905 nm, o qual é direcionado pela rotação de um espelho no interior do sensor na frequência de 75 Hz. No presente estudo adotou-se a amplitude de 180° com resolução angular de 1°, alcance máximo de 8 m e a resolução das distâncias em milímetros. Segundo o fabricante o erro nesta configuração é de ± 5 mm. Os dados do sensor e do receptor GNSS são enviados para um computador portátil com a interface de sincronização e registro dos dados. Os dados coletados foram convertidos para coordenadas cartesianas no formato UTM (*Universal Transversa de Mercator*). A coordenada *z* é calculada a partir do ângulo de leitura do sensor e da distância entre o sensor e o alvo. Os valores de distância fornecidos pelo sensor são na forma de coordenadas polares, os quais foram convertidos em coordenadas cartesianas por meio de um procedimento desenvolvido no *software* R (R Development Core Team), sendo necessário indicar na rotina de programação a altura do sensor em relação ao solo. A nuvem de pontos gerada foi analisada por meio do *software* CloudCompare para a identificação da altura de plantas de cana-de-açúcar na área experimental. A limpeza de dados, realizada manualmente no mesmo *software*, envolve a eliminação da sobreposição de 4,0 m decorrente da faixa de leitura alcançada pelo sensor no trajeto percorrido em cada parcela. A altura média das plantas de cana-de-açúcar de cada parcela foi calculada a partir da relação entre cada coordenada cartesiana do eixo *z* no ponto *i* e o número de pontos. O coeficiente de variação foi calculado para a verificação da variabilidade espacial de altura de plantas de cada parcela experimental. Nas medidas manuais, obtidas 15 dias antes da colheita de cana-de-açúcar, os dados de altura das plantas foram coletados por meio de uma régua topográfica, de modo individual em cinco plantas de cada parcela, obtendo a altura média de plantas. A biometria foi realizada em duas linhas centrais de plantio em cada parcela, obtendo o número de colmos, o número de colmos totais de cada linha de plantio dividido pelo comprimento de cada parcela. A estatística descritiva e as correlações referentes aos dados provenientes do sensor a laser e as medidas obtidas manualmente foi realizada no *software* Minitab.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O resultado do processamento de dados do sensor a laser, considerando as oito parcelas da área experimental, é apresentado na Figura 01. A nuvem de pontos gerada permite identificar o formato tridimensional da área de estudo e o seu georreferenciamento, assim como verifica-se a homogeneidade quanto à altura das plantas na área experimental.

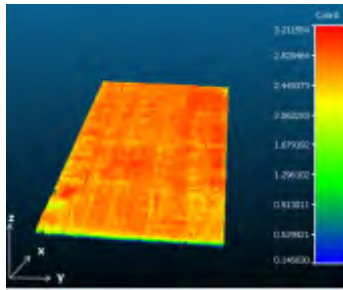


Figura 01. Altura de plantas de oito parcelas experimentais, obtidas pelo sensor a laser. **Plant height of the eight experimental plots, obtained by the laser sensor.**

Devido à arquitetura da vegetação de cana-de-açúcar nesse estágio de maturação há uma dificuldade em individualizar as plantas na nuvem de pontos, o que significa que a resolução do sensor a laser empregado permite apenas obter as feições em pequena escala. Na Tabela 01 é apresentada a estatística descritiva dos dados obtidos pelo sensor a laser utilizando as oito parcelas experimentais.

TABELA 1. Estatística descritiva de dados do sensor a laser. **Descriptive statistics of the laser sensor data.**

Altura de plantas (m)							
Parcelas	Número de pontos	Mínima	Máxima	Média	Quartil superior	Desvio padrão (m)	Coefficiente de variação (%)
02	1.941.625	0,14	2,96	1,76	2,21	0,58	32,95
03	2.390.518	0,14	2,94	1,66	2,09	0,56	33,73
06	2.175.248	0,14	3,00	1,87	2,29	0,57	30,48
07	2.798.935	0,14	3,00	1,81	2,23	0,56	30,94
10	1.921.656	0,14	2,96	1,86	2,27	0,54	29,03
11	2.576.604	0,14	2,99	1,88	2,31	0,56	29,79
14	1.734.159	0,14	3,08	1,85	2,27	0,56	30,27
15	2.553.001	0,14	3,01	1,94	2,37	0,58	29,90

Os resultados demonstraram que houve variação de até 33,73% quanto à altura de plantas. Assim, houve pouca variabilidade espacial sobre este parâmetro nas parcelas experimentais avaliadas nesse estudo. A altura máxima e o quartil superior foram considerados nesse estudo devido à sua melhor representação quanto à altura de vegetação. Os valores de medidas manuais realizadas em campo, como a altura média de plantas de cana-de-açúcar, o número de colmos, e o número de colmos total dividido pelo comprimento da parcela são apresentados na Tabela 02.

TABELA 2. Medidas manuais: altura média, número de colmos de cana-de-açúcar para cada parcela da área experimental avaliada. **Manual measurements: average plants height, number of stems of sugarcane for each plot of the experimental area.**

Parcelas	Altura média de plantas (m)	Número de colmos total	Número de plantas m ⁻¹
02	3,63	1.114	12,38
03	3,49	1.241	13,79
06	3,59	1.183	13,14
07	3,64	1.093	12,14
10	3,74	1.116	12,40
11	3,75	1.103	12,26
14	3,67	1.083	12,03
15	3,69	1.081	12,01

Para os valores de altura de plantas, máxima e quartil superior, foi verificada uma correlação de Pearson ($\alpha=5,0\%$) entre estes valores e a razão entre o número de colmos e o comprimento da parcela de -0,57 e de -0,70, respectivamente. Devido a necessidade de estabilização do sensor nas condições de campo, a aquisição de dados pelo sensor a laser pode ter sido prejudicada. Não foram verificadas correlações entre a altura média medida manualmente e as demais variáveis, assim como não houve variabilidade espacial nas parcelas experimentais avaliadas.

CONCLUSÃO: O emprego do sensor a laser pode ser uma ferramenta auxiliar na investigação do potencial de produção na cultura da cana-de-açúcar. A altura de plantas indicada pelo sensor a laser demonstrou correlação razoável com o número de colmos de cana-de-açúcar, sendo que a correlação negativa entre as medidas avaliadas necessita de maior investigação.

AGRADECIMENTOS: A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudo, a APTA (Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios) pelo suporte em campo e a empresa Máquinas Agrícolas Jacto pela parceria.

REFERÊNCIAS:

- COLAÇO, A.F.; TREVISAN, R.G.; EITELWEIN, M.T.; MOLIN, J.P.; Sensor LiDAR (Light detection and ranging) para obtenção de modelos tridimensionais de culturas de porte arbóreo. **Anais...** X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 21 a 23 de outubro de 2015. Ponta Grossa, PR. Universidade Estadual de Ponta Grossa, SBIAgro, 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acesso em: 20/04/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf>.
- DOERR, Z.; MOHSEMANESH, A.; LAGUE, C.; McLAUGHLIN, N.B. Application of the LIDAR technology for obstacle detection during the operation of agricultural vehicles. **Canadian Journal Remote Sensing**, Vancouver, v.55, p.29-16, 2013.
- SCHIRRMANN, M.; HAMDORF, A.; GARZ, A.; USTYUZHANIN, A.; DAMMER, K.H. Estimating wheat biomass by combining image clustering with crop height. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.121, p.374-384, 2016.
- SELBECK, J.; DWORAK, V.; EHLERT, D.; Testing a vehicle-based scanning LiDAR sensor for crop detection. **Canadian Journal Remote Sensing**, v.36, n.1, p.24-35, 2010.
- ZHENG, Y.; LAN, Y.; KANG, F.; MA, C.; CHEN, H.; TAN, Y.; Using laser sensor for measuring crop conditions in precision agriculture. **ASABE Annual International Meeting**, St. Joseph, Paper Number: 131596640, 2013.

MONITORAMENTO DO CRESCIMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DA MODELAGEM DIGITAL DO DOSSEL COM IMAGENS OBTIDAS COM RPA (DRONE)

MAURÍCIO MARTELLO¹, PETERSON R. FIORIO², TIAGO R. TAVARES³, TAILA F.
STRABELI⁴

¹ Eng° Ambiental, Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 34478537, mauriciomartello@usp.br

² Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

³ Eng° Agrônomo, Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

⁴ Eng° Florestal Pós-Graduanda, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Com o avanço tecnológico, novas alternativas para o monitoramento do desenvolvimento da cana-de-açúcar vêm surgindo para auxiliar na coleta de dados no campo. Uma nova ferramenta em destaque são as aeronaves remotamente pilotadas, nas quais é possível embarcar câmeras de baixo custo. As imagens podem ser processadas gerando modelos digitais de dossel de plantas, os quais permitem monitorar e avaliar o crescimento de culturas. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi utilizar modelos digitais de dossel para monitorar o desenvolvimento da cana-de-açúcar durante um ciclo produtivo em parcelas que apresentaram falhas de brotação. As coletas foram realizadas ao longo do ciclo da cana, utilizando uma aeronave remotamente pilotada equipada com uma câmera digital. Para construção do mosaico de fotos e do modelo digital do dossel foi utilizado o *software* AgisoftPhotoScan. O processamento das imagens para delimitação das falhas e obtenção da altura das plantas, assim como a construção dos mapas foram realizados no *software* ArcGIS. Com o processamento das imagens aéreas foi possível a identificação das áreas de falha da cultura, observando também relação desses locais com o baixo desenvolvimento da altura das plantas ao longo de seu ciclo. Tais inferências indicam o alto potencial desta técnica para monitoramento e avaliação de talhões de cana-de-açúcar, podendo ser uma ferramenta utilizada no apoio a gestão destas áreas.

PALAVRAS-CHAVE: VANT, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto Aéreo.

GROWTH MONITORING OF SUGARCANE THROUGH MODELING CANOPY BY DIGITAL IMAGES OBTAINED FROM UAV (DRONE)

ABSTRACT: Technological advances brings new alternatives for the monitoring of sugarcane areas, helping the data collection phase on field. One of the main tools emerging in the lasts years are the remotely piloted aircrafts able to carry low cost cameras. With image processing can be generated digital models of plant canopy, allowing the user to monitor and evaluate crop growth. In that sense, the objective of this study was to use digital canopy models to monitor the development of sugarcane during a cycle of production in plots presenting sprouting failures. Samples were collected along one crop cycle using a remotely piloted aircraft equipped with a digital camera. For the construction of the mosaic and the digital model of the canopy we used AgisoftPhotoScan software. ArcGIS software was used for the delineation of failures and the estimation of plant heights, as well as for the construction of the maps here presented. Our methodology was suitable for the identification of crop failure areas. A relationship between fault locations and low height of plants was observed along the production cycle. Such inferences indicate the high potential of this technique as a tool used to support crop management by the monitoring and assessment of sugarcane plots.

KEYWORDS: UAV, Geoprocessing, Aerial Remote Sensing.

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar, cultura de evidente importância à economia brasileira, necessita de plantios uniformes para maximização de sua produtividade (MOLIN e VEIGA, 2016). Mapear os locais de falha tem sido o interesse de diversos estudos (JOHANSEN *et al.* 2014), uma vez que esta informação ajuda a direcionar intervenções de práticas de manejo no campo. Acompanhar o desenvolvimento da cultura durante seus diferentes estágios fenológicos é um componente importante a agricultura de precisão (HANSEN e SCHJOERRING, 2003), sendo o modelo digital do dossel (MDD) realizado de modo temporal, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, uma alternativa para este tipo de monitoramento (HOFFMEISTER *et al.* 2010). Dentro do sensoriamento remoto, vem se destacando as Aeronaves remotamente pilotadas (RPA), as quais possibilitam embarcar sensores para a obtenção de informações a nível aéreo com baixo custo e flexibilidade de coleta de dados para diversas aplicações na área agrícola (SANKARAN *et al.* 2015). Bending *et al.* (2013) utilizaram a modelagem digital do dossel para monitorar o crescimento da cultura do arroz através de imagens obtidas com RPA e mostrou a viabilidade desta técnica como alternativa para a avaliação desta cultura. Esta abordagem também poderia ser estendida para a cultura da cana, uma vez que sua altura é um parâmetro importante para estimativa de sua produtividade, conforme destacado por Portz *et al.* (2012). Desta maneira, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a modelagem digital do dossel com imagens obtidas por um RPA, para o monitoramento do crescimento da cana-de-açúcar durante um ciclo completo de cultivo que apresentaram falhas de brotação.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na fazenda experimental da APTA (Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios), localizada na cidade de Piracicaba - SP com coordenadas geográficas de 22°41'02" de latitude sul e 47°38'44" de longitude oeste. O experimento foi conduzido na área do projeto BIOEN/FAPESP nº2008/56147-1, disponibilizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas. Nesta área, a cultura foi implantada em 2013 com a variedade IAC 95-5000, sendo o experimento conduzido em 2015, quando a cana estava em seu segundo corte (primeira soca). A metodologia foi aplicada em quatro parcelas experimentais compostas por cinco linhas de cana, cada uma com 15 metros de comprimento. Todas as parcelas receberam a mesma dose de adubação nitrogenada (180 kg ha⁻¹). As coletas das imagens foram realizadas com uma câmera digital GoProHero 3 e se estenderam ao longo da safra, totalizando 7 coletas (Tabela 1). Os voos foram realizados com um multirrotor equipado com 6 motores e piloto automático, sendo todos executados obedecendo a mesma rota pré-definida, cuja altura foi de 40 metros ao nível do solo. Ademais, sempre manteve-se linha de visada entre o piloto e a aeronave.

Tabela 1. Relação entre as coletas das imagens aéreas e os dias após o corte (DAC) da cultura. **Relation between obtaining of aerial images and days after cutting (DAC) of sugarcane.**

Coletas	Mês	DAC	Coletas	Mês	DAC
C1	Janeiro	99	C5	Maio	229
C2	Fevereiro	139	C6	Julho	269
C3	Março	164	C7	Setembro	326
C4	Abril	192			

Em solo foram locados cinco pontos de controle, com coordenadas coletados por GPS L1 e pós processadas (precisão de 0,5 metros), em cada ponto de controle foi implantado um alvo de 1 m² para georreferenciamento da modelagem. Após as coletas das imagens o processamento foi realizado em 3 etapas: Na primeira, foi gerado o mosaico com o software AgisoftPhotoScan com as imagens da coleta C1, visando identificar as falhas de brotação em cada parcela. Em seguida, com o mosaico RGB foi calculado o índice RGBVI (BENDING, *et al.*, 2015) no software ArcGis, o índice facilita a identificação dos locais sem a presença de plantas (Equação 1). As áreas das quatro parcelas foram classificadas de acordo com índice RGBVI. Para este trabalho, valores superiores a 0,05 foram classificados como cana, já valores inferiores a 0,05 foram classificados como falhas (solo/palha). Após a classificação as duas classes foram vetorizadas para a delimitação das áreas de falhas de cada parcela.

$$\text{RGBVI} = \frac{(G^2 - (R*B))}{((G^2) - (R*B))} \quad (1)$$

Em que: (R) Banda vermelha; (G) Banda verde; (B) Banda azul;

Na segunda etapa foi realizada a modelagem digital do dossel (MDD) de todas as coletas, para isso as imagens foram processadas no software AgisoftPhotoScan Professional, o qual utiliza o algoritmo “structure from motion” (SfM) para reconstrução 3D da cena. O MDD é feito a partir de uma sequência de imagens bidimensionais capturadas pela câmera. O software detecta nas imagens pontos característicos, ou seja, várias semelhanças geométricas como bordas de objetos ou outros detalhes específicos. Na terceira etapa foi utilizado todos os MDD das sete coletas. Seguindo metodologia proposta por Bending et al. (2013a), foi extraído do MDD a altura da planta (AP) que corresponde à diferença entre o modelo digital do terreno (MDT) em relação ao MDD, processamento realizado no software ArcGis através da álgebra de mapas. O MDT utilizado foi gerado com as imagens da coleta C1, para tanto foram extraídos pontos do terreno sem a presença de plantas, em seguida foi realizada a modelagem somente do terreno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O realce das imagens a partir do índice de vegetação e sua posterior classificação (Etapa 1 do trabalho) permitiu a identificação dos locais de falha de cada parcela (Figura 1). Na parcela 3 notou-se a maior falha na brotação, com uma grande falha localizada em sua área central, afetando 4 linhas de cana. As parcelas 1 e 2 também apresentam falhas, porém em menor amplitude, e abrangendo apenas uma linha de cana em cada parcela, as causas da ausência de plantas não foram investigadas neste trabalho.

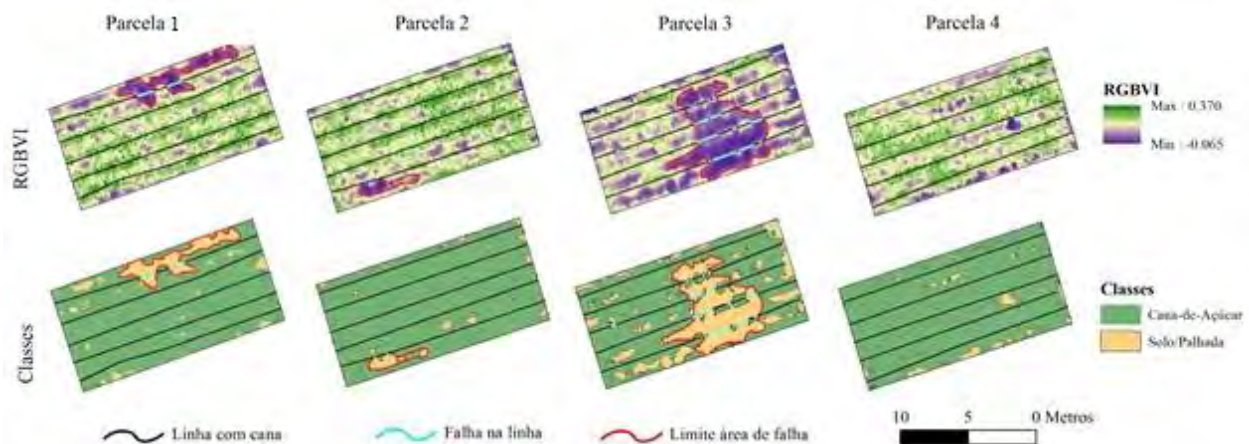


FIGURA 1. Parcelas com realce espectral utilizando o índice RGBVI e sua posterior classificação destacando as áreas de falhas. **Plots with spectral contrast using the RGBVI index and its subsequent classification highlighting the gap areas.**

Na Figura 2 observa-se o desenvolvimento do crescimento da cultura durante seu ciclo produtivo, através da observação de sua altura nas quatro parcelas ao longo das 7 coletas realizadas (C1 a C7). Nestas imagens, para cada parcela, foram demarcados os mesmos locais de falhas de brotação já identificados na Figura 1. Analisando a figura 2 podemos observar que a parcela 3, a qual teve a maior área de falha, foi a que apresentou maior heterogeneidade de altura para todas as coletas quando comprada as demais parcelas. Foi possível observar ainda para a parcela 3, que no local onde houve a falha de brotação, temos a menor altura em todo o ciclo, com menor desenvolvimento em relação as demais parcelas. No entanto, apesar da falha, esta área continua seu desenvolvimento ao longo do ciclo da cultura, variando sua altura de 0,23 m na C1 a 2,62 m na C7. Já analisando as parcelas 1 e 2, que na análise da Figura 1 apresentaram locais de falhas menores, foi possível observar que os mesmos também influenciaram no menor desenvolvimento da altura da cana. Por outro lado, a parcela 4 que não apresentou área de falha na Figura 1 mostrou seu desenvolvimento de altura mais homogêneo ao longo do período avaliado.

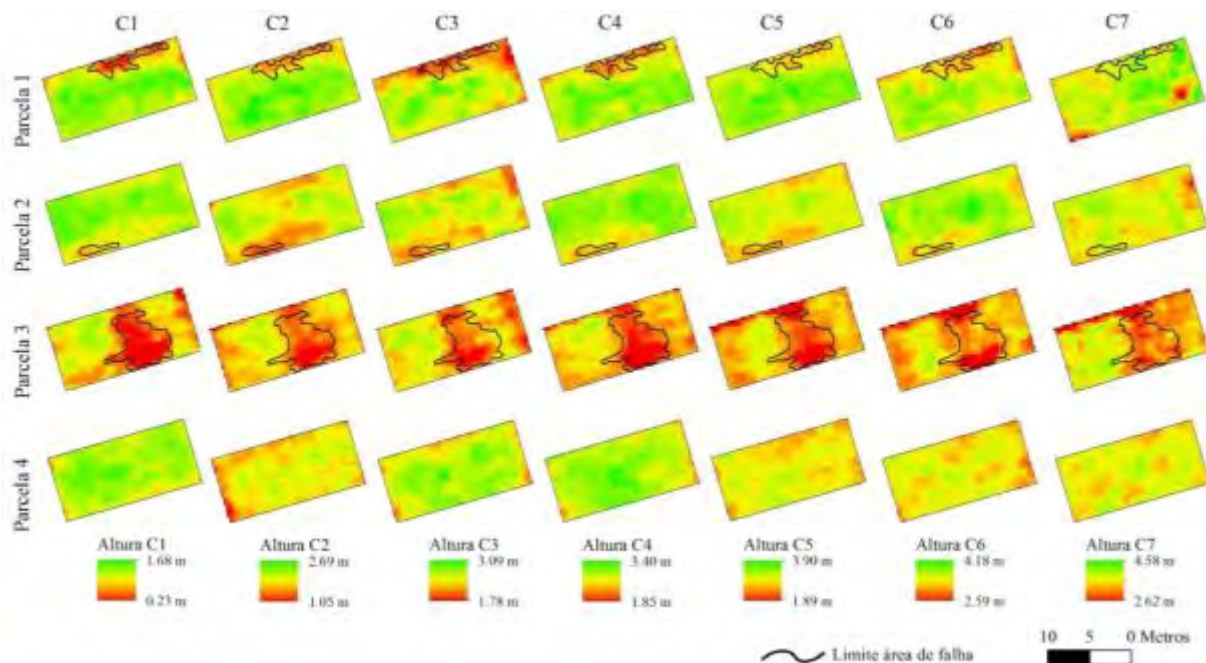


FIGURA 2. Modelagem da altura das plantas para cada parcela em todo o período de coleta (C1 a C7). **Plant height modeling for each plot throughout the collection period (C1 to C7).**

CONCLUSÃO: A modelagem digital do dossel mostrou ser uma técnica promissora para o monitoramento do crescimento da cana-de-açúcar, possibilitando avaliar a influência das falhas de brotação em seu desenvolvimento de altura.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a equipe do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) pela disponibilização da área experimental, parte do projeto temático BIOEN/FAPESP nº2008/56147-1 e também ao auxílio dado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo ao projeto de pesquisa 2013/22435-9.

REFERÊNCIAS: BENDIG, J.; WILLKOMM, M.; TILLY, N.; GNYP, M. L.; BENNERTZ, S.; QIANG, C.; MIAO, Y.; BARETH, G. Very high resolution crop surface models (CSMs) from UAV-based stereo images for rice growth monitoring In Northeast China. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2013.

BENDIG, J.; YU, K.; AASEN, H.; BOLTEN, A.; BENNERTZ, S.; BROSCHEIT, J.; GNYP, M. L.; BARETH, G. Combining UAV-based plant height from crop surface models, visible, and near infrared vegetation indices for biomass monitoring in barley. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 39, p. 79–87, 2015.

HANSEN, P. M., SCHJOERRING, J. K.: Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and PLSR. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, n. 4, pp. 542-553, 2003

HOFFMEISTER, D., BOLTEN, A., CURDT, C., WALDHOFF, G., BARETH, G. High resolution Crop Surface Models (CSM) and Crop Volume Models (CVM) on field level by terrestrial laserscanning, *SPIE Proceedings*, 7840, 2010.

JOHANSEN, K., et al. Mapping whitegrub damage in sugarcane from high spatial resolution satellite imagery. *South- Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics*, v. 3, n. 2, pp. 549-553, 2014.

MOLIN, J.P., VEIGA, J.P.S. Spatial variability of sugarcane row gaps: measurement and mapping. *Ciência e Agrotecnologia*, 347-356, 2016.

PORTZ, G., AMARAL, L. R., & MOLIN, J. P. Measuring Sugarcane Height in Complement To Biomass Sensor for Nitrogen Management. n., p. 9, 2012.

SANKARAN, S.; KHOT, L. R.; ESPINOZA, C. Z.; JAROLMASJED, S.; SATHUVALLI, V. R.; VANDEMARK, G. J.; MIKLAS, P. N.; CARTER, A. H.; PUMPHREY, M. O.; KNOWLES, R. R. N.; PAVEK, M. J. Low-altitude, high-resolution aerial imaging systems for row and field crop phenotyping: A Review. *European Journal of Agronomy*, v. 70, p. 112–123, 2015.

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE EM UMA LAVOURA DE CACAU EM SEIS ÉPOCAS

CAIQUE CARVALHO MEDAUAR¹, ÍCARO MONTEIRO GALVÃO², LUIS CARLOS CIRILO CARVALHO³, SAMUEL DE ASSIS SILVA⁴

¹ Eng° Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)991023742, caiquemedauar@hotmail.com

² Graduando em Eng° Agrônômica, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)991244802, icaro.monteiro@hotmail.com.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Ciências Agrárias e Ambientais, UESC, BA, Ilhéus – BA, Fone: (73)91489333, lcccarvalho@uesc.br

⁴ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Rural, UFES, Alegre – ES, Fone: (28)992916702, samuel.assilva@gmail.com

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo do trabalho foi definir a estabilidade temporal da produtividade em cacauzeiros, sendo determinada pela variação entre meses ao longo do tempo. Foram demarcados 120 pontos amostrais em uma área experimental de produção de cacau localizada no município de Ilhéus-BA. A produtividade foi determinada durante seis meses em cada ponto amostral. A fim de verificar a relação entre a variância da produtividade ao longo dos meses, os dados foram submetidos a uma análise de correlação linear de Pearson a 5% de probabilidade. Para os meses subsequentes em que houve correlação linear significativa os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência de dependência espacial. Comprovada a dependência espacial foram construídos mapas temáticos para cada variável em que houve dependência espacial de dois meses subsequentes, condicionado à existência da dependência espacial da diferença da produtividade entre esses mesmos meses, utilizando krigagem ordinária. A produtividade para todos os períodos indicaram correlação linear. Observou-se maior estabilidade temporal para os períodos de Janeiro-Fevereiro/2015 em relação à Outubro-2014/Janerio-2015.

PALAVRAS-CHAVE: confiabilidade, geoestatística, mapas temáticos.

TEMPORAL STABILITY ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY CONTENT IN A COCOA FARMING IN SIX TIMES

ABSTRACT: The objective was to define the temporal stability of productivity in cocoa, is determined by the variation between months over time. 120 sampling points were marked in a cocoa producing experimental area located in the municipality of Ilheus-Bahia. Productivity was determined for six months at each sample point. In order to verify the relationship between the variance in productivity over the months, the data were submitted to a linear correlation analysis Pearson at 5% probability. For subsequent months in which there was a significant linear correlation data were submitted to geostatistical analysis in order to verify the existence of spatial dependence. Proven spatial dependence thematic maps were built for each variable in which there was spatial dependence next two months, subject to the existence of spatial dependence of the difference in productivity between those months using ordinary kriging. Yield for all periods indicated linear correlation. A higher temporal stability was observed for the periods January-February/2015 in relation to October-2014/January-2015.

KEYWORDS: reliability, geostatistics, thematic maps.

INTRODUÇÃO: Na agricultura de precisão, a aplicação de práticas agrônômicas, é feita de forma espacialmente variável em função de informações coletadas no campo (ORTEGA; SANTIBÁÑEZ, 2007). Segundo Vachaud et al. (1985) para se avaliar a estabilidade temporal de uma variável ao longo do tempo é necessário interpretar as diferenças entre os valores em cada posição e o valor médio no espaço. Portanto, pequenas variações ou semelhança de dados na diferença relativa entre posições ao longo do tempo, são indícios de estabilidade temporal. O aumento da eficiência dos manejos agrícolas deve contemplar a variabilidade espacial e temporal existente nos campos de produção, as quais interferem diretamente sobre a produtividade, principalmente devido à disponibilidade nutricional e às propriedades físicas e químicas do solo (SILVA et al., 2011; VALENTE et al., 2012). Diante do exposto, com este trabalho se objetivou definir a estabilidade temporal da produtividade em cacauzeiros, sendo determinada pela variação entre meses ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em uma área experimental de 0,6 hectares pertencente ao Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC, órgão vinculado à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC. A área está localizada nas coordenadas centrais tal e tal, no município de Ilhéus, BA. Foi gerada uma malha regular composta por 120 pontos amostrais em que cada ponto era composto por uma única planta de cacau. A coleta de dados no campo foi mensurada em seis períodos diferentes ao longo da safra de 2014-2015, realizadas nos meses de setembro, outubro, janeiro, fevereiro, março e abril. Foram quantificados para cada ponto amostral todos os frutos sadios. Os dados dos frutos sadios foram convertidos em amêndoas úmidas, multiplicando-se o número de frutos sadios de cada ponto pelo peso de amêndoas úmidas por fruto. Para estimar o peso seco de amêndoas de cacau utilizou-se um fator de conversão de 40%, conforme descrito por Castro & Bartley (1983). Os resultados de produção de amêndoas secas por planta foram convertidos para produtividade (kg ha⁻¹). A fim de verificar a relação entre a variância da produtividade ao longo dos meses realizou-se uma análise de correlação linear de Pearson ao nível de 5% de probabilidade. Para os meses subsequentes em que houve correlação linear significativa os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência de dependência espacial por meio do ajuste de semivariogramas utilizando o modelo esférico. Comprovada a dependência espacial, utilizou-se o método de interpolação krigagem ordinária, para estimar valores em locais não coletados para os intervalos de produtividade ao longo do tempo. Também foram avaliadas as diferenças de produtividade para os meses em que houve correlação linear. Apenas foram apresentados os mapas temáticos em que houve dependência espacial dos dois meses subsequentes, condicionado à existência da dependência espacial da diferença da produtividade entre esses mesmos meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise da correlação linear estão apresentados na TABELA 1. Levando em consideração meses subsequentes, verificou-se correlação significativa a 5% de probabilidade entre todos os meses. Isso demonstra que há uma alta estabilidade temporal entre esses meses.

TABELA 1. Análise da correlação linear de Pearson para os dados de produtividade ao longo dos meses. **Analysis of Pearson correlation coefficients for productivity data over the months.**

Variáveis	Setembro/2014	Outubro/2014	Janeiro/2015	Fevereiro/2015	Março/2015	Abril/2015
Setembro/2014	1	0,8021	0,1415	0,1172	0,1648	0,1471
Outubro/2014	*	1	0,2825	0,1900	0,2603	0,2342
Janeiro/2015	ns	*	1	0,8426	0,7031	0,6823
Fevereiro/2015	ns	*	*	1	0,8219	0,7773
Março/2015	ns	*	*	*	1	0,9696
Abril/2015	ns	*	*	*	*	1

^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise geoestatística (TABELA 2), as variáveis do intervalo dos meses dedados de produtividade que obtiveram correlação apresentaram dependência espacial, indicando que a distribuição na área não é aleatória.

TABELA 2. Modelos e parâmetros de ajuste dos semivariogramas para os dados de produtividade ao longo dos meses e da variação entre meses. **Models and semivariograms setting parameters for productivity data over the months and the variation between months.**

Variáveis	Modelo	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a	IDE
Setembro/2014	EPP	-	-	-	-	-
Outubro/2014	Esférico	28066,17	6230,88	34297,05	6,85	81,83
Janeiro/2015	Esférico	0	22696,77	22696,77	10,81	0
Fevereiro/2015	Esférico	0	1995,81	1995,81	10,86	0
Março/2015	Esférico	10804,63	41717,69	14975,32	10,27	72,14
Abril/2015	EPP	-	-	-	-	-
Setembro/Outubro	Esférico	0	28,95	28,95	7,64	0
Outubro/Janeiro	Esférico	36591,51	17635,03	212940,54	8,57	17,18
Janeiro/Fevereiro	Esférico	10069,89	56226,84	66296,73	12,29	15,18
Fevereiro/Março	EPP	-	-	-	-	-
Março/Abril	EPP	-	-	-	-	-

C₀ - efeito pepita escalonado; C₁ - contribuição; C₀+C₁ - patamar escalonado; a - alcance; IDE - Índice de Dependência Espacial; EPP – Efeito Pepita Puro.

Devido as variáveis apresentarem dependência espacial, todas elas sofreram ajustes, sendo que o modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais foi o esférico. Encontrou-se o efeito pepita igual à zero para os meses Janeiro/2015, Fevereiro/2015 e para variação dos meses Setembro/Outubro. Os meses de Setembro/2014, Abril/2015 e a diferença entre os meses Fevereiro/Março, Março/Abril obtiveram Efeito Pepita Puro. Verificou-se que os valores de alcance dos índices de produtividade ao longo dos meses foram distintos. O alcance variou de 6,85 até 10,86m, para Outubro/2014 e Fevereiro/2015, respectivamente. No caso da variação entre meses o alcance de Janeiro/Fevereiro foi igual a 12,29m, o que indica que essa variável apresenta maior continuidade espacial em relação à diferença entre os meses de Setembro/Outubro que apresentou o menor alcance igual a 7,64m, sendo assim menor continuidade espacial. Segundo classificação proposta por Zimback (2001), apresentou-se índice de dependência espacial (IDE) fraco para o mês de Outubro/2014, moderado para o mês de Março/2015, e para os demais meses e diferença entre os meses apresentou-se IDE forte. A distribuição espacial das variáveis está apresentada na FIGURA 1 e FIGURA 2.

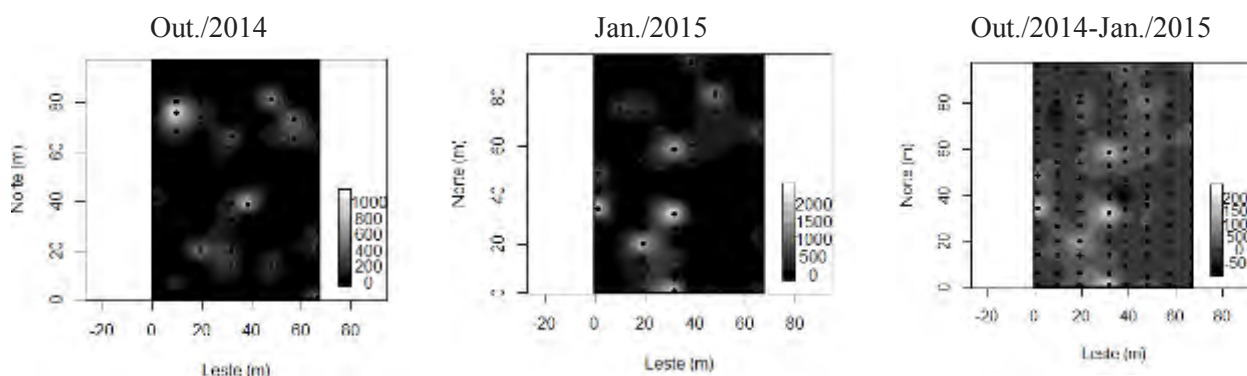


FIGURA 1. Distribuição espacial da produtividade para Out./2014, Jan./2015, e para a variação entre os meses Out./2014-Jan./2015. Spatial distribution of productivity for Oct./2014, Jan./2015, and the variation between the months Out./2014-Jan./2015

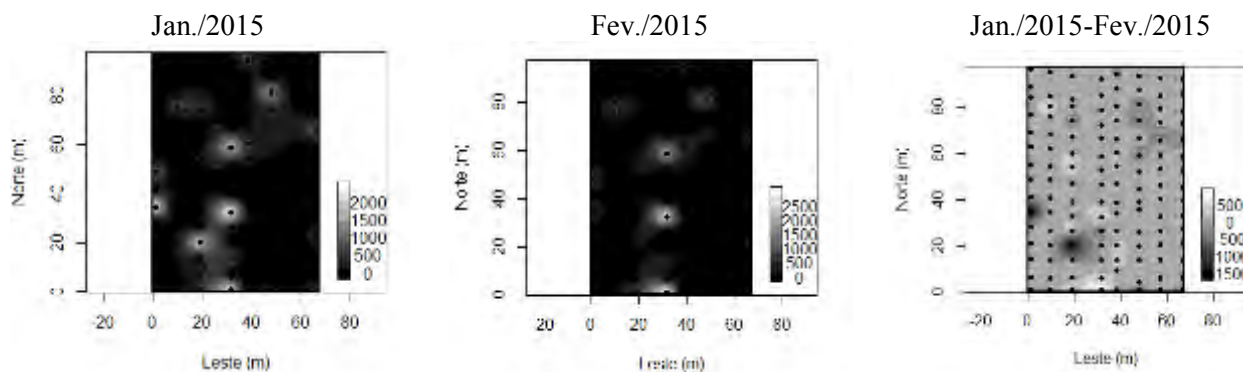


FIGURA 2. Distribuição espacial da produtividade para Jan./2015, Fev./2015, e para a variação entre os meses Jan./2015-Fev./2015. **Spatial distribution of productivity for Jan./2015, Feb./2015, and the variation between the months Jan./2015-Feb./2015**

Por meio de comparação visual dos dados de produtividade (FIGURA 2) dos meses de Janeiro/2015 e Fevereiro/2015, observou-se que os mapas são muito semelhantes. Pelo mapa da variação entre os meses de Janeiro/2015 e Fevereiro/2015, verificou-se que a maioria das regiões possui coloração acinzentada, a qual representam incrementos próximos de zero. Este comportamento está de acordo com os resultados da TABELA 1, que mostra uma correlação igual 0,8426. Entretanto para os dados de produtividade (FIGURA 1) dos meses de Outubro/2014 e Janeiro/2015, os mapas não foram tão semelhantes, comprovado pela baixa correlação (0,2825) entre a diferença desses meses em relação às variáveis de Janeiro/2015 e Fevereiro/2015. Diante destes resultados, comprovou-se por meio da matriz de correlação e comparação visual entre os mapas a estabilidade temporal da produtividade entre os períodos de Janeiro/2015 e Fevereiro/2015.

CONCLUSÃO: Todas as variáveis de produtividade possuem correlação linear significativa a 5% de probabilidade. Foi possível identificar e caracterizar a dependência espacial dos dados de produtividade dos meses de Outubro/2014, Janeiro/2015, Fevereiro/2015 e Março/2015, bem como da variação entre os dados de produtividade dos meses subsequentes, o que permitiu a criação de mapas temáticos. Observou-se maior estabilidade temporal para os períodos de Janeiro-Fevereiro/2015 em relação a Outubro-2014/Janeiro-2015

REFERÊNCIAS:

- CASTRO, G. C. T.; BARTLEY, B. G. D. Caracterização dos recursos genéticos do cacaueteiro: Folha, fruto e semente de seleções da Bahia das séries SIC e SIAL. *Revista Theobroma*, Ilhéus, v. 13, n. 3, p.263-273. 1983.
- ORTEGA, R. A.; SANTIBÁÑEZ, O. A. Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.58, p.49-59, 2007.
- SILVA, S.A.; LIMA, J.S.S.; QUEIROZ, D.M.; Spatial variability in nutritional status of arabic coffee based on dris index. *Revista Ceres*, v.58, n.2, p. 256-261, 2011.
- VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, P. & VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:822-827, 1985.
- VALENTE, D.S.M. et al. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 69, p.173-179, 2012.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114 f. (Tese). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2001.

QUANTIFICAÇÃO DE ERROS ENTRE PASSADAS DE UM CONJUNTO TRATOR-CARRETAS TRANSBORDO DURANTE A COLHEITA DA CANA DE AÇÚCAR

BRUNA PESSOA PASSALAUQA¹, JOSÉ PAULO MOLIN²

¹Tecnóloga em Mec. em Agricultura de Precisão, Pós-graduanda, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, Fone: (19) 3447-8509, bpassalaqua@usp.br

²Eng. Agrícola, Professor Associado, Depto de Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, jpmolin@usp.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Em áreas de produção canavieira o tráfego na região das raízes deve ser evitado para proporcionar a integridade física da rebrota e a produtividade, o que exige exatidão no tráfego de máquinas. Essa necessidade tem impulsionado a adoção de sistemas de direção automática; sendo instalados com mais frequência nas colhedoras do que nos tratores de transbordo. Este trabalho avalia a ocorrência de erros entre passadas dos tratores e das carretas transbordos. Utilizou-se do sistema de colheita composto por um trator e duas carretas transbordos com três eixos, sendo todos equipados com receptores GNSS e sistema de correção tipo RTK. Os erros entre as passadas foram avaliados pela diferença da distância ortogonal entre os pontos de posição das antenas, no centro do trator e no centro do último eixo de cada carreta, em relação à linha referência. Produtores de cana-de-açúcar consideram que os erros devem estar abaixo de 0,1 m para evitar danos às soqueiras. Os resultados indicam erros acima do valor aceitável. Observou-se que nas áreas de relevo inclinado e com percursos curvos o erro de posição do rodado do terceiro eixo da última carreta de transbordo ultrapassa a distância de separação entre duas fileiras de cana.

PALAVRAS-CHAVE: GNSS, direcionamento automático, percursos

MEASUREMENT ERRORS BETWEEN PASSES OF A TRACTOR-WAGON SET DURING SUGARCANE HARVEST

ABSTRACT: In sugarcane production fields, traffic over the roots must be avoided to keep the physical integrity of regrowth and yield, which requires accuracy in machine traffic. This need has driven the adoption of automatic steering systems, which are settled up with more frequency on harvesters than tractors with sugarcane wagon, which travel over the ground in the same intensity. This work evaluates the occurrence of errors between tractors and sugarcane wagon accompanying harvesters. We used a combination of a tractor and two sugarcane wagons with three axes, all equipped with GNSS receivers with RTK correction system. The errors between rows was evaluated by the difference of the orthogonal distance between the position of the antennas in the center of the tractor and wagons and the reference line. Sugarcane producers consider that the errors should be below 0.1 m to prevent damage to the ratoon and the results indicate that the errors found on inclined areas with curved paths are above the acceptable value and the third axis of the last sugarcane wagon reach the row width.

KEYWORDS: GNSS, steering systems, track routes

INTRODUÇÃO: O sistema de produção canavieiro é dependente de sucessivos cortes e rebrotas da cana de açúcar, sobre as quais o tráfego de máquinas deve ser evitado (PAULA & MOLIN, 2013). Portanto, o tráfego de máquinas sobre áreas recém colhidas deve seguir de maneira exata as entrelinhas da cultura (BAIO, 2011). O espaçamento assimétrico das entrelinhas da cana-de-açúcar é o maior precursor dos danos de tráfego associados à colheita. A necessidade de exatidão no tráfego de máquinas impulsionou a adoção de sistemas de direção automática. Apesar da adoção desses sistemas esta ocorre com maior frequência nas colhedoras do que nos tratores com transbordos, os quais trafegam em igual intensidade no campo, porém resistem a adotar tal recurso,

ou quando o fazem, usam tecnologia com menor exatidão de posicionamento. Além disso, as carretas tendem a sofrerem desvios em percursos curvos e em terrenos inclinados, o que ocorre com frequência nas áreas produtoras (Backman et al., 2010). O desempenho dos sistemas de direcionamento automático é frequentemente associado aos erros transversais à trajetória (EASTERLY et al., 2010). O objetivo deste trabalho é quantificar a ocorrência de erros entre passadas durante o processo de colheita da cana de açúcar em relação ao percurso dos tratores acoplados à carretas de transbordo.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em áreas de produção de uma usina localizada no oeste do estado de São Paulo, com latitude de 20°45'20" S e longitude de 50°34'08" W, em solo argiloso e produtividade de cana de açúcar de 132 Mg ha⁻¹. As linhas de plantio foram previamente projetadas de acordo com o relevo do terreno. Foram utilizados três talhões no experimento: a área 1 com relevo plano e percurso retilíneo; a área 2 com o mesmo tipo de percurso, porém com inclinação de aproximadamente 9,8%; e a área 3 inclinada de 9,6% e percurso em curvas. Utilizou-se um trator modelo 6180J (John Deere, Montenegro, Brasil) com 132 kW e duas carretas de transbordo de três eixos TAC 14000 (Civemasa, Matão, Brasil). Tanto o trator, quanto cada uma das carretas estavam equipados com um receptor GNSS com sistema de correção tipo RTK para determinação de posicionamento instantâneo. As carretas de transbordo utilizaram os computadores do sistema de direcionamento automático para a coleta de sinal GNSS com sistema de correção tipo RTK. Na primeira carreta foi utilizado o modelo FMX® (Trimble, Sunnyvale, EUA) e na segunda carreta foi utilizado o modelo X30® (Topcon, Tóquio, Japão) e FMX® (Trimble, Sunnyvale, EUA). O trator dispunha de um sistema de direcionamento automático modelo AutoPilot (Trimble, Sunnyvale, EUA) com um receptor GPS AgGPS 262 e um controlador modelo AgGPS NavController II, com sistema de correção tipo RTK. A Figura 1 mostra a disposição das antenas e estas acopladas nas carretas transbordo e no trator.



FIGURA 1. Representação do esquema da disposição das antenas de GNSS no conjunto. **Schematic representation of the arrangement of GNSS antennas in the set.**

A velocidade média do conjunto foi de 1,25 m s⁻¹ (4,5 km h⁻¹). Foram coletadas linhas dentro de toda a extensão da área. A aquisição de dados foi realizada pelos monitores, de forma contínua e sem interrupções, com frequência de 0,5 Hz. A ordenação, as análises e a exportação de dados foram realizadas nos programas AutoCAD (Autodesk, San Rafael, EUA) e QGIS (Open Source Geospatial Foundation, Beaverton, EUA). Os erros entre as passadas foram avaliados pela diferença da distância ortogonal entre os pontos de posição das antenas, no centro do trator e de cada carreta e a linha referência planejada, utilizando o algoritmo desenvolvido por Spekken et al. (2014). Os erros obtidos foram analisados por estatística descritiva, obtendo-se o erro médio, mediana e o desvio padrão (σ) para o terceiro eixo de cada carreta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram os erros entre passadas para cada componente do conjunto (trator, carreta transbordo 1 e carreta transbordo 2) referente às três áreas experimentais. Produtores de cana-de-açúcar consideram que os erros em 2σ que indicam 95% de probabilidade de ocorrência, devem estar abaixo de 0,1 m para evitar danos à soqueira de cana. Os erros de alinhamento observados no eixo dianteiro do trator quando comparados com a trajetória projetada em A1, estão dentro do aceitável em terreno plano para os valores médios dos erros, no entanto, quando observado o valor para 2σ , este está 0,018 m acima do aceitável.

TABELA 1. Erros entre passadas do trator e de cada carreta transbordo no seu terceiro eixo para cada uma das áreas estudadas. **Errors between lines of tractor and each sugarcane wagon in its third axis for each of the areas studied.**

Análise	Terreno plano e percurso reto			Terreno declivoso e percurso reto			Terreno declivoso e percurso curvo		
	Trator	Eixo 3 Carreta 1	Eixo 3 Carreta 2	Trator	Eixo 3 Carreta 1	Eixo 3 Carreta 2	Trator	Eixo 3 Carreta 1	Eixo 3 Carreta 2
N	836	800	813	1280	1200	1290	1600	2103	2334
Erro mínimo (m)	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,054	0,001	0,001
Erro máximo (m)	0,177	0,484	0,590	0,699	0,997	1,330	1,490	1,483	1,496
Média (m)	0,083	0,109	0,129	0,426	0,473	0,521	0,447	0,533	0,549
CV (%)	61,57	72,14	75,97	40,94	54,41	42,13	52,57	68,11	82,45
Desvio padrão (m)	0,051	0,079	0,098	0,174	0,236	0,329	0,270	0,300	0,353
2σ (m)	0,185	0,267	0,326	0,775	0,943	1,178	0,919	1,133	1,255

N - Número de pontos coletados; CV (%) - Coeficiente de variação; 2σ - 95% de probabilidade de erro

Com base nestes dados, gerou-se os gráficos de frequência acumulada (probabilidade) dos erros para cada uma das situações (Figura 2).

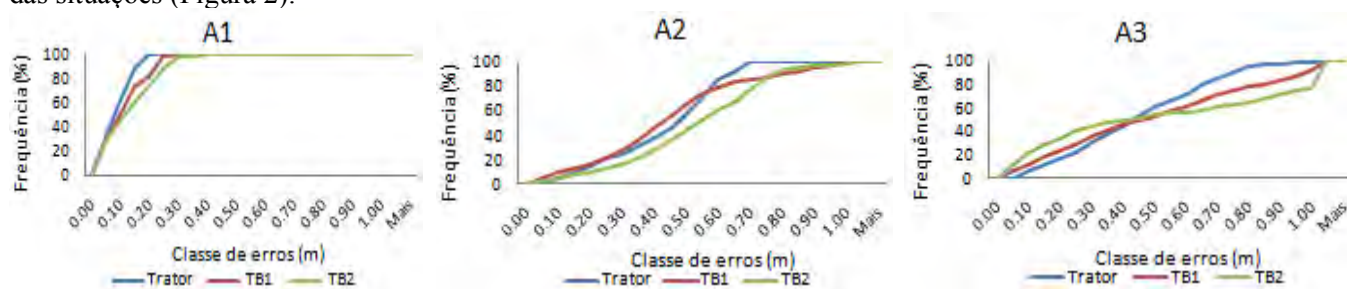


FIGURA 2. Probabilidade de ocorrência dos erros para cada parte do conjunto trator e carreta transbordo para a terreno plano e percurso reto (A1), terreno declivoso e percurso reto (A2) e terreno declivoso e percurso curvo(A3). **Probability of occurrence the error for each of the tractor and sugarcane wagon on flat terrain and straight path (A1), sloping terrain and straight path (A2) and sloping terrain and curved path (A3).**

Porém, esses valores dos erros passam a se acentuar conforme a mudança de relevo (A2) e de percurso (A3), chegando a aumentos de 7,75 e 9,19 vezes acima do aceitável para as áreas respectivamente. Em relação aos erros dos transbordos, verifica-se que em todos os tratamentos os valores estão acima do aceitável. Além disso, estes valores também se acentuam conforme se altere o tipo de percurso e relevo. Observa-se também que os valores do eixo 3 na carreta 2 são sempre superiores em relação aos valores encontrados no eixo 3 da carreta 1. Em A3, com terreno inclinado e trajetória curva, os valores de erros no terceiro eixo da última carreta de transbordos são da ordem de 1,155 m acima do aceitável, praticamente sobre a linha de cana adjacente. Para a área de relevo plano e percurso reto, esse valor é de 0,226 m, já sobre a soqueira de cana.

TABELA 2. Desvios médios relativos entre os eixos. **Relative average deviations among axels.**

Áreas	Erros entre as partes do conjunto (m)				
	Trator - referência	Carreta 1 - trator	Carreta 2 - carreta 1	Carreta 2 - trator	Carreta 2 - referência
Terreno plano e percurso reto	0,185	0,082	0,059	0,141	0,326
Terreno declivoso e percurso reto	0,775	0,168	0,235	0,403	1,178
Terreno declivoso e percurso curvo	0,919	0,214	0,214	0,336	1,255

Observou-se que os maiores desvios ocorreram em terreno inclinado e nesse caso os erros são maiores em percursos curvos, pois as carretas de transbordo têm a tendência de diminuir o raio de curvatura. Estudo realizado por Backman et al. (2010) mostra que em percursos curvos as carretas tendem a sofrer desvios em relação à trajetória do trator, aumentando com a inclinação do terreno. Braunbeck & Oliveira (2006) abordaram

esse fato mostrando que os veículos de pneus retratam uma tendência de deslocamento lateral, no sentido da declividade do terreno.

CONCLUSÃO: Os desvios encontrados para o trator estão acima do valor aceitável em todos os cenários avaliados, porém com valores mais próximos para o terreno plano com percurso reto e mais elevados em terrenos declivosos e percursos curvos. Quando observado o último eixo da segunda carreta o desvio reflete, em seu pior cenário, a sua passagem sobre a soqueira da fileira adjacente, com erro ultrapassando a distância de separação entre duas fileiras de cana. Observa-se que valores de erros acima do aceitável são encontrados também para o eixo dianteiro do trator.

AGRADECIMENTOS: A CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela bolsa do primeiro autor e a Fundação "Shunji Nishimura" pelo empréstimo de equipamento de GNSS.

REFERÊNCIAS:

- BACKMAN, J., OKSANEN, T., VISALA, A. Nonlinear model predictive trajectory control in tractor-trailer system for parallel guidance in agricultural field operations. In: IFAC CONFERENCE IN MODELLING AND CONTROL IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND POST-HARVEST PROCESSING - AGRICONTROL, 3., 2010, Kyoto. *Anais...* Kyoto: 2010. p. 133-138.
- BAIO, F. H. R., MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola** (Impresso), v. 31, n. 2, p. 367-375, 2011.
- BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p.300-308, 2006.
- EASTERLY, D. R., ADAMCHUK, V. I., KOCHER, M. F., HOY, R. M. Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 72, n. 2, p. 107-118. 2010.
- PAULA, V. R. de; MOLIN, J. P. Assessing damage caused by accidental vehicle traffic on sugarcane ratoon. **Engineering in Agriculture**, v. 29, n.2, p. 161-169, 2013.
- SPEKKEN, M.; SALVI, J. V.; MOLIN, J. P. **A method to evaluate paralelism for machine logged positions.** In: International Conference on Robotics and Associated High-Technologies and Equipament for Agriculture and Forestry (RHEA), 2, 2014, Madri. *Anais...* Madri: 2014. p. 227-237.

RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES EM ZONAS DE MANEJO COM BASE NA PRODUTIVIDADE POTENCIAL SIMULADA

MARCELO MARQUES COSTA¹, DANIEL MARÇAL DE QUEIROZ², DARLY GERALDO DE SENA JUNIOR³, FRANCISCO DE ASSIS DE CARVALHO PINTO², AMÉRICO NUNES DA SILVEIRA NETO³

¹Engº Agrônomo, Prof. Doutor. Curso de Agronomia UFG – Regional Jataí, Jataí – GO. Fone: (64) 99917-0585, marcelo.marques.costa@gmail.com

²Engº Agrícola, Prof. Doutor. Departamento de Eng. Agrícola UFV, Viçosa – MG

³Engº Agrônomo, Prof. Doutor. Curso de Agronomia UFG – Regional Jataí, Jataí – GO.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: As zonas de manejo delimitadas utilizando mapas de produtividade direcionam a investigação de fatores limitantes, causadores da variabilidade entre zonas. Ao utilizar modelos de crescimento de planta, essas zonas de manejo podem ser investigadas quanto ao potencial de produtividade e decisão em alocação de investimentos. A produtividade potencial também pode servir de base para recomendação de fertilizantes que apresentam custos elevados. O objetivo desse trabalho consistiu em delimitar zonas de manejo com base no mapa de produtividade da cultura do milho, avaliar possíveis fatores limitantes e recomendar a aplicação de fertilizantes em função da produtividade potencial simulada pelo modelo CERES-Maize no DSSAT (Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia). Foi utilizado o mapa de produtividade em um talhão heterogêneo de produção comercial de milho. O método de classificação Fuzzy c-means agrupou duas zonas de manejo no talhão. As análises de solo nas zonas de manejo apontaram o enxofre como o atributo manejável de maior potencial de resposta. Provavelmente isso se deve ao efeito que esse nutriente tem no estímulo ao desenvolvimento radicular e absorção de água em camadas mais profundas de cultivos não irrigados. A recomendação de N-P-K com base na exportação de nutrientes pelo grão considerando a produtividade potencial mostrou-se pouco distinta entre as zonas de manejo, mas com uma boa discriminação entre as datas de semeadura.

PALAVRAS-CHAVE Adubação, produtividade potencial, simulação.

CERES-MAIZE MODEL FOR RECOMMENDATION OF FERTILIZERS FOR CORN CROP IN MANAGEMENT ZONES

ABSTRACT: The management zones delineated using yield maps directs the search for limiting factors that cause variability between areas. By using crop simulation models, these management zones can be investigated for the yield potential and decision can be made regarding the use of inputs. The yield potential can also be the basis for fertilizer recommendations that have high costs. The objective of this study was to delineate management zones based on corn yield map, to assess possible limiting factors and to recommend the application of fertilizers on the basis of simulated yield potential by CERES-Maize model in DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer). The yield map of field of maize production was analyzed. The fuzzy c-means clustering method divided the field in two management zones. Soil analysis for each management zone showed sulfur as manageable attribute greater response potential. This is probably because this nutrient stimulates root development and water absorption in the soil deeper layers of non-irrigated crops. The NPK recommendation based on the nutrient exported to the grain considering the yield potential showed small differences between management zones, however showed significant difference between the analyzed dates of planting.

KEYWORDS: Fertilization, yield potential, simulation.

INTRODUÇÃO: Os talhões de uma fazenda são considerados unidades gerenciais, mas podem apresentar áreas extensas e muitas vezes sua heterogeneidade justifica a subdivisão em zonas de manejo. Alguns atributos do solo não são alterados com operações de manejo e isso os torna mais recomendados para estratificar a área em zonas ou zonas de manejo (SPERANZA et al., 2014). Atributos que se alteram com o manejo podem ser considerados sob uma perspectiva dinâmica e investigativa. Isso porque a correção desses atributos implicaria na reconfiguração das zonas de manejo a cada safra. Nesse raciocínio, é coerente utilizarmos a produtividade como variável para delimitar zonas ou zonas de manejo, com o intuito investigativo e de recomendações. Os mapas de produtividade de uma safra podem ser utilizados para investigar a existência de fatores limitantes e corrigi-los para a próxima safra (GOZDOWSKI et al., 2014). Com o cultivo não irrigado, a manifestação de atributos limitantes em uma safra é condicionada às variações no clima a cada ano. Atributos associados à absorção de água pelas plantas são normalmente mais limitantes na 2ª safra. Esses atributos podem definir a produtividade potencial para o plantio não irrigado (GREGORET et al., 2011). O conhecimento da produtividade potencial das zonas de manejo é uma informação importante, pois permite dimensionar as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas, visando à máxima produtividade e a reposição de nutrientes do solo. Contudo, a máxima produtividade para uma dada condição climática só pode ser obtida na ausência de outros eventuais fatores limitantes. Essa produtividade pode ser estimada para a cultura do milho, utilizando o modelo CERES-Maize, presente no programa de computador DSSAT (Sistema de Apoio à Decisão para Transferência de Agrotecnologia). O objetivo desse trabalho consiste em delimitar zonas de manejo com base no mapa de produtividade da cultura do milho, avaliar possíveis fatores limitantes e recomendar a aplicação de fertilizantes em função da produtividade potencial simulada pelo modelo CERES-Maize no DSSAT.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Jataí – GO. A temperatura média do ar é de 23,7 °C, com uma precipitação média anual de 1652 mm e altitude de 662 m, segundo estação meteorológica instalada no campus da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. A área de cultivo utilizada neste trabalho foi ocupada nos anos anteriores pela sucessão soja/milho, no sistema de plantio direto, e podem ser localizadas a partir das coordenadas 18° 05' 21" S e 51° 59' 07" W. O talhão possui área de 195 há e foi cultivado com o híbrido de milho P30F53 na segunda safra. Para delimitar as zonas de manejo a partir da produtividade do milho foi utilizado o programa de computador FuzME versão 3.5 desenvolvido por Minasny e McBratney (2002). O Índice de Performance Fuzzy (FPI) e a Entropia de Partição Modificada (MPE) foram utilizados para definir o número mais apropriado de zonas. As características hídricas do solo como capacidade de campo, ponto de murcha permanente e umidade de saturação, foram estimadas pela equação de Van Genuchten (1980), com os parâmetros ajustados por Tomasella et al. (2000), com base na textura e carbono orgânico do solo. Com base nos valores médios dos atributos do solo criou-se um arquivo DSSAT para o solo de cada zona de manejo. Nesse arquivo foi considerada a zona de exploração radicular do milho na camada de 0 a 0,50 m do solo (Andrade et al., 2006). Para criar o arquivo de clima utilizou-se o banco de dados de 35 anos da estação convencional do INMET, localizada na Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí (UFG), que se encontra a uma distância linear aproximada de 25 km da área em estudo. As estações convencionais não fornecem a radiação solar, que é requerido pelos modelos. A radiação solar foi estimada pela equação de Angström com base na insolação diária, com os parâmetros $a = 0,35952$ e $b = 0,43373$. Esses parâmetros foram ajustados com dados de radiação obtidos em 2013, pela estação automática também situada na UFG Regional Jataí. Foi utilizado o híbrido de milho P30F53 para a simulação da produtividade potencial em cada zona de manejo. Os coeficientes genéticos desse híbrido foram calibrados e validados previamente para a região utilizando dados observados em experimentos reais. Uma nova validação somente seria necessária para estimar a produtividade real, pois variáveis não avaliadas durante a calibração do híbrido podem influenciar os resultados. Com base na produtividade potencial estimada para as zonas de manejo, foi calculada a dose de fertilizantes N-P-K necessária para suprir a demanda de nutrientes exportadas pelos grãos de milho. Essa recomendação foi realizada considerando a variação da produtividade potencial em função do período de semeadura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 são apresentados os mapas de produtividade, referente a 2ª safra de milho, obtido por monitor de rendimento da colhedora e o mapa de zonas de manejo gerados a partir do mesmo. O método Fuzzy c-mean agrupou a produtividade em duas zonas de manejo segundo os índices FPI e MPE. A Zona 1 representa a região de menor rendimento e a Zona 2 representa a região de maior rendimento.

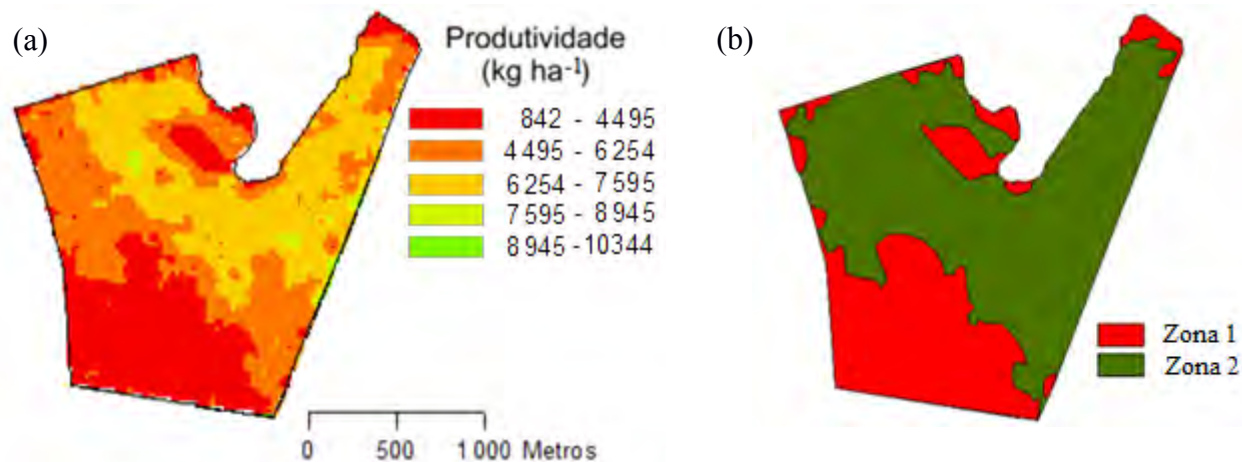


Figura 1:(a) - Mapa de produtividade de uma área comercial cultivada com o híbrido de milho P30F53; (b) - Mapa de zonas de manejo obtido a partir do mapa de produtividade. **(a) - Productivity map for a commercial area cultivated with P30F53 corn hybrid; (b) - Management zone map obtained from the yield map.**

A área foi manejada no passado, primeiramente sob os preceitos convencionais que gerencia a fazenda pelas médias de cada talhão. A alguns anos, o produtor tem adotado um pacote de tecnologias em agricultura de precisão muito usual nesse mercado, que busca equiparar os níveis de nutrientes em toda a área de cada talhão, na expectativa de uma produtividade uniforme ou economia de insumos. Essa vertente em agricultura de precisão direciona esforços às correções do solo. Nessa linha, o chamado “FeedBack” consiste em avaliar as alterações nas análises de solo após dois anos de aplicações de fertilizantes a taxa variada. O resultado dessa agricultura de precisão pode ser exemplificado ao analisar os níveis médios de nutrientes nas zonas de manejo de cada talhão, cujos valores médios são muito próximos e em sua maioria em níveis adequados. Apenas o nutriente enxofre “S”, apresenta uma relativa discrepância entre as zonas de manejo Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios de atributos químicos do solo nas classes de manejo. **Mean values of soil chemical attributes in management classes.**

Nutrientes	pH(CaCl)	MO	T	t	SB	H + Al	Al	V	P-res
	-	g dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			%	mg dm ⁻³
Classe 1	5,32	47,7	8,93	4,90	4,74	4,19	0,00	53,0	31,53
Classe 2	5,53	41,5	8,52	4,91	4,65	3,87	0,00	54,5	30,68
Nutrientes	Ca	Mg	K	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³					
Classe 1	3,28	1,30	0,15	5,27	0,33	43,1	1,71	1,28	1,83
Classe 2	3,31	1,19	0,15	11,11	0,39	40,4	1,89	1,61	3,57

O potencial produtivo das zonas de manejo foi avaliado por meio da simulação do crescimento e desenvolvimento da cultura do milho utilizando o modelo CERES-Maize. Essa produtividade potencial simulada considera que a planta não sofrerá limitações nutricionais, doenças e pragas. A produção é definida em função do balanço de água no solo, variáveis meteorológicas, condições de manejo como data de semeadura e densidade de plantas. As características genéticas do híbrido foram calibradas previamente pelo ajuste dos coeficientes genéticos e validação experimental. A caracterização das zonas de manejo é realizada nos arquivos de solo, que deve contemplar os parâmetros hídricos dos mesmos. A estimativa dos parâmetros hídricos do solo representa uma fonte de incerteza, pois não são obtidos diretamente, mas por meio de funções de pedotransferência. Além disso, é difícil estimar com precisão a profundidade de exploração radicular, visto que impedimentos físicos e químicos são observados e as diferenças genéticas proporcionam diferentes respostas a esses fatores.

A produtividade potencial depende do período do ano em que a cultura é implantada, pois determina as condições climáticas às quais serão submetidas. Por isso, foram simuladas as produtividades potenciais estimadas para as datas de semeadura nas quinzenas dos meses de outubro, novembro, janeiro e fevereiro. Foi observada uma pequena variação da produtividade potencial entre as zonas de manejo. Isso indica que a correção de atributos manejáveis podem equipara a produtividade das zonas de manejo. Foi observado maiores divergências na produtividade potencial para os diferentes períodos de semeadura. Com base na produtividade potencial do híbrido P30F53, para o plantio das quinzenas de outubro, novembro, janeiro e fevereiro, foi

realizada uma recomendação de fertilizantes N-P-K considerando os níveis de exportação pelos grãos (Tabela 2). A estimativa do potencial de produtividade foi realizada para os 35 anos de histórico de condições climáticas do município, o que permitiu avaliar a produtividade de anos bons, normais e ruins, segundo os intervalos entre o 1ª e 2º quartil, 2º e 3º quartil e o 3º e 4º quartil respectivamente. Houve uma pequena diferença na produtividade potencial das zonas de manejo e por esse motivo as doses de N-P-K foram diferentes para as duas zonas, apesar das diferenças serem pequenas.

Tabela 2: Recomendação de N-P-K para o híbrido P30F53 cultivado com diferentes períodos de semeaduras nas zonas de manejo avaliadas, em kg ha⁻¹. **N-P-K Recommendation for hybrid P30F53 cultivated with different periods of sowing the assessed management zones in kg ha⁻¹.**

Recomendação de fertilizantes		Anos ruins			Anos normais			Anos bons		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
zona 1	1ª quinzena de outubro	91	52	30	205	117	68	250	142	82
	2ª quinzena de outubro	102	59	34	220	126	73	259	147	85
	1ª quinzena de novembro	125	71	41	220	126	73	264	151	87
	2ª quinzena de novembro	122	70	40	218	125	72	266	151	88
	1ª quinzena de janeiro	128	73	42	191	109	63	245	139	81
	2ª quinzena de janeiro	82	47	27	151	86	50	230	131	76
	1ª quinzena de fevereiro	29	17	10	90	51	30	188	107	62
	2ª quinzena de fevereiro	5	3	2	38	22	13	152	87	50
zona 2	1ª quinzena de outubro	96	55	32	212	121	70	253	144	84
	2ª quinzena de outubro	105	60	35	226	129	75	263	150	87
	1ª quinzena de novembro	130	74	43	225	128	74	267	152	88
	2ª quinzena de novembro	126	72	42	222	127	73	267	152	88
	1ª quinzena de janeiro	134	77	44	197	113	65	248	142	82
	2ª quinzena de janeiro	87	50	29	159	91	53	237	135	78
	1ª quinzena de fevereiro	32	19	11	99	57	33	198	113	65
	2ª quinzena de fevereiro	7	4	2	46	27	15	164	93	54

CONCLUSÃO: O mapa de produtividade apresentou heterogeneidade na produção comercial de milho. A recomendação de N-P-K com base na exportação de nutrientes pelo grão na produtividade potencial mostrou-se pouco distinta entre as zonas de manejo, mas com uma boa discriminação entre os intervalos de semeadura e as zonas de condições climáticas.

AGRADECIMENTOS: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de Viçosa – UFV e à Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí – UFG que possibilitaram a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS:

- ANDRADE, C. D. L. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; BRITO, R. A. L.; RESENDE, M. **Viabilidade e Manejo da Irrigação da Cultura do Milho**. Circular Técnica 85. Embrapa, Sete Lagoas, MG. 2006
- GOZDOWSKI, D.; STEPIEŃ, M.; SAMBORSKI, S.; DOBERS, E. S.; SZATYŁOWICZ, J.; CHORMAŃSKI, J. Determination of the Most Relevant Soil Properties for the Delineation of Management Zones in Production Fields. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, n. 17, p. 2289-2304, 2014.
- GREGORET, M. C.; DÍAZ ZORITA, M.; DARDANELLI, J.; BONGIOVANNI, R. G. Regional model for nitrogen fertilization of site-specific rainfed corn in haplustolls of the central Pampas, Argentina. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 6, p. 831-849, 2011.
- MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. FuzME version 3.0. **Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, Australia**, 2002.
- SPERANZA, E. A.; CIFERRI, R. R.; GREGO, C. R.; VICENTE, L. E. A cluster-based approach to support the delineation of management zones in precision agriculture. *Proceedings - 2014 IEEE 10th International Conference on eScience, eScience 2014*, 2014. p.119-126.
- TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G.; ROSSATO, L. Pedotransfer Functions for the Estimation of Soil Water Retention in Brazilian Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, 2000.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predictin the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 892-898, 1980.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO CULTIVADO COM ARROZ EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

MATHEUS B. SOARES¹; VINICÍUS MARCHIORO²; ONÃ da S. FREDDI³; RODRIGO G. TREVISAN⁴; FLÁVIO J. WRUCK⁵

¹ Engº Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFMT, Sinop-MT, Fone: (066) 99939-3496, matheus_2525@hotmail.com

² Graduando em Agronomia, UFMT, Sinop-MT.

³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, UFMT, Sinop-MT.

⁴ Engº Agrônomo, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Esalq, Piracicaba-SP.

⁵ Engº Agrônomo, Pesquisador, EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop-MT.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: No Brasil, o sistema de integração lavoura-pecuária tem se mostrado como uma das melhores formas de recuperação de áreas de pastagens degradadas. São poucos os estudos que dimensionam a variabilidade espacial de atributos químicos em uma unidade de mapeamento de solo após a utilização de forrageiras em rotação com culturas anuais na entressafra. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo e o desempenho do arroz de terras altas. O sistema foi adotado com as seguintes culturas de cobertura, T1: consórcio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e braquiária (*B. ruziziensis*); T2: consórcio de crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) e braquiária (*B. ruziziensis*); T3: consórcio de capim Sudão (*Sorghum sudanense*) e braquiária (*B. ruziziensis*). Houve correlação linear negativa entre H+Al e PG demonstrando que o aumento de um implicou na redução do outro. Nos locais onde houve maior incidência da acidez potencial houve redução na produtividade. O tratamento que apresentou maior produtividade de arroz foi o de consórcio de crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) com braquiária (*B. ruziziensis*).

PALAVRAS-CHAVE: H+Al, *Oryza sativa*, geoestatística.

SPATIAL VARIABILITY OF ACIDITY POTENTIAL OF A TYPIC GROWN YELLOW WITH RICE PRODUCTION SYSTEMS INTEGRATED

ABSTRACT: In Brazil, the crop-livestock integration system has proven to be one of the best forms of recovery of degraded pastures. And there are few studies that scale the spatial variability of chemical attributes of a soil-mapping unit after use of forages in rotation with annual crops in the off-season. Given the above, aimed to evaluate the spatial variability of potential acidity of an Oxisol and rice performance highlands. The system was adopted with the following cover crops, T1: cowpea consortium (*Vigna unguiculata*) and pasture (*B. ruziziensis*); T2: crotalaria consortium (*Crotalaria ochroleuca*) and pasture (*B. ruziziensis*); T3: Sudan grass consortium (*Sorghum sudanense*) and pasture (*B. ruziziensis*). There was a negative linear correlation between M and PG + Al demonstrating that the increase resulted in a reduction of the other. Where there was a higher incidence of potential acidity decreased productivity. Treatment with the highest rice yield was crotalaria consortium (*Crotalaria ochroleuca*) with Brachiaria (*B. ruziziensis*).

KEYWORDS: H+Al, *Oryza sativa*, geostatistics.

INTRODUÇÃO: A região do Cerrado apresenta mais da metade das pastagens em algum estágio de degradação, ou seja, 32 milhões de hectares de pastagens degradadas, correspondendo a 60% de toda pastagem cultivada neste bioma. Tal fato é em razão de superpastejo, ausência de adubação e de manutenção e emprego de espécies inadequadas para as condições da região (EMBRAPA, 2014). Outro problema que ocorre nos solos de Cerrado é a utilização da sucessão soja/milho, onde com o tempo se tem uma redução no aporte de matéria orgânica para o solo, devido à pouca contribuição de palhada gerada pela cultura da soja e pela lenta decomposição da palhada do milho em relação a outras gramíneas (MENDONÇA et al., 2013). Uma alternativa para recuperação destas áreas,

são os sistemas integrados de produção, dentro os quais se destaca a integração lavoura-pecuária, visto que é um sistema onde se tem na safrinha o consórcio do milho com forrageiras e na terceira safra o componente animal, tendo importância não só na adição de matéria orgânica no sistema, mas também no ponto de vista econômico. O estado de Mato Grosso possui cerca de 450 mil hectares com sistemas integrados, sendo 89% da área com integração lavoura-pecuária, 5% com integração pecuária-floresta e 1% com integração lavoura-floresta segundo dados do IMEA (2014), representando aproximadamente cerca de 25% do total de sistemas integrados do país. Neste contexto, está inserido o arroz de terras altas, sendo o mesmo, amplamente utilizado na recuperação de pastagens por apresentar tolerância à acidez dos solos degradados (CARVALHO et al., 2009). Com isso, espera-se que ao ser inserido no ILP, possa proporcionar amortização nas despesas de implantação do sistema. Diante disso, tem-se o objetivo de avaliar a variabilidade da acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo e a produtividade do arroz de terras altas em semeadura direta sob diferentes culturas de cobertura após sete anos de integração lavoura-pecuária, utilizando técnicas de geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na Unidade de Referência Tecnológica (URT) da EMBRAPA Agrossilvipastoral, implantada na Fazenda Dona Isabina, localizada no município de Santa Carmem, norte do Estado de Mato Grosso, situada nas coordenadas geográficas de 12° 03' 58"S e 55° 21' 07"O, com altitude média de 375 m, pertencente ao ecótono Cerrado-Amazônia. O clima é do tipo tropical quente e úmido, Aw, segundo classificação Köppen, caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, chuvas no verão e seca no inverno, com temperatura média mensal oscilando entre 24°C e 27°C e precipitação média anual de 2000 mm. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa com valores de 342 g kg⁻¹ de areia, 123 g kg⁻¹ de silte e 535 g kg⁻¹ de argila. No ano agrícola 2010/11 cultivou-se soja precoce na safra principal e em seguida repartiu-se a área em três faixas para implantação das seguintes culturas de cobertura, estabelecendo assim três tratamentos, T1: consórcio de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e braquiária (*B. ruziziensis*); T2: consórcio de crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) e braquiária (*B. ruziziensis*); T3: consórcio de capim Sudão (*Sorghum sudanense*) e braquiária (*B. ruziziensis*). A coleta de solo ocorreu na semeadura do arroz, através da instalação de uma malha retangular constituída de 7 linhas e 12 colunas, contendo 84 pontos amostrais, espaçados de 20 em 20 m em ambos os eixos, totalizando uma área de estudo de 26.400 m². Além disso, foram alocados dentro da grande malha mais 16 pontos de refinamento, ao centro do quadrado formado por quatro pontos adjacentes, visando detalhar o estudo da dependência espacial dos dados para espaçamento entre pontos menores do que 20 m, totalizando no total 100 pontos amostrais, no qual coletou-se amostras deformadas de solo na camada de 0 a 0,10 m. Para determinação da produtividade da cultura do arroz (PG) usou-se a massa de grãos contidas em duas linhas de 3 m, totalizando uma área de 3 m², posteriormente a produtividade foi calculada para a área de um hectare e corrigida para a condição de umidade de 13%. A extração da acidez potencial do solo foi obtida através do extrator acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato (EMBRAPA, 1997). Foram realizados três métodos estatísticos, inicialmente procedeu-se a análise descritiva dos dados para estudo explanatório, após a identificação dos *outliers*, verificou-se a normalidade pelo teste de Shapiro Wilk (p<0,05). Por fim, os dados foram submetidos à análise geoestatística, a qual constituiu-se da modelagem dos semivariogramas e interpolados por krigagem ordinária para elaboração de mapas de contorno com intervalos equidistantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva encontram-se na Tabela 1, onde se observa que, para todos os atributos, os valores das medidas de tendência central (média e mediana) ficaram bem próximos, indicando distribuição simétrica, confirmada pelos valores de simetria próximos de zero. Os atributos apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro e Wilk (p<0,05). Analisando a variabilidade, por meio do coeficiente de variação (CV), constata-se que, a produtividade de grãos apresentou variação muito alta, enquanto a acidez potencial apresentou média variação, de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), de baixa para CV < 10%; média entre 10 e 20 %; alta para CV entre 20 e 30%; e muito alta, se o CV > 30%. A maior variação foi observada para a PG, justificada por sua maior amplitude total. Para a análise de correlação verificou-se valor de r = -0,24 (p<0,05), evidenciando a presença de correlação linear entre essas duas variáveis. A correlação negativa de H+Al com a PG evidenciou que o aumento da acidez potencial gerou redução na produtividade, sendo esse resultado encontrado por Guimarães (2006), devido a toxicidade do alumínio, que inibe a divisão celular do meristema radicular, reduzindo a absorção de água e nutrientes pela planta, tendo como consequência a redução das atividades enzimáticas.

TABELA 1. Análise descritiva inicial da produtividade de grãos da cultura do arroz e acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico da Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2016. **Initial descriptive analysis of the grain yield of rice and potential acidity of a Red-Yellow Latosol of Farm Dona Isabina, Santa Carmen-MT, 2016.**

Variáveis ^(a)	Medidas Estatísticas Descritivas									
	Valor ^(b)					Coeficiente ^(c)			Prob. ^(d)	
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	S	Var. (%)	Curtose	Ass.	Pr<w	DF
PG	1,69	1,59	0,69	3,11	0,54	32,21	-0,64	0,39	0,10	NO
H+Al	6,03	6,09	4,27	8,25	0,88	14,67	-0,08	0,33	0,16	NO

^(a)PG: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); H+Al: acidez potencial (cmolc dm⁻³); ^(b)S: Desvio Padrão; ^(c)Var: Variação; ^(d)Prob: Probabilidade referente ao teste de normalidade; DF: distribuição de frequências, sendo NO do tipo normal.

Observou-se que a média da produtividade do arroz na área foi de 1,7 Mg ha⁻¹, ficando bem abaixo da média estadual que foi de 2,8 Mg ha⁻¹ na safra 2015/2016 (CONAB, 2016). O fator ocorrido na área que mais comprometeu a produção final da cultura foi a ausência de chuvas no período crítico para a mesma que é a fase de pleno desenvolvimento das panículas, conhecida como fase de emborrachamento, acarretando no desenvolvimento não satisfatório das panículas, entretanto, observou-se uma variação na produtividade desde 0,698 até 3,116 Mg ha⁻¹, o que evidencia a potencialidade de uma boa produtividade da cultura mesmo que passe por um estresse hídrico em sua fase mais crítica de desenvolvimento, como ocorreu. Os valores de acidez potencial (H+Al) de acordo com Zambrosi et al. (2007) são descritos como alto, fazendo com que haja um comprometimento na produtividade, mesmo em culturas como o arroz que toleram a acidez do solo. Os resultados da análise geoestatística presente na Tabela 2, indicam que os atributos PG e H+Al apresentam dependência espacial moderada, ajustando-se, com base nos critérios pré-estabelecidos, o modelo esférico com alcance de 38,0 e 118,0 m, respectivamente. Sendo o modelo de ajuste de semivariograma escolhido conforme melhores valores obtidos na validação cruzada.

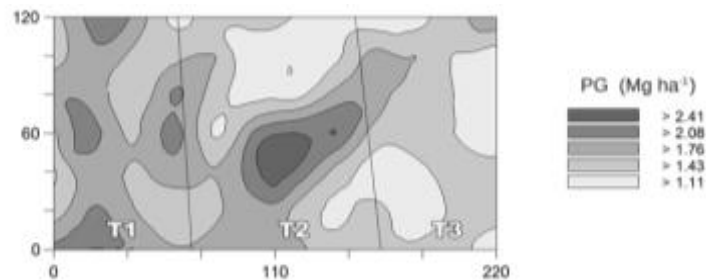
TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade de grãos e acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2016. **Parameters set semivariograms for grain yield and potential acidity of a Red-Yellow Latosol. Farm Dona Isabina, Santa Carmen-MT, 2016.**

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste									
	Mod ¹	Co	Co+C	Ao ²	SQR ³	r ²	ADE ⁴	Validação cruzada		
								a	b	r
PG	esf	1,18.10 ⁻¹	2,95.10 ⁻¹	38,0	0,52	6,620.10 ³	60	MD	0	0,99
H+Al	esf	4,31.10 ⁻¹	8,63.10 ⁻¹	118,0	0,71	5,970.10 ⁻²	50	MD	0,62	0,90

^(a)PG: Produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); H+Al: acidez potencial (cmolc dm⁻³). ^(b)esf: esférico; C0, C0+C e Ao, são respectivamente: efeito pepita, patamar e alcance; ⁴SQR: soma dos quadrados dos resíduos. ⁵ADE: avaliador de dependência espacial, sendo MD: média dependência.

Verifica-se pelos mapas de krigagem, figura 1, uma grande amplitude nos atributos estudados e a influência da acidez potencial sobre a produtividade do arroz. Os maiores valores de PG e os menores valores de H+Al são encontrados na porção central da área, sendo que a maior parte da área apresenta valores de H+Al variando entre 5,16 a 5,89 cmolc dm⁻³. A produtividade obteve distribuição semelhante, com maior proporção da área com valores entre 1,11 e 1,76 Mg ha⁻¹. Nos mapas fica evidente o que já era indicado pelos semivariogramas, de modo que o componente PG devido obter maior alcance apresentou grandes regiões que pertencem à mesma classe de valores, com transição mais suave para as outras classes, enquanto que H+Al com alcance menor exibiu maior variabilidade local, o que gera grande número de zonas diferenciadas em curtas distâncias.

(a)



(b)

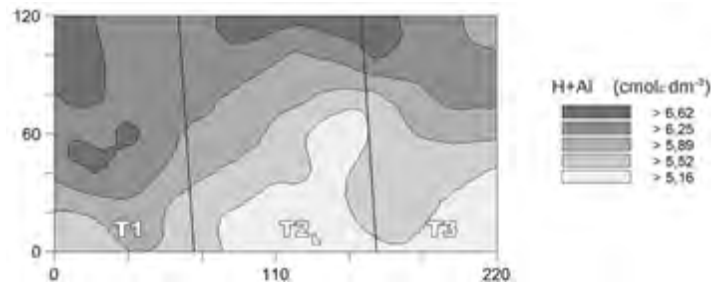


FIGURA 1. Mapas de Krigagem para (a) produtividade de grãos e (b) acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem-MT, 2016. **Kriging maps (a) grain yield and (b) potential acidity of a Red-Yellow Latosol. Fazenda Dona Isabina, Santa Carmen-MT, 2016.**

CONCLUSÃO: Houve correlação linear negativa entre H+Al e PG demonstrando que o aumento de um implicou na redução do outro. Nos locais onde houve maior incidência da acidez potencial houve redução na produtividade. O tratamento que apresentou maior produtividade de arroz foi o de consórcio de crotalária (*Crotalaria ochroleuca*) com braquiária (*B. ruziziensis*).

REFERÊNCIAS: CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M; NOETZOLD, R; ROBOREDO, D. Desenvolvimento vegetativo de plantas e qualidade fisiológica de sementes de arroz produzidas em áreas de recuperação de pastagem. **Revista brasileira de sementes**, v. 31, n. 4, p. 09-16, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, nono levantamento**, Junho 2016. Brasília, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapeamento de pastagens degradadas no Cerrado**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>>(Acessado em 03/05/2016).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997.

GUIMARAES, CLEBER M.; NEVES, PÉRICLES de C. F.; STONE, LUÍS F.; ZIMMERMANN, FRANCISCO J. P. Resistência do arroz de terras altas ao alumínio. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 10, n. 4, p. 855-860,2006.

INSTITUTO Mato-Grossense de Economia Agropecuária. EMBRAPA; GIL, J. Opções de integração de sistemas produtivos levam sustentabilidade ao campo. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1834405/opcoes-de-integracao-de-sistemas-produtivos-levam-sustentabilidade-ao-campo>> (Acessado em 20/02/2016).

MENDONÇA, V. Z. de; MELLO, M. M. de; ANDREOTTI, M. PEREIRA, F. C. B. L.; LIMA, R. C.; FILHO, W. V. V.; YANO, É. H. Avaliação dos atributos físicos do solo em consórcio de forrageiras e milho em sucessão com soja em região de cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 37, n. 1, p. 251-259, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F.; Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007.

DESEMPENHO DO MECANISMO DOSADOR DE FERTILIZANTES EM TAXAS VARIÁVEIS DE UMA SEMEADORA-ADUBADORA DE PRECISÃO SOB DIFERENTES VELOCIDADES DE DESLOCAMENTO

JOSÉ FABIO APARECIDO VIEIRA¹, ADLEY CAMARGO ZIVIANI², FERNANDA GOULART DUARTE³, REMIDIJO TOMAZINI NETO⁴, ÉDIMO FERNANDO ALVES MOREIRA⁵

¹Graduando em Agronomia, Faculdades Integradas da UPI, Planaltina-DF, Fone: (61) 999612579, fabinhothi@hotmail.com;

²Engº Agrônomo, Professor Doutor, Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberaba-MG, adley@iftm.edu.br;

³M.Sc., Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde – Brasília-DF, fernanda_gduarte@yahoo.com.br;

⁴Engº Agrônomo, Professor M.Sc., Faculdades Integradas da UPI, Planaltina-DF, remidijo@agronomo.eng.br;

⁵Engº Agrônomo, Professor M.Sc., Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM – Campus Uberaba-MG, edimo@iftm.edu.br;

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Avaliar a efetiva resposta de um mecanismo dosador de fertilizante do tipo helicoidal de uma semeadora-adubadora em taxas variáveis com diferentes taxas de aplicação de adubo e em diferentes velocidades de plantio foi o objetivo do presente estudo. Foi avaliada a distribuição de fertilizantes na linha de semeadura em diferentes velocidades de plantio (4, 8, 12 e 16 km.h⁻¹) e diferentes taxas de aplicação de fertilizantes (150, 300, 450 e 600 kg.ha⁻¹), em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Os resultados foram expressos por meio da diferença relativa entre a taxa aferida e a taxa desejada. Os dados foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, à análise de regressão. As variações na aplicação das diferentes taxas, nas diversas velocidades simuladas foram pouco expressivas, uma vez que a diferença relativa percentual máxima foi de 4,6 % e cerca de 81% das avaliações atingiram diferença relativa menor que 3%, o que indica uma alta acurácia do equipamento, mesmo variando as taxas de 150 a 600 kg.ha⁻¹ na velocidade de 16 km.h⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização, distribuidor helicoidal, aplicação.

PERFORMANCE MECHANISM FEEDER FERTILIZER IN VARIABLE RATE OF A SEEDER UNDER DIFFERENT SPEEDS SHIFTING

ABSTRACT: To evaluate the actual response of a helical type fertilizer metering system of a seeder at variable rates with different rates of application of fertilizer and different planting speeds was the goal of this study. Distributing fertilizer was evaluated in the row in different planting speeds (4, 8, 12 and 16 km h⁻¹) and different fertilizer application rate (150, 300, 450 and 600 kg ha⁻¹) in a split plot design with three replications. The results were expressed by the relative difference between the measured rate and the desired rate. Data were submitted to analysis of variance and then the regression analysis. The variations in the application of different rates in the various simulated speeds were of little significance, since the maximum percent relative difference was 4.6% and about 81% of ratings reached less than 3% relative difference, which indicates a high accuracy of the equipment even rates ranging 150 to 600 kg ha⁻¹ at a speed of 16 km h⁻¹.

KEYWORDS: mechanization, helical distributor, application.

INTRODUÇÃO: A aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis vem crescendo, consideravelmente, no Brasil não só com distribuidores a lança ou área total, como também com aplicadores localizados em linha de plantio acoplados a semeadoras adubadoras. Vários são os fatores que podem justificar a adoção de tal manejo como, por exemplo, a otimização da fertilidade dos solos em função do gerenciamento localizado dos adubos e dos corretivos; uma melhor conservação do solo e da água, por evitar desperdícios de insumos e movimentação de nutrientes no perfil do solo; e a possibilidade de aumentar o controle da operação e

favorecer a tomada de decisão por permitir um adequado registro das atividades e manutenção de um banco de dados temporal. Outro fator preponderante a favor da utilização de adubação em taxas variáveis em semeadoras adubadoras é a possibilidade da aplicação localizada, na linha de plantio, de fertilizantes fosfatados, principalmente quando se avalia o comportamento do fósforo no solo e as perdas desse nutriente quando aplicado em área total (CFSEMG, 1999). Existem vários trabalhos que avaliaram a distribuição longitudinal e transversal de corretivos e fertilizantes por distribuidores a lança em taxas variáveis (MOLIN & MENEGATTI, 2003; WERNER et al., 2007; BAIO et al., 2012); e por semeadoras adubadoras (ALTMANN et al., 2010; PECHE FILHO, et al., 2012; REYNALDO & GAMERO, 2015). Entretanto, escassos são os trabalhos que avaliaram o desempenho de aplicadores localizados em linha de plantio em taxas variáveis. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a efetiva resposta de um mecanismo dosador de fertilizante de uma semeadora-adubadora em taxas variáveis com diferentes taxas de aplicação de adubo e em diferentes velocidades de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS: A avaliação foi realizada na Fazenda Esplanada III, localizada no Núcleo Rural Pipiripau, pertencente a Região Administrativa de Planaltina - DF, coordenadas: $-15^{\circ}56,69'$ S e $-47^{\circ}54,48'$ W, com uma semeadora-adubadora de precisão da marca John Deere, modelo 2122, de 20 linhas, espaçadas a 0,5m, acoplada a um trator John Deere, modelo 8335. Os mecanismos dosadores de fertilizantes são do tipo helicoidal ProMeter™, acionados por dois motores hidráulicos, controlados por um monitor GS3. O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas, com três repetições, considerando como fator primário quatro velocidades simuladas de plantio de 4, 8, 12 e 16 km.h^{-1} e como fator secundário quatro taxas de aplicação de 150, 300, 450 e 600 kg.ha^{-1} do fertilizante MAP (10-52-00) granulado, mantido nas mesmas condições (umidade e granulometria) utilizadas no plantio comercial da propriedade. Para a configuração do monitor GS3 e considerando a recomendação do fabricante, foram utilizados helicoides de passo 1" para a velocidade de 4 km.h^{-1} , em todas as taxas, e de 8 km.h^{-1} até a taxa de 300 kg.ha^{-1} , para as demais velocidades, em todas as suas taxas, foram utilizados helicoides de passo 2". Uma vez calibrada a semeadora-adubadora, com o trator em ponto morto e na rotação nominal de trabalho, foram coletadas as quantidades de fertilizantes correspondentes a cada simulação de velocidade e taxa, de três linhas, escolhidas aleatoriamente, em um deslocamento longitudinal simulado de 50 metros. Essa mesma operação foi repetida por três vezes resultando em nove amostras em cada uma das velocidades com cada uma das taxas. As amostras foram pesadas em balança digital de precisão de 0,5 g. Os resultados foram multiplicados pelo fator 0,4 para conversão da unidade g.50m de linha⁻¹ para kg.ha^{-1} . Posteriormente, foi calculada a diferença relativa percentual que corresponde ao percentual que a taxa aferida (fertilizante coletado) diferiu da taxa desejada. Os valores negativos encontrados foram, ainda, multiplicados por -1 para obter valores absolutos. Para verificar os efeitos da velocidade e da taxa de operação, os dados foram submetidos à análise de variância (teste F). Para as situações onde os efeitos foram significativos, modelos de regressão foram ajustados, uma vez que os fatores são quantitativos. As significâncias dos coeficientes dos modelos ajustados foram verificadas pelo teste T. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do Software R e utilizando um nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: A análise de variância evidenciou a existência de interação significativa entre os fatores possibilitando o estudo dos desdobramentos (velocidade de plantio/taxa de aplicação; taxa de aplicação/velocidade de plantio). Os modelos de regressão ajustados são fornecidos nas figuras 1 e 2. Como pode ser verificado na figura 1, na velocidade de plantio de 4 km.h^{-1} , segundo o modelo ajustado, para cada unidade que se aumenta na regulação da taxa de aplicação há um aumento esperado de 0,00574 unidades na diferença relativa; na velocidade de 8 km.h^{-1} , a regulação da taxa de aplicação não exerceu influência significativa na diferença relativa; segundo o modelo ajustado para a velocidade de 12 km.h^{-1} , a menor diferença relativa é obtida para uma taxa de aplicação que varia de 300 a 400 kg.ha^{-1} (331,7 kg.ha^{-1} como ponto mínimo); na velocidade de 16 km.h^{-1} , a diferença relativa máxima é obtida para as taxas de aplicação que variam de 400 a 500 kg.ha^{-1} (497 kg.ha^{-1} como ponto de máxima). Na figura 2, pode-se observar que na taxa de aplicação de 150 kg.ha^{-1} , o fator velocidade não influenciou, significativamente, a diferença relativa; na taxa de 300 kg.ha^{-1} , para cada unidade que se aumenta na velocidade, há um acréscimo esperado de 0,1018 unidades na diferença relativa; na taxa de 450 kg.ha^{-1} , a diferença relativa mínima é obtida nas velocidades que variam entre 9 e 10 km.h^{-1} (9,73 km.h^{-1} como ponto mínimo); e na taxa de 600 kg.ha^{-1} , a menor diferença relativa ocorre nas velocidades que variam entre 8 e 9 km.h^{-1} (8,64 km.h^{-1} como ponto mínimo). Por meio das análises, é possível inferir que as taxas de fertilizantes aferidas não diferenciaram, significativamente, das taxas desejadas, quando o mecanismo foi

calibrado para aplicar 150 kg.ha⁻¹ em quaisquer das velocidades testadas ou quando foi calibrado para plantar a uma velocidade de 8 km.h⁻¹. Na menor taxa de aplicação avaliada, 150 kg.ha⁻¹, a velocidade angular das roscas sem fim são inferiores quando comparadas as demais taxas dentro de cada velocidade o que pode justificar a maior acurácia na quantidade de fertilizante coletada. Pode-se inferir, também, que para a aplicação de taxas acima de 450 kg.ha⁻¹, a diferença relativa é menor quando aplicadas em velocidades que variam de 8 a 10 km.h⁻¹. Como pode ser verificado na figura 2, o modelo de regressão proposto para a aplicação de fertilizantes na taxa de 450 kg.ha⁻¹ sugere alta precisão com 0,22% de diferença relativa na velocidade de 9,73 km.h⁻¹ e para a taxa de 600 kg.ha⁻¹, os valores propostos foram de 1,28% e 8,64 km.h⁻¹ para diferença relativa e velocidade de deslocamento respectivamente.

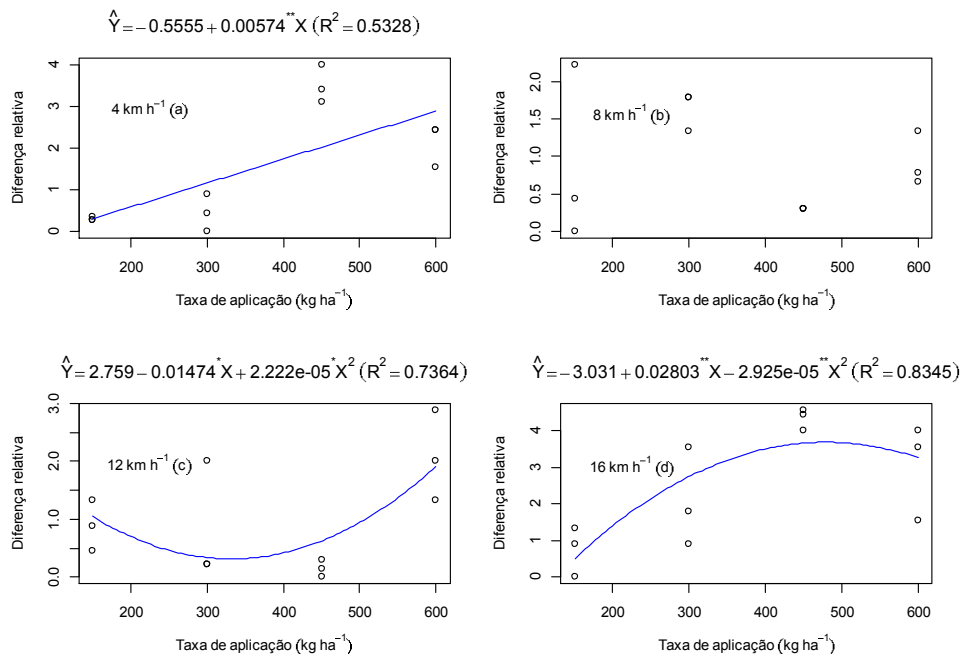


FIGURA 1. Diferença relativa em diferentes taxas desejadas de aplicação de fertilizantes nas diferentes velocidades de deslocamento.

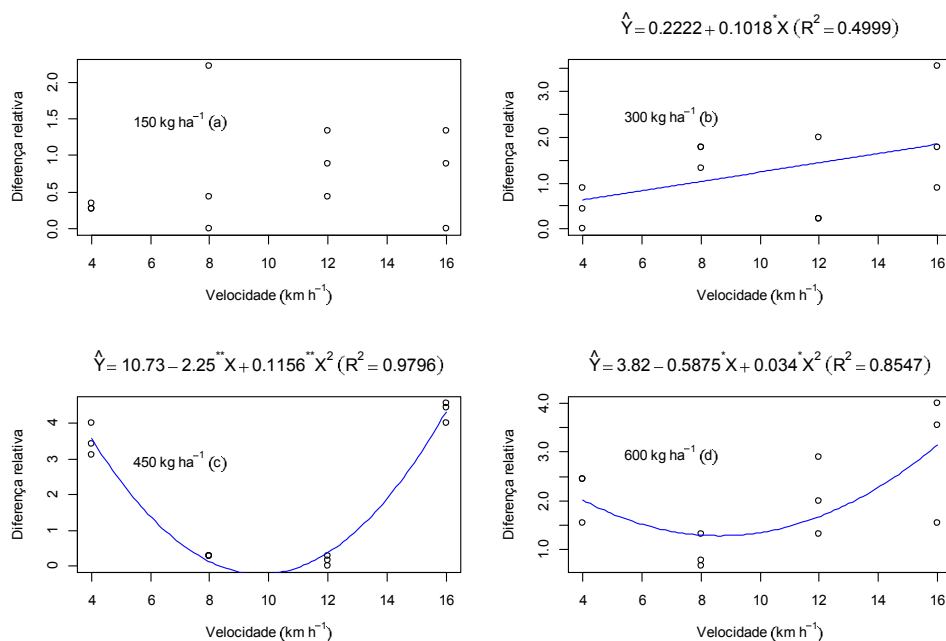


FIGURA 2. Diferença relativa em diferentes velocidades de deslocamento nas diferentes taxas desejadas de aplicação de fertilizantes.

As pequenas variações entre a taxa aferida e a taxa desejada de fertilizante nas diversas velocidades (diferença relativa máxima de 4,6%) indicam como satisfatório o desempenho do mecanismo dosador. Entretanto, este estudo não averiguou o desempenho do mesmo em relação a homogeneidade da distribuição longitudinal. Análises de equipamentos em relação à distribuição longitudinal demonstraram que a amplitude da taxa de distribuição ao longo da linha de plantio, mesmo em nível, pode ser irregular (PECHE FILHO et al., 2012; BONOTTO et al., 2013). Tal variação, em parte, pode ser explicada pelo transporte em pulsos do fertilizante, o que causa intermitência da dose (CASÃO JÚNIOR, 2006; BONOTTO et al., 2013). Contudo, foi possível observar que, mesmo nas combinações de taxas e velocidades que exigiram a menor rotação do helicóide, esse apresentou um movimento ininterrupto o que permite inferir que o fluxo do fertilizante no sulco de plantio foi, aparentemente, constante. Todavia, um estudo mais detalhado deve ser realizado em avaliações posteriores. Além da diferença relativa percentual máxima de 4,6 %, cerca de 81% das avaliações atingiram diferença relativa percentual menor que 3%, o que indica uma alta acurácia do mecanismo dosador na aplicação do adubo nas diversas velocidades de plantio. É importante considerar que a velocidade de plantio, para esse tipo de equipamento, não deve ser definida apenas pelo desempenho do mecanismo dosador de fertilizante em taxa variável, mas também pela qualidade da distribuição de sementes, pela segurança da operação e/ou pela conservação do equipamento, necessitando de avaliações mais detalhadas em estudos futuros.

CONCLUSÃO: O mecanismo dosador de fertilizantes em taxas variáveis avaliado apresentou alta acurácia na aplicação de fertilizantes na linha de plantio nas diferentes taxas de aplicação e velocidades simuladas, mesmo na variação das taxas de 150 a 600 kg.ha⁻¹ na velocidade máxima de 16 km.h⁻¹.

AGRADECIMENTOS: Ao Grupo Esplanada, nas pessoas do Agrônomo Rodrigo Prata e do Consultor Técnico Jânio Carvalho que não mediram esforços para a realização das avaliações.

REFERÊNCIAS:

- ALTMANN, A. S.; BONOTTO, G. J.; BEDIN, P. R.; SILVEIRA, H., A. T.; CARPES, D. P.; DIAS, V. O.; MONTEMEZZO J.; ALONÇO, A. dos S. Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras. In: **Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 14, 16-17 p, 2010.
- BARNES, B.; FORTUNE, T. **Blending and Spreading Fertilizer- Physical Properties**. 2004. Disponível em: <http://www.fertilizer-assoc.ie/wp-content/uploads/2014/10/Blending_Spreading-Physical_Characteristics_B_Barnes.pdf>. Acessado em 04 de julho de 2016.
- BAIO, F. H. R.; MOLIN, J. P.; LEAL, A. J. F. Avaliação comparativa da distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em cobertura em culturas anuais instaladas. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, 2012.
- BONOTTO, G. J.; ALONÇO, A. DOS S.; BEDIN, P. R.; ALTMANN, A. S.; MOREIRA, L. J., Distribuição longitudinal de fertilizantes por dosadores de semeadoras-adubadoras. **Engenharia na Agricultura** Viçosa-MG, v.21, n.4, p.368-378, 2013.
- CASÃO JÚNIOR, R. Plantadeiras - Equipamento bom é aquele bem preparado. **Revista A Granja**, 694 ed., p.32-35, 10/2006.
- CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a aproximação**. Viçosa/MG, 1999. 359p.
- MOLIN, J. P.; MENEGATTI, L. A. A. Desempenho de distribuidora a lanço com doses variáveis de uréia. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 290-299, 2003.
- PECHE FILHO, A.; CASTIONE, G.; STORINO, M. Avaliação da qualidade de distribuição reduzida de fertilizantes para milho. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia – p.3255-3259, 2012
- REYBALDO, E. F.; GAMERO, C. A. Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes helicoidais em ângulos de nivelamento longitudinal e transversal. **Energ. Agric.**, v. 30, n.2, p.125-136, 2015.
- WERNER, V.; SCHLOSSER, J. F.; ROZIN, D.; PINHEIRO, E. D.; DORNELLES, M. E. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 11(6), 658-663, 2007.

PLATAFORMA MULTISENORES DE SOLO: PROPOSTA E TESTES INICIAIS

MATEUS T. EITELWEIN¹, RODRIGO G. TREVISAN¹, LEONARDO F. MALDANER¹, ROBIN GEBBERS², JOSÉ P. MOLIN³

¹ Eng^o Agrônomo, Pós-graduando do Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447 8509, mateus_eitelwein@usp.br; rodrigoagronomia@hotmail.com; maldanerlf@hotmail.com

² Eng^o Agrônomo, Doutor, Cientista Sênior do Instituto Leibniz de Engenharia Agrícola, ATB, Potsdam – Alemanha, rgebbers@atb-potsdam.de

³ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447 8502, jpmolin@usp.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi montar e realizar os primeiros testes de uma plataforma multisensores de solo baseada em equipamentos comerciais com princípios de operação elétrico, eletroquímico e óptico. Para tanto, os equipamentos Veris MSP e Veris Vis-NIR Spectrophotometer foram combinados em uma mesma plataforma para aquisição de dados de condutividade elétrica aparente, pH e reflectância espectral (Vis-NIR) do solo. A fusão destes equipamentos possibilitou a coleta de dados em movimento com alta densidade. A plataforma mostrou-se totalmente operacional do ponto de vista de funcionamento simultâneo dos sensores. Algumas melhorias devem ser realizadas para operações em solos muito secos e compactados e com presença elevada de resíduos culturais. Este é um trabalho em andamento que tem o objetivo de avaliar o potencial de predição de atributos de solo utilizando esta plataforma.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento proximal de solo, espectroscopia de solo, eletrodos ion seletivos

SOIL MULTISENSOR PLATFORM: PROPOSAL AND INITIAL TESTS

ABSTRACT: The objective of this work was to assemble and perform the first tests of a soil multisensor platform using commercial devices with electric, electrochemical and optical principles of operation. The Veris MSP and Vis-NIR Spectrophotometer devices were combined into a single platform for data acquisition of apparent electrical conductivity, pH and spectral reflectance (Vis-NIR). The fusion of these devices made it possible to collect data on-the-go with high density. The platform proved to be fully functional operating with all sensors simultaneously. Some structural improvements are necessary for operation in very dry and compacted soils and with presence of crop residues. This work in progress aims to assess the potential of predicting soil attributes using this platform.

KEYWORDS: proximal soil sensing, soil spectroscopy, ion selective electrodes

INTRODUÇÃO: A utilização de sensores de campo que possam coletar dados em alta densidade a um baixo custo tornou-se foco da pesquisa internacional, criando uma área no sensoriamento remoto designada como sensoriamento proximal de solo. A maioria dos equipamentos realiza análises não destrutivas e sem o uso de reagentes, essa característica contribui para a conservação do meio ambiente por meio da possibilidade de realocação correta dos fertilizantes minerais e não gerar resíduos laboratoriais. Uma das empresas que tem se destacado na fabricação desse tipo de equipamento é a Veris Technologies Inc. (Salina, KS, EUA) que iniciou com um equipamento para mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo (CE_a) e nos últimos anos aumentou o número de equipamentos com a adição de outras técnicas de sensoriamento, como eletroquímica e óptica. O mapeamento da CE_a tem sido utilizado para caracterizar

principalmente salinidade, textura e umidade do solo (CORWIN e LESCH, 2005; MOLIN e RABELLO, 2011). Técnicas eletroquímicas utilizando eletrodos íon seletivos para mensuração de pH já são comerciais e foram avaliadas em solos de clima temperado nos EUA e Europa (ADAMCHUK et al, 2007; SCHIRRMANN et al, 2011). Os primeiros resultados das avaliações no Brasil têm se mostrado promissores; a técnica empregada é eficiente, no entanto, demanda a coleta de algumas amostras da área para a correta calibração com o valor de laboratório e pequenas alterações estruturais na plataforma para se adaptar aos solos brasileiros (EITELWEIN et al., 2015; EITELWEIN et al., 2016). A utilização de técnicas ópticas de mensuração da reflectância espectral de solos na região visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético não é algo recente. No entanto, com a melhora na tecnologia e consequente redução do tamanho e custo dos espectrômetros foi possível utilizar estes equipamentos diretamente no campo para avaliar o seu potencial em estimar atributos do solo. Nesse sentido, alguns grupos de pesquisa têm se dedicado no estudo desta técnica para estimar parâmetros importantes da fertilidade do solo diretamente no campo em plataformas móveis (MOUAZEN et al., 2007; KODAIRA e SHIBUSAWA, 2013). Apesar das várias técnicas de sensoriamento disponíveis, poucas são capazes de mensurar diretamente a disponibilidade dos elementos no solo, a maioria usa de algum princípio físico para estimar o atributo de interesse. Neste sentido, a integração de vários sensores em um único equipamento possibilitaria o levantamento de uma grande quantidade de dados gerando informações com uma alta densidade amostral em uma única operação. O objetivo deste trabalho foi montar e realizar os primeiros testes de uma plataforma multisensores de solo baseada em equipamentos comerciais com princípios de funcionamento elétrico, eletroquímico e óptico.

MATERIAL E MÉTODOS: O planejamento e montagem da plataforma multisensores de solo (PMS) foi realizado no Laboratório de Agricultura de Precisão da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP. Para tanto, foram utilizados os equipamentos comerciais Mobile Sensor Platform (MSP) e Vis-NIR Spectrophotometer, ambos da empresa Veris Technologies (Salina, KS, EUA). Desta maneira, foi possível utilizar três princípios físicos para levantamento de dados de solo, sendo: a) Elétrico: condutividade elétrica aparente do solo (CE_a); b) Eletroquímico: eletrodos íon seletivos (ISE) para determinar o pH do solo; c) Óptico: espectroscopia de reflectância no visível e infravermelho próximo (Vis-NIR) que está relacionada com uma série de atributos do solo. A plataforma com todos os sensores (PMS) utilizou a estrutura original da MSP onde foram adaptados e fixados os equipamentos para aquisição dos dados espectrais do solo (Figura 1).



FIGURA 1. Plataforma multisensores de solo para aquisição de dados de condutividade elétrica, pH e espectroscopia de reflectância (Vis-NIR) do solo. **Soil multisensor platform to collect data of electrical conductivity, soil pH and spectral reflectance (Vis-NIR).**

A leitura e registro dos dados foi realizada de maneira independente para cada um dos sistemas, no entanto, é possível operar toda a plataforma a partir de um único computador. Para georreferenciamento de cada leitura utilizou-se um único receptor GNSS operando na frequência de 1Hz. Os dados das leituras de CE_a e pH foram armazenados em arquivos de texto (ASCII) em cartão SD e os dados de espectroscopia

diretamente no PC também em arquivos de texto. Os testes iniciais foram realizados na cidade de Campo Novo do Parecis – MT, em uma área de 138 hectares após a colheita da soja em março de 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os testes da plataforma demonstraram que a operação dos três sistemas em conjunto na mesma estrutura é possível. A utilização em solos secos e compactados exige a adição de pesos na estrutura (Figura 2.1) para evitar a oscilação de profundidade dos discos de CE_a e da haste do espectrômetro. Como o amostrador de solo para mensurar o pH realiza ciclos e é forçado contra o solo a cada amostragem, pode suspender a plataforma em algumas situações. Ao mesmo tempo em que a adição de pesos mantém a estrutura fixa contra o solo, pode danificá-la caso o solo seja muito seco e compactado (Figura 2.2). De qualquer maneira, como o dimensionamento da estrutura foi planejado para suportar uma haste (pH) eram esperados alguns problemas estruturais com a adição da haste do espectrômetro. As aquisições espectrais em movimento mostram-se como o maior desafio do equipamento, onde a dinâmica da operação, desuniformidade do micro relevo e umidade do solo podem afetar diretamente a qualidade das leituras. Em situações de solo úmido e com alta concentração de argila (> 60%) podem ocorrer problemas de aderência do solo na janela de safira que realiza as leituras espectrais (Figura 2.3c). Um problema recorrente do amostrador de solo para as leituras de pH, sendo também relatado por Schirrmann et al. (2011) em solos da Alemanha, é o constante entupimento do orifício da haste de pH por onde o solo passa (Figura 2.4). Isso ocorre com maior frequência em áreas de plantio direto e quando há umidade na palhada, geralmente no início da manhã e final da tarde.

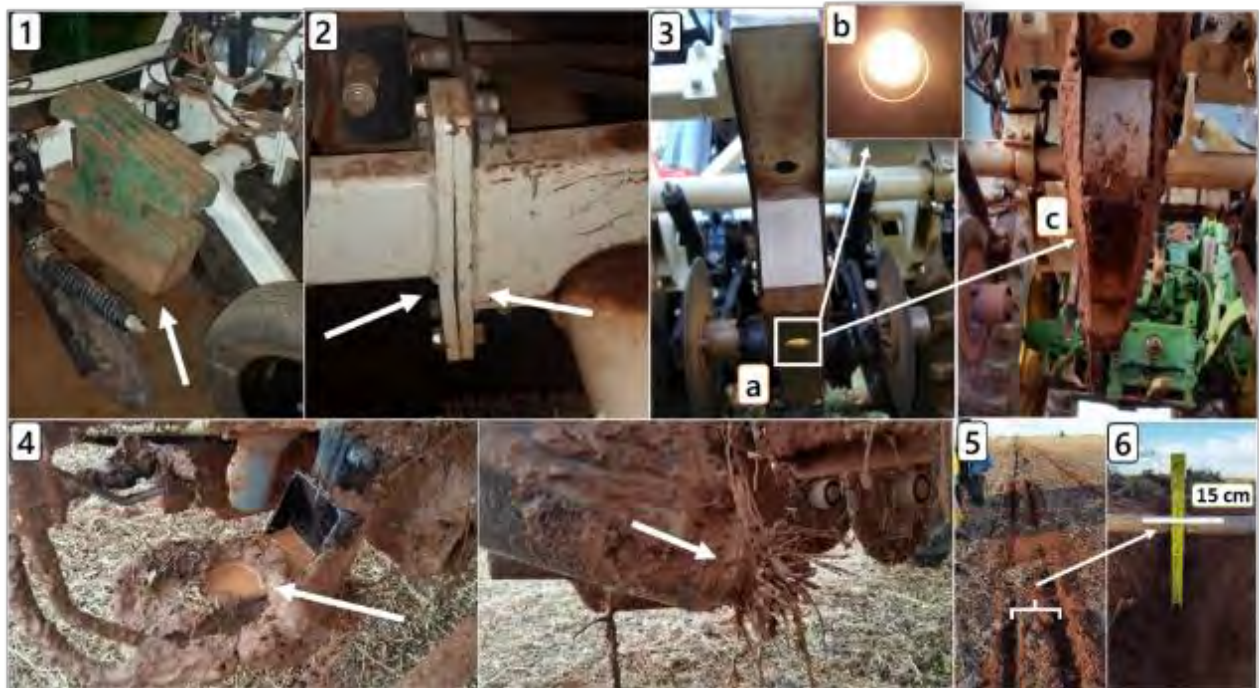


FIGURA 2. Visualização operacional e principais problemas enfrentados no campo com a plataforma multisensores de solo. 1- Adição de pesos na plataforma; 2 – Deformação da estrutura em virtude da adição de pesos e operação em solo seco e compactado; 3ab – Visualização da janela de safira onde são realizadas as leituras espectrais e; 3c - solo argiloso aderido à janela; 4 – Entupimento do orifício de entrada de solo no amostrador de pH; 5 – Sulcos deixados no solo pelas hastes da plataforma; 6 – Profundidade de operação das hastes. **Operational overview and main problems in the multisensor platform. 1- Adding weights to the platform; 2 – Structure deformation due the added weight and operation in dry compacted soil; 3ab - sapphire window view and 3c clay soil adhered to the window; 4 - Clogging of pH soil sampler; 5 - Platform tracks; 6 – Shank operating depth.**

As leituras realizadas pela plataforma permitem visualizar uma clara variabilidade na lavoura (Figura 3). Os dados de reflectância espectral e condutividade elétrica do solo estão sobretudo associados com as características físicas do solo, aparentemente ainda inalteradas por influência antrópica. Por outro lado, o pH apresenta um padrão diferenciado, acompanhando o sentido de operação da plataforma. A direção coincide com o sentido das operações de calagem e disposição dos terraços, indicando uma variabilidade possivelmente causada por operações realizadas ao longo dos 30 anos de cultivo na área.

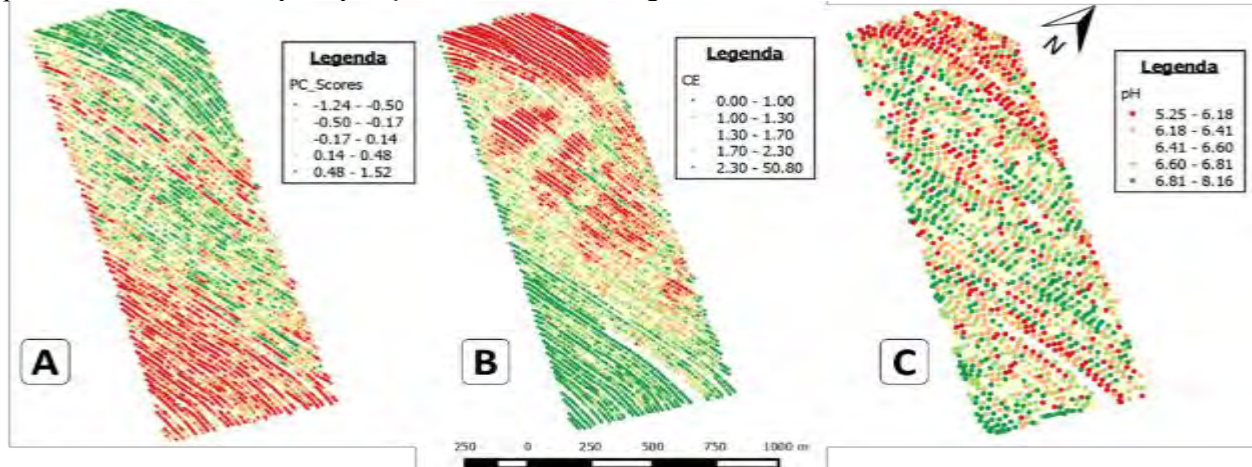


FIGURA 3. Visualização dos scores do segundo componente principal das leituras espectrais (A), condutividade elétrica aparente (0 – 30 cm; B) e pH do solo (C) em uma área de 138 hectares. **Data overview of second principal component scores of the spectral acquisitions (A), electrical conductivity (0 – 30 cm; B) and soil pH in a field of 138 hectares.**

CONCLUSÃO: A plataforma mostrou-se totalmente operacional do ponto de vista de funcionamento simultâneo dos sensores. Algumas melhorias devem ser realizadas para operações em solos muito secos e compactados com presença elevada de resíduos culturais. Este é um trabalho em andamento que tem o objetivo de avaliar o potencial de predição de atributos de solo utilizando esta plataforma.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia por meio do Projeto PROSENSAP, ao CNPq (Processo número: 454180/2014-9) e FAPESP (Processo número: 2014/10737-3) pelo suporte financeiro, e ao grupo V-AGRO pelo suporte logístico e disponibilização da área para os testes.

REFERÊNCIAS: ADAMCHUK, V. I.; LUND, E. D.; REED, T. M.; FERGUSON, R. B. Evaluation of on-the-go technology for soil pH mapping. *Precision Agriculture*, v.8, n.3, p. 139-149, 2007.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.46, p.11-43, 2005.

EITELWEIN, M T.; TREVISAN, R. G.; COLAÇO, A. F.; RUDAN, M. V. I.; MOLIN, J. P. On-the-go measurements of pH in tropical soil. In: International Conference on Precision Agriculture, 13th, 2016, St. Louis – MO, USA.

EITELWEIN, M.T.; TREVISAN, R. G., HERNÁNDEZ, A. G.; RUDAN, M. V. I.; MALDANER, L. F.; MOLIN, J. P. Mapeamento do pH do solo em tempo real. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXXV, 2015, Natal-RN, Anais online.

KODAIRA, M.; SHIBUSAWA, S. Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping. *Geoderma*, v. 199, p. 64-79, 2013.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.90-101, 2011.

MOUAZEN, A. M.; MALEKI, M. R.; DE BAERDEMAEKER, J.; RAMON, H. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS–NIR sensor. *Soil & Tillage Research*, v. 93, n 1, p. 13–27, 2007.

SCHIRRMANN, M.; GEBBERS, R.; KRAMER, E.; SEIDEL, J. Soil pH Mapping with an On-the-Go Sensor. *Sensors*, v.11, n.1, p. 573-598, 2011.

ÍNDICE DE MATURAÇÃO DE CAFÉ POR PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

EMANOEL DI TARSO DOS SANTOS SOUSA¹, AMÉLIA LAÍSY DO NASCIMENTO², ELY QUEIROZ GOMES³, MARCO ANTONIO ZANELLA⁴, FRANCISCO DE ASSIS DE CARVALHO PINTO⁵

¹ Eng^o Agrícola, Doutorando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-3463, emanoel.sousa@ufv.br.

² Eng^o Agrícola, Doutoranda, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-3463, amelia.nascimento@ufv.br.

³ Eng^o Mecânico, Mestrando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-3463, ely.gomes@ufv.br.

⁴ Eng^o Agrícola, Mestrando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-3463, marco.zanella@ufv.br.

⁵ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-1881, facpinto@ufv.br.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O grau de maturação dos frutos de café tem relação direta com a qualidade da bebida. Com isso, a tomada de decisão quanto ao momento ideal para a colheita torna-se fundamental para a obtenção de um café de boa qualidade. Dessa forma, neste estudo objetivou-se determinar um índice obtido por técnicas de processamento de imagens digitais que se correlacione com o nível de maturação dos frutos. As plantas de café fotografadas tiveram os seus frutos colhidos e pesados para obtenção de um índice de maturação real e posterior comparação com os índices obtidos por processamento das imagens. O algoritmo desenvolvido foi testado em imagens capturadas em condições de campo e laboratório. Em condições de campo os índices de maturação propostos não apresentaram correlação significativa com os índices reais. Em condições de laboratório os índices de maturação propostos se correlacionaram significativamente com os índices reais.

PALAVRAS-CHAVE: Café, Índice de maturação, Processamento de imagens.

RIPENESS INDEX OF COFFEE IN DIGITAL IMAGE PROCESSING

ABSTRACT: The ripeness of coffee fruits is directly related to the beverage quality. Because of this fact, the decision-making regarding the optimal harvest time is essential to obtaining a good quality coffee. Thus, this study aimed to determine an index from digital image processing techniques that relates to maturation coffee fruits. The coffee plants were photographed, and their fruits were harvested and weighed to determine a real maturation index to compare to the image indices. The developed algorithm was tested on images captured in the field and laboratory conditions. Under field conditions the proposed maturation indices showed no significant correlation with the real indices. Under laboratory conditions the proposed maturation indices were significantly correlated with the real indices.

KEYWORDS: Coffee, Ripeness index, Image Processing.

INTRODUÇÃO: Assim como outros produtos agrícolas, o café tem seu preço e aceitação no mercado diretamente associados à sua qualidade final. Visando melhoria na qualidade do produto, o emprego da colheita seletiva proporciona um café de qualidade superior. Contudo a operação de colheita se torna mais onerosa e complicada (CIRO, 2001; SANTOS, et al., 2010a; SANTOS et al., 2010b). Filgueiras (2000) afirma que as perdas financeiras provenientes de um mau preparo do café podem variar de 10 a 40%. Apesar disso, estudos têm sido realizados com objetivo de melhorar os processos pós-colheita (BYTOF et al., 2005; HAMDOUCHE et al., 2016), sendo o grau de maturação dos frutos do café no momento da colheita um fator de grande influência na qualidade do produto final e que, portanto deve ser considerado (FAGAN et al., 2011). A tomada de decisão quanto ao momento exato da colheita baseada em parâmetros visuais dos frutos do café depende da percepção do olho humano, o que a caracteriza como uma ação subjetiva e, portanto susceptível a erros que podem ser causados devido à acurácia visual e experiência do indivíduo na avaliação da coloração dos frutos. Neste

contexto, o uso de algoritmos de processamento de imagens pode padronizar a análise do grau de maturação para a retirada dos frutos da lavoura no momento correto. Técnicas de processamento de imagem têm sido utilizadas para detecção de frutos como o tomate (SENTHILNATH et al., 2015) e estimar produtividade de mangueiras (PAYNE et al. 2012) em condições de campo. Já a análise do grau de maturação do café por processamento de imagem tem sido realizada por imagens obtidas em laboratório (PÉREZ et al., 2016, SANDOVAL et al., 2010 e SMRKE et al., 2014). O uso de câmeras comuns torna o processo de obtenção de imagens mais simples e barato. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho desenvolver um algoritmo capaz de processar imagens obtidas em condições de campo com a utilização de câmera comum, afim de se determinar um índice que se relacione com o nível de maturação para auxílio na tomada de decisão da colheita dos frutos de café.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na área experimental da agroecologia, nas dependências do campus da UFV em Viçosa, Minas Gerais. A câmera Cyber-Shot DSC-H200 (SONY®, São Paulo, SP) foi utilizada para capturar as imagens de seis plantas de café da espécie *Coffea arabica* L.. Estas plantas apresentavam diferentes proporções entre frutos maduros e verdes. Após pré-testes com distintas configurações da câmera, definiu-se que as imagens seriam obtidas no modo *intelligent auto* (configuração de auto ajuste da câmera). As imagens foram obtidas no período da tarde. A estabilização da câmera ocorreu com um tripé com ajuste de nível modelo VCT-R100 disponibilizado pelo fabricante da câmera. Foi mantido um padrão de distância de um metro entre a câmera e a planta fotografada. O ângulo de inclinação foi mantido o mesmo em todas as situações, perpendicular em relação à planta. Após a captura das imagens de cada planta realizou-se a derriça de todos os frutos presentes nas mesmas. Os frutos foram separados em sacos plásticos com identificação. No laboratório, os frutos foram espalhados sobre uma superfície branca e novamente fotografados. A diferença entre a captura das imagens das plantas e dos frutos foi a aplicação de zoom no nível de 1,9 vezes na segunda situação. Em seguida, os frutos foram pesados em sua totalidade para determinar a massa de frutos por planta, e pesados novamente após a separação em relação ao estágio de maturação (verde, verdoengo, maduro e podre). Calculou-se um índice real de maturação (Im) dividindo a massa de frutos maduros pela massa total de frutos. Utilizou-se o software MATLAB® (Mathworks, Natick, MA) para realização do processamento digital das imagens. O algoritmo compreendeu as etapas de delimitação das áreas de análise, calibração e cálculo do Índice normalizado de excesso de verde (ExG) (Woebbecke et al., 1995) e o índice normalizado de diferença verde-vermelha (NGRDI) (Gitelson et al., 2002). A calibração das bandas RGB da imagem foi realizada adicionando, junto às plantas, um papel impresso com formas retangulares de cores conhecidas. Os valores reais de RGB das formas foram determinados com a utilização do espectro radiômetro. Além do espectro radiométrico das bandas RGB das formas, o aparelho disponibiliza a composição colorimétrica no espaço de cor XYZ o qual foi convertido para o espaço de cor RGB e que foi considerado o valor médio real ($\overline{x_{Real}}$). Para cada banda da imagem, foi calculado o valor médio (\bar{x}) dos pixels contidos nas formas de cor vermelha, verde e azul, de maneira isolada. Então, foram calculados os fatores de correção da cor para cada uma das bandas da imagem (Equação 1). Em seguida, efetuou-se a multiplicação dos valores de cada pixel da imagem analisada pelo fator de correção das cores correspondente a cada banda da imagem. Sugeriu-se adaptações do ExG e do NGRDI utilizando-se o espaço de cor HSV (Equações 2 e 3). Para isso, cada uma das bandas RGB calibradas foi convertida para o espaço de cores HSV. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para expressar as relações entre o índice real de maturação (Im) e os índices normalizados de excesso de verde e de diferença verde-vermelha nos espaços de cor RGB e HSV.

$$Fator\ de\ correção\ da\ cor = \frac{\overline{x_{Real}}}{\bar{x}} \quad (1)$$

$$(E \times G)_{hsv} = \frac{2V_G - V_R - V_B}{V_G + V_R + V_B} \quad (2)$$

$$NGRDI_{hsv} = \frac{V_G - V_R}{V_G + V_R} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As plantas analisadas apresentaram diferentes quantidades de frutos e índices de maturação (*Im*). O maior e menor valor do *Im* foi de 50% e de 2%, correspondentes às plantas com, respectivamente, maior e menor quantidade de frutos maduros. Para o caso das plantas fotografadas no campo, os índices propostos não apresentaram correlação significativa com o *Im*. Isto mostra que as equações pelas quais os índices foram determinados não apresentaram eficiência para representar de maneira numérica as diferentes proporções de frutos com estádios de maturação distintos. Fatores como a heterogeneidade dos dosséis das plantas, número de plantas fotografadas e variação nas condições de luminosidade também podem ter influenciado nestes resultados (Tabela 1). Na situação em que os frutos de cafês foram fotografados espalhados sobre uma superfície no chão em laboratório, os índices obtidos tiveram seus valores negativos. Isto ocorreu devido aos maiores níveis de vermelho e azul para o caso do ExG e de vermelho para o NGRDI nos espaços de cor RGB e HSV. Como à medida que os frutos amadurecem, os níveis de vermelho aumentam e os de verde diminuem, há uma tendência dos valores dos índices diminuir gradualmente. Este comportamento inversamente proporcional é refletido nos valores das correlações obtidos (Tabela 2).

Tabela 1: Índices e correlações da planta. **Indexes and correlations for coffee fruits in the plant.**

Planta	<i>Im</i>	(E×G)	NGRDI	(E×G) _{hsv}	NGRDI _{hsv}
P1	0,50	0,243	0,053	0,478	0,126
P2	0,48	0,217	0,071	0,363	0,126
P3	0,28	0,199	-0,013	0,350	0,007
P4	0,37	0,175	0,068	0,533	0,161
P5	0,13	0,225	0,034	0,521	0,046
P6	0,02	0,232	0,073	0,515	0,144
Correlação		-0,123 ^{NS}	0,085 ^{NS}	-0,415 ^{NS}	0,207 ^{NS}

^{NS} Correlações não significativas ao nível de 5 %.

Tabela 2: Índices e correlações para cafês espalhados. **Indexes and correlations for coffee fruits on the floor.**

Planta	<i>Im</i>	(E×G)	NGRDI	(E×G) _{hsv}	NGRDI _{hsv}
P1	0,50	-0,110	-0,260	-0,353	-0,534
P2	0,48	-0,135	-0,242	-0,606	-0,725
P3	0,28	-0,052	-0,215	-0,188	-0,441
P4	0,37	-0,085	-0,183	-0,377	-0,540
P5	0,13	0,079	-0,082	0,109	-0,215
P6	0,02	0,173	-0,023	0,243	-0,086
Correlação		-0,973*	-0,961*	-0,949*	-0,948*

*Correlações significativas ao nível de 5 %.

CONCLUSÃO: Os índices propostos não apresentaram correlação significativa com os índices de maturação reais na condição de campo.

As correlações entre os índices propostos e os índices reais foram significativas na condição de laboratório.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a UFV pela aprendizagem e oportunidade de realizar o trabalho e agradecem a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS:

- BYTOF, G.; KNOPP, S.; SCHIEBERLE, P.; TEUTSCH, I.; SELMAR, D. Influence of processing on the generation of γ -aminobutyric acid in green coffee beans. **European Food Research and Technology**, v. 220, n. 3-4, p. 245-250, 2005.
- CIRO, H. J. **Coffee harvesting I: Determination of the natural frequencies of the fruit stem system in coffee tress**. Applied Engineering in Agriculture, v. 17, n. 4, p. 475-479, 2001.
- FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. J. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea sp*) na qualidade da bebida= Effect of time on coffee bean (*Coffea sp*) growth in cup quality. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, 2011.

FILGUEIRAS, W. H.; QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; DELLA LUCIA, R. M. Propriedades mecânicas da madeira do café. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1, 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café e MINASPLAN, 2000. p.1081-1084.

GITELSON, A. A., KAUFMAN, Y. J., STARK, R., RUNDQUIST, D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002.

MAPA (2015). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2015/06/producao-de-cafe-deve-ser-de-44-milhoes-de-sacas-este-ano>. Acesso em: 22 Abr. 2016.

PAYNE, A. B.; WALSH, K. B.; SUBEDI, P. P.; JARVIS, D. Estimation of mango crop yield using image analysis–segmentation method. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 91, p. 57-64, 2013.

PÉREZ, J. C. H.; ORTIZ, S. M. M.; LLANO, G. E. M.; SÁENZ, K. J. B.; PÉREZ, J. S. B. Clasificación de los frutos de café según su estado de maduración y detección de la broca mediante técnicas de procesamiento de imágenes. **Prospectiva**, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2016.

RASMUSSEN, J.; NTAOS, G.; NIELSEN, J.; SVENSGAARD, J.; POULSEN, R. N.; CHRISTENSEN, S. Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots?. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 75-92, 2016.

SANDOVAL, Z.; PRIETO, F.; BETANCUR, J. Digital Image Processing for Classification of Coffee Cherries. In: **Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA), 2010**. IEEE, 2010. p. 417-421.

SANTOS, F. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; RESENDE, R. C. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 425-431, 2010.

SANTOS, F. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SANTOS, N. T. Analysis of coffee harvesting process using an electromagnetic shaker. **ActaScientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 373-378, 2010.

SENTHILNATH, J.; DOKANIA, A.; KANDUKURI, M.; RAMESH, K. N.; ANAND, G.; OMKAR, S.N. Detection of tomatoes using spectral-spatial methods in remotely sensed RGB images captured by UAV. **Biosystems Engineering**, 2016.

SMRKE, S.; KROSLAKOVA, I.; GLOESS, A.; YERETZIAN, C. Differentiation of degrees of ripeness of Catuai and Tipica green coffee by chromatographical and statistical techniques. **Foodchemistry**, v. 174, p. 637-642, 2015.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; RAFULL, L.Z.L.; CECON, P. R.; **Comparação entre derriça manual e mecânica de frutos de cafeeiro**. Revista Ceres, vol. 53, núm. 305, enero-febrero, 2006, pp. 39-43

WOEBBECKE, D. M.; MEYER, G. E., VON BARGEN, K., MORTENSEN, D. A. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions. **Transactions of the ASAE**, v. 38, n. 1, p. 259-269, 1995.

DETECÇÃO DE ANOMALIAS VEGETAIS EM TALHÕES CANAVIEIROS POR MEIO DE MODELAGEM ESPAÇO TEMPORAL DO VIGOR RELATIVO DE FITOMASSA

**MATEUS VIDOTTI FERREIRA¹, SERGIO DOS ANJOS FERREIRA PINTO², LUIZ HENRIQUE
PEREIRA³, CAMILA BARBOSA³, RONAN JOSÉ CAMPOS⁴**

¹ Geógrafo, Pesquisador Doutor, IDGeo, ESALQTec, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 981565469, mateus.vidotti@idgeo.com.br.

² Geógrafo, Professor Titular, IGCE/UNESP, Rio Claro - SP.

³ Geógrafo, Pesquisador, IDGeo, ESALQTec, USP, Piracicaba – SP

⁴ Biólogo, Pesquisador, IDGeo, ESALQTec, USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O acompanhamento do desenvolvimento fenológico pode ser considerado um procedimento eficaz para avaliar as condições da qualidade vegetal em seu ambiente de produção. Em termos práticos, consiste no monitoramento da produção de fitomassa, que varia temporalmente conforme estágios de crescimento. Neste sentido, a detecção de alterações na curva vegetativa pode caracterizar anomalias que afetam a capacidade produtiva do canavial. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar anomalias vegetais em unidades de produção de cana-de-açúcar por meio da avaliação do comportamento da curva de crescimento vegetal expressa pela variação temporal do vigor de fitomassa ao longo do ciclo de produção. Para a realização do trabalho, foram extraídos dados espectrais do dossel vegetal a partir de séries temporais de produtos de sensoriamento remoto orbital (OLI/Landsat 8). Os resultados obtidos demonstraram que os agentes biológicos externos condicionam alterações significativas na curva de crescimento, possibilitando a identificação precisa da presença de anomalias. O comportamento das amostras analisadas reforça a necessidade de que as avaliações do vigor de fitomassa sejam consideradas dentro do contexto temporal de seu desenvolvimento, pois as avaliações temporalmente isoladas podem induzir a equívocos quanto à identificação de problemas na lavoura, uma vez que valores inferiores de vigor de fitomassa podem estar associados a períodos de baixa atividade metabólica do cultivo.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Espacial, Curva de Crescimento Vegetal, Monitoramento Remoto

DETECTION OF PLANT ANOMALIES IN SUGARCANE CROPS THROUGH SPACE TIME MODELING OF RELATIVE FITOMASS VALUES

ABSTRACT: The monitoring of the phenological development can be considered an effective method to evaluate the conditions of the plant quality in their production environment. In practical terms, it consists in monitoring the fitomass production, which varies according to temporal stages of growth. Therefore, the detection of changes in the vegetative curve allows to characterize anomalies that affect the production capacity of sugarcane. The aim of this study was to identify plants anomalies in sugarcane fields by assessing the behavior of the plant growth curve, expressed by the temporal variation of the fitomass throughout the production cycle. To carry out the work, spectral data were extracted from the plant canopy using temporal remote sensing products series (OLI/Landsat 8). The results showed that external biological agents have a significant impact in the growth curve, which enables accurate identification of anomalies. The samples analyzed reinforces the need of temporal context for fitomass assessments due to the fact that the isolated assessments can lead to mistakes in anomalies identification. It occurs because lower fitomass values may be associated with periods of lower metabolic activity of crop.

KEYWORDS: Spatial Modeling, Plant Growth Curve, Remote Monitoring

INTRODUÇÃO: Toda produção vegetal com vistas à máxima produtividade econômica fundamenta-se na interação de três fatores: planta; ambiente de produção; manejo (MARAFON, 2012). A interação entre estes termos se expressa na sanidade da vegetação, com padrões de crescimento particulares à cada cultura agrícola. Magalhães (1985) indica que o acompanhamento do crescimento das culturas pode ser considerado um método eficaz para monitorar suas condições de qualidade biológica particular a seu ambiente de produção. Em termos práticos, a análise do desenvolvimento da cultura consiste no acompanhamento da produção de biomassa e na qualidade expressa por sua fitomassa, que variam em padrões bem definidos conforme seus estágios, permitindo que ao final do ciclo, se avalie o crescimento do cultivo como um todo. Neste sentido, Benincasa (2003) indica que alterações abruptas da curva de crescimento da cultura caracterizam, genericamente, “anomalias” que podem condicionar oscilações de sua capacidade produtiva. Entretanto, quando se considera a produção canavieira, o acompanhamento do desenvolvimento fenológico por unidade de produção mostra-se dificultado devido ao seu complexo e dinâmico sistema de produção, baseado na ocupação de extensas áreas agrícolas e reduzida equipe operacional. Além disso, há também dificuldade de acesso ao interior dos talhões, pois com 90 dias após o plantio (ou rebrota), no auge do perfilhamento, ocorre total cobertura do solo pela folhagem das plantas (MARAFON, 2012), o que dificulta o trânsito de pessoas e/ou implementos mecânicos. Neste contexto, a presença de anomalias no canavial é reconhecida somente após a etapa de colheita, ao final da safra, quando há o apontamento real da produtividade com valores inferiores ao potencial esperado. No entanto, nos sistemas gestão apoiados nos fundamentos da agricultura de precisão, observa-se a necessidade de constante aprimoramento das técnicas de coleta de dados e acompanhamento sistemático da lavoura, a fim de que a identificação de problemas seja compatível com a rapidez e escala com que as mudanças ocorrem no ambiente produtivo, de modo que as informações subsidiem intervenções no campo com vistas à recuperação imediata das áreas que tendem à baixa produtividade. Nesse contexto, as técnicas de sensoriamento remoto caracterizam-se em importantes ferramentas para o levantamento, identificação e monitoramento de elementos da superfície terrestre, possibilitando detectar e avaliar as alterações espaço-temporais que nela se processam. A obtenção de informações do comportamento espectral dos alvos, que caracterizam as condições biofísicas das folhas da cultura, permite que se extraiam dados da curva de crescimento da vegetação com grande confiabilidade (AGUIAR et al. 2011). Assim, o objetivo geral deste trabalho foi identificar anomalias vegetais em unidades de produção de cana-de-açúcar, por meio da avaliação do comportamento da curva de crescimento vegetal, expressa pela evolução temporal do vigor relativo de fitomassa.

MATERIAL E MÉTODOS: Para condução desta pesquisa, foi realizado um acordo de cooperação com usina de bioenergia para que áreas amostrais (talhões canavieiros) e informações temáticas necessárias para o desenvolvimento do trabalho fossem disponibilizados. As áreas de produção canavieira localizam-se na porção central do Triângulo Mineiro. Em termos de caracterização geográfica, especificamente dos aspectos morfoestruturais que resumem a paisagem local, a região insere-se no Planalto da Bacia Sedimentar do rio Paraná, com predomínio de sedimentos argilosos sobrepostos ao basalto da Formação Serra Geral. As características mais relevantes do ambiente físico dos talhões analisados estão sintetizadas na Tabela 1.

TABELA 1. Síntese dos elementos físicos predominantes na área de análise. **Summary of the typical physical elements in the landscape.**

Elementos descritivos da paisagem	Caracterização física predominante
Geologia	Grupo Bauru / Grupo São Bento
Declividade	Suave Ondulado (entre 3 e 6%)
Unidade Pedológica	Argissolo Vermelho (PV) + Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)
Textura (Predominância)	Argilo-siltosa
Porosidade	Moderada (15 - 30%)
Densidade de drenagem	Média
Precipitação média anual	1.650mm

A fim de garantir a análise espectral dos alvos vegetais com o mínimo de interferências de elementos adjacentes, adotou-se como primeiro critério para seleção dos talhões a área mínima de 10ha. Assim, foi possível obter

amostras espectrais de pixels considerados puros (endmember) das imagens do sensor OLI/Landsat 8, com resolução espacial de 30m (~1ha). Para atenuar as diferenças de crescimento da vegetação em função da variabilidade espacial dos condicionantes físicos e climáticos, privilegiou-se os talhões inseridos em uma mesma subbacia hidrográfica (similaridade ambiental). Assim, foram mantidas condições similares para as variáveis: manejo, variedade (RB - 7515), e ambiente de produção (B), para que o comportamento da curva de crescimento reflita apenas as especificidades locais. Considerando os critérios de seleção indicado, foram mantidos 14 talhões, e posteriormente adquiridas as imagens orbitais (24 cenas), de modo que o intervalo temporal abrangesse todo ciclo de lavoura na safra 2015/16. A extração dos dados espectrais de vegetação, e a obtenção do vigor relativo de fitomassa por meio do cálculo do NDVI para os cenários considerados, foi conduzida conforme procedimentos descritos em Sugawara e Rudorff (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A evolução temporal do vigor relativo de fitomassa (Figura 1) representa a dinâmica do crescimento da vegetação nos talhões selecionados. Observa-se que há padrões característicos para cada estágio de desenvolvimento fenológico. Os perfis temporais desta análise indicam que a ocorrência da máxima taxa de crescimento vegetativo ocorre na forma de pico ao longo do estágio “crescimento”, mas, as oscilações e atenuações da intensidade do vigor é um comportamento típico do padrão de crescimento da vegetação. Deve-se ressaltar o período situado entre a brotação e o final do perfilhamento, em que a variabilidade de valores se deve a maior heterogeneidade (rugosidade) da geometria do dossel vegetal, uma vez que neste período ainda pode haver expressivas áreas de solo exposto (cobertura vegetal inferior a 40%), com elevada interferência na resposta espectral entre alvos (DEMATTE. et al. 2016).

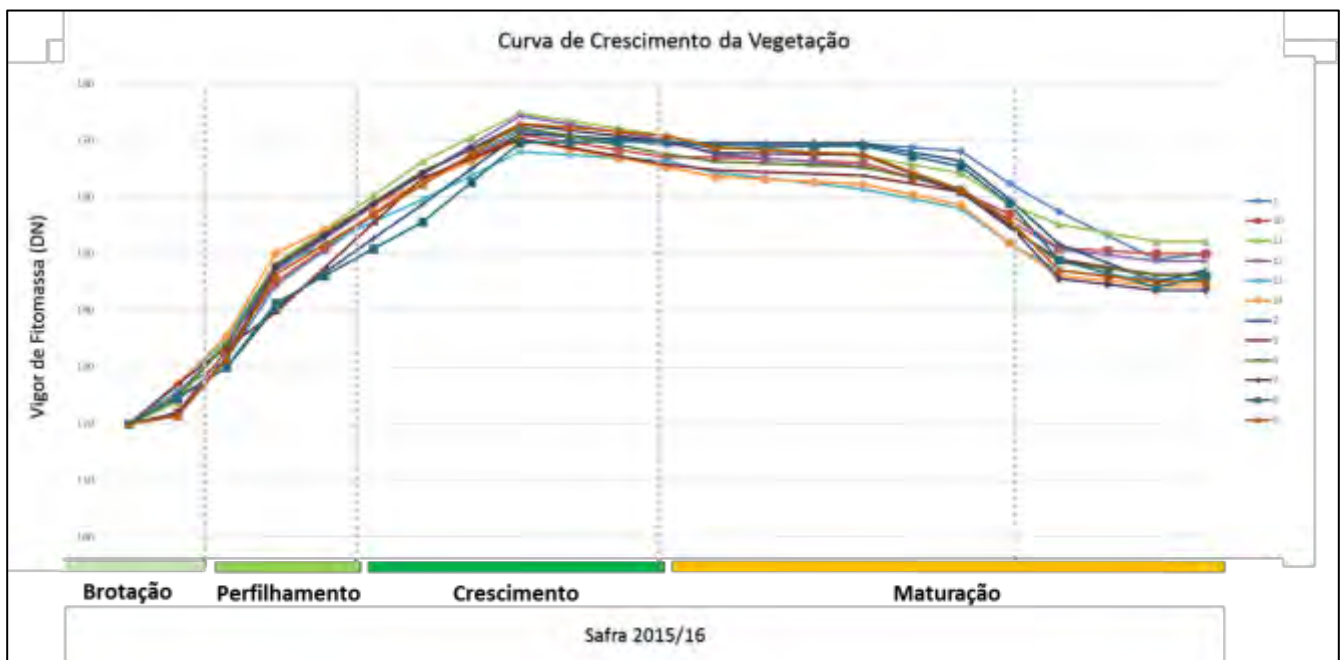


FIGURA 1. Perfis temporais do vigor relativo de fitomassa em talhões canavieiros, segmentados conforme estágios de desenvolvimento fenológico. **Time profiles of the fitomass values by phenological stages in sugarcane crops.**

Assumindo o perfil temporal médio do vigor de fitomassa dos talhões analisados como o comportamento padrão de crescimento vegetal, a avaliação comparativa com as curvas reais obtidas ressalta as discrepâncias existentes em termos de forma e intensidade. A Figura 2 exemplifica a curva de vegetação obtida no talhão 14, que apresentou as maiores diferenças com a curva padrão ao longo do período analisado. Deve-se enfatizar que os talhões analisados compartilham as mesmas características de manejo, incluindo o mesmo número de corte (2º). Nestas condições, pode-se inferir que as diferenças significativas observadas são derivadas de fatores externos, como infestação de agentes biológicos, adoção de manejos inadequados, ou deficiências decorrentes do solo. Os levantamentos de campo obtidos pela equipe de controle de pragas e doenças da usina, apontou para o talhão 14 infestação de broca, com Índice de Infestação (IF) superior a 8%.

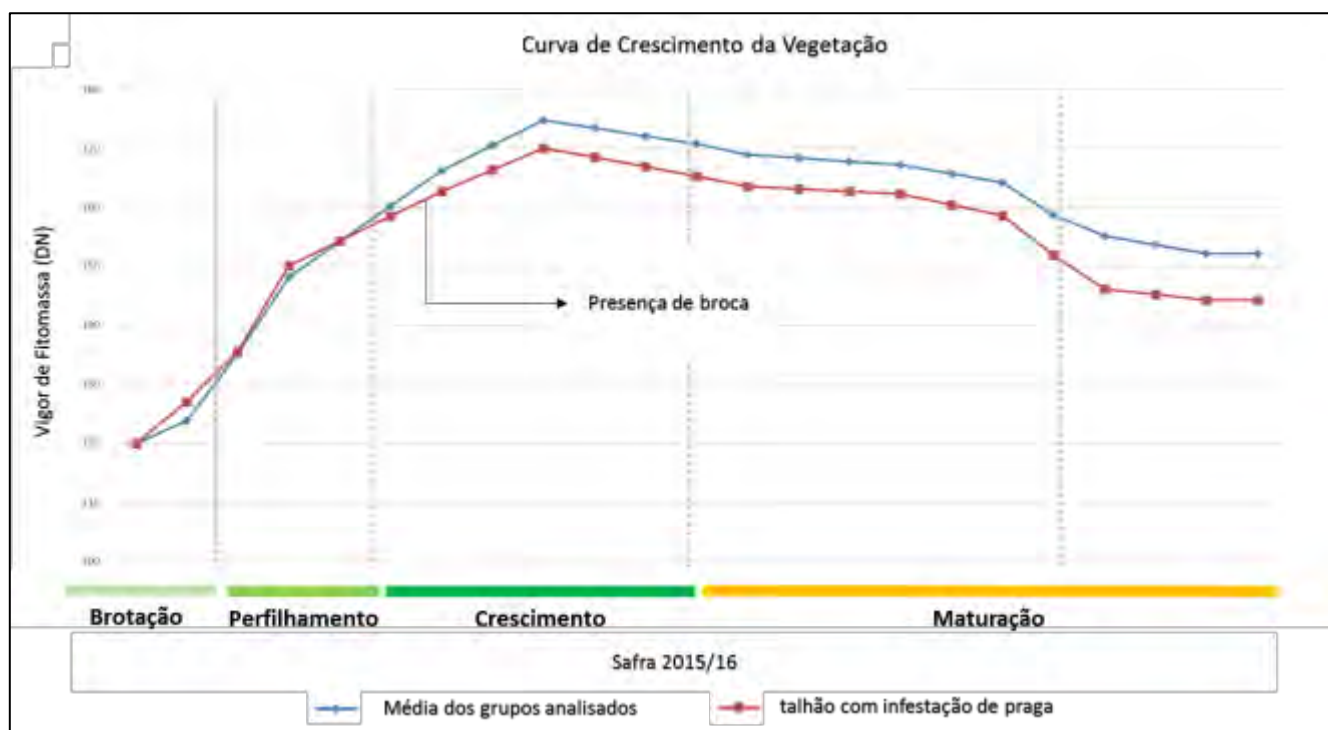


FIGURA 2: Discrepância entre a curva de crescimento vegetal média (padrão), e a curva de crescimento de vegetação sob infestação de agentes biológicos externos. **Gap between plant growth standard curve, and the plant growth curve under infestation of external biological agents.**

CONCLUSÕES: A obtenção do perfil temporal do vigor relativo de fitomassa a partir de dados do sensor OLI/Landsat 8 mostrou-se coerente e os resultados obtidos representaram a curva de crescimento vegetativo da cultura da cana-de-açúcar, para um ano safra, em conformidade com a bibliografia. Considerando que as oscilações da intensidade do vigor (picos e atenuações) são típicos do crescimento vegetal, as amostras dos talhões analisados reforçam a necessidade de que as análises de fitomassa sejam consideradas dentro do contexto temporal de seu estágio de desenvolvimento, pois, as avaliações isoladas podem induzir a equívocos quanto à identificação de problemas na lavoura. Por fim, conclui-se que as discrepâncias entre a curva padrão e as curvas reais podem ser consideradas importantes indicadores de anomalias vegetais (apesar de não direcionar a causa), desde que as amostras consideradas na análise sejam obtidas nas mesmas condições de produção agrônomicas.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos à FAPESP pelo financiamento do projeto intitulado “Aplicação de técnicas multisensor orbital para detecção e caracterização das alterações espaço-temporal do vigor relativo de fitomassa em talhões canavieiros”, processo nº 15/22677-8, vinculado ao Programa de Auxílio à Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas – PIPE.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; ADAMI, M.; MELLO, M. P. Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil. **Remote Sensing**, v.3, n.12, 2011.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- DEMATTÊ, J. A. M. ; TERRA, F S.; OTTO, R ; TOMA, R. S. ; PEREIRA, L. H. ; NASCIMENTO, A. F; BORTOLETTO, M. A. M. Assessment of sugarcane harvesting residue effects on soil spectral behavior. **Scientia Agricola**, v.73, n.2, 2016.
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, v.1, 1985.
- MARAFON, A.C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, v.168, 2012.
- SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T. Acompanhamento do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar por meio de séries temporais de NDVI do sensor Modis. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2011.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DE SOLOS EM AMBIENTE DE CERRADO: DISPERSÃO DOS VALORES E VARIABILIDADE ESPACIAL EM ALGUMAS LAVOURAS

LEANDRO M. GIMENEZ¹, LUCAS CORTINOVE², THIAGO L. ROMANELLI³

¹ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19)34294165, limgimenez@usp.br

² Eng° Agrônomo, Pesquisador, Fundação MT, Rondonópolis – MT.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Associado, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Propriedades do solo que se relacionam com outras de interesse agrônomo e que possam ser mensuradas de forma rápida e a baixo custo são importantes para a caracterização da variabilidade e manejo localizado. A condutividade elétrica aparente (CEa) apresenta relação com diversas propriedades do solo e tem se mostrado útil na delimitação de regiões, dentro de um mesmo talhão, em que o desempenho das lavouras é distinto. A maior parte das pesquisas realizadas no Brasil apresentam resultados para o ambiente subtropical, na região sul do país. Neste trabalho foram obtidos 10 mapas de CEa em campos localizados em diversos solos no Estado de Mato Grosso. Os mapas foram processados para eliminação de dados discrepantes e em seguida foi realizado o cálculo de estatística descritiva e ajuste de semivariogramas. Os valores médios obtidos para a camada superficial do solo foram inferiores àqueles verificados para a região sul do país e a variabilidade espacial esteve sempre presente com alcances entre 16,9 e 37,7 m, com valor médio de 26,2 m.

PALAVRAS-CHAVE: caracterização regional, física do solo, estatística descritiva, resistividade elétrica

APPARENT SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN CENTRAL BRAZIL SAVANNA: DATA DISPERSION AND SPATIAL VARIABILITY IN SOME CROPPED FIELDS

ABSTRACT: Soil properties that correlate with that governing agronomic performance and which can be easily measured are important for the characterization and management of spatial variability of soils. Apparent soil electrical conductivity (ECa), is related with soil texture and is recognized as a tool for soil regionalization inside fields. Maps from ECa are mainly available at southern Brazil. In this research 10 maps from ECa were obtained in the Mato Grosso state at central Brazil. After processing to remove outliers the descriptive statistics showed low average values that those observed in southern Brazil. Spatial variability was always present and the ranges obtained though the adjust of variograms oscillated from 16,9 to 37,7, with average of 26,2 m.

KEYWORDS: regional data, soil physics, descriptive statistics, electrical resistivity

INTRODUÇÃO: A mensuração da condutividade elétrica aparente (CEa) é relativamente simples e de baixo custo. O uso de métodos indiretos que permitam obter uma amostragem espacialmente detalhada do solo em áreas em produção é fundamental para reduzir o número de amostragens coletadas a serem enviadas para análises laboratoriais e para melhorar o entendimento da variabilidade presente e reduzir o custo (RABELLO et al., 2008). A condutividade elétrica do solo, obtida através de equipamentos que mensuram a resistividade de modo automatizado e com baixo custo, pode ser considerada uma ferramenta muito útil para delimitar as variabilidades temporal e espacial (SAMOUËLIAN et al., 2004). Embora não permita obter de modo eficiente indicações sobre os teores de nutrientes presentes (HEINIGER; MCBRIDE; CLAY, 2003), vem sendo adotada como método de regionalização de ambientes dentro dos campos de produção que possuem características distintas quanto à disponibilidade hídrica (BESSON et al., 2010), acidez e nutrientes (LUKAS; NEUDERT; KREN, 2009; HEINIGER; MCBRIDE; CLAY, 2003), carbono (WEBAN et al., 2009) e principalmente variações na textura (OGURI et al., 2009). No trabalho de Sudduth et al. (2005) foram apresentadas as relações entre propriedades dos

solos e os valores de CEa em um amplo levantamento realizado no meio oeste americano. Alguns dos trabalhos realizados no Brasil são apresentados na Tabela 1, demonstrando haver variação entre locais, com valores geralmente acima de 2 mSm⁻¹.

TABELA 1. Valores médios de CEa observados em glebas localizadas na região sul do Brasil. **Average values for ECa obtained in Southern Brazil fields.**

Autor	Local	Solo	CE _a (mS.m ⁻¹)
Molin (2011)	Piracicaba, SP	Argissolo Vermelho Amarelo	1,5 a 12,5
Machado et al. (2006)	Carambeí, PR	Latossolo Vermelho	1,9 a 13,7
Becegato (2005)	Iguaraçu, PR	Nitossolo e Latossolos	2,7 a 7,8
Molin (2005)	Carambeí, PR	Latossolo Vermelho, Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico	12,3 a 17,7
Molin e Faulin (2013)	Tibagi-PR, Campos N. Paulista, SP	-	0,6 a 3,9 e 0,6 a 1,8
Molin e Castro (2008)	Castro, Carambeí e Ponta Grossa, PR	Cambissolos e Latossolos	4,9 a 12,9 e 2,7 e 6,3

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de valores de CEa do solo para uma região produtora no sul do Estado do Mato Grosso, em que estão presentes sistemas de cultivos e condições edáficas e climáticas representativas de uma ampla área em que o cultivo de grãos é realizado na região central do Brasil. Espera-se com isto contribuir ao melhor entendimento desta propriedade do solo e caracterizar as possíveis diferenças ou similaridades com informações oriundas de outras regiões.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido através da análise dos dados coletados para a geração de mapas de CEa ao longo dos anos de 2013 a 2016 e cedidos pela Fundação MT. Foram obtidas informações de 10 talhões nos municípios de Pedra Preta e Primavera do Leste, ambos na região sul do Estado de Mato Grosso que apresentam histórico de produção de grãos e algodão. As coletas na região Primavera do Leste foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2013 e as em Pedra Preta ao longo do mês de março de 2014, portanto em períodos em que há precipitações regulares na região. Os talhões possuíam áreas oscilando entre 98 e 261 ha com média de 156 ha com relevo entre plano e suave ondulado. Os dados foram obtidos com um sensor que realiza a mensuração automatizada e de modo dinâmico através do método resistivo com o arranjo de quatro eletrodos igualmente espaçados. Os eletrodos, compostos por discos metálicos, se encontravam em uma distância de separação de 0,27 m, permitindo uma profundidade de prospecção limitada à camada até 0,3 m de profundidade, com maior sensibilidade na profundidade de 0,085 m. Passadas paralelas foram realizadas ao longo dos campos com distância de separação de 20 e 24 m, velocidade oscilando entre 3,3 e 4,2 m s⁻¹, permitindo obter uma densidade média de 66 pontos por hectare através da coleta sistemática em frequência de um ponto por segundo. Para cada talhão foram realizadas coletas de 15 amostras de solo na camada entre 0 e 0,1 m para a determinação de parâmetros químicos e caracterização da granulometria, conforme apresentado na Tabela 2. Os dados de CEa foram submetidos à análise estatística descritiva e ao ajuste de semivariogramas para a estimativa do alcance que pode ser empregado como indicador da densidade amostral necessária para caracterizar a variabilidade espacial.

TABELA 2. Caracterização de algumas propriedades dos solos das áreas de estudo. **Soil sample analysis results for the fields in the study.**

Talhão	Valores Médios									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Argila	146	173	249	109	235	274	237	229	644	452
pH	5,1	5,9	5,2	5,2	5,0	5,6	5,0	5,1	5,6	5,6
Matéria Orgânica	36	29	37	32	44	33	32	33	45	40
Fósforo	30	69	40	41	22	35	25	22	26	28
Potássio	0,5	1,3	2,1	0,7	2,1	2,6	1,7	2,7	2,1	2,0
Cálcio	20,6	48,5	35,5	27,5	30,6	37,0	22,7	27,3	48,9	44,9
Magnésio	5,7	21,4	9,7	12,2	9,5	8,1	7,6	8,4	10,8	10,5
CTC	41,8	90,3	66,4	61,3	93,1	77,3	73,9	74,5	98,4	91,2
V%	63	78	71	63	45	61	43	51	63	62

Unidades: Argila (g kg⁻¹); P (mg.dm⁻³); MO (g.dm⁻³); K, Ca, Mg e CTC (mmolc.dm⁻³); V (%). Métodos : P, K, Ca e Mg; extração pela resina trocadora de íons; pH SMP; M.O – Dicromato/colorimétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os melhores ajustes dos semivariogramas teóricos foram obtidos através de modelos esféricos nos quais se identificaram alcances oscilando entre 16,9 e 37,7 m, com valor médio de 26,2 m e mediana de 25,4 m. As glebas 6, 7 e 10 apresentaram dependência espacial forte e as demais moderada não ocorrendo dependência espacial fraca ou efeito pepita puro em nenhuma das áreas, conforme a classificação apresentada por Cambardella et al. (1994). Os valores de CEa identificados em todo o conjunto oscilaram entre 0,1 e 11,4 mS^m⁻¹, e a média geral foi de 3,1 mS^m⁻¹, valor inferior à maioria daqueles apresentados na Tabela 1, obtidos na região sul do País.

TABELA 3. Resultado da análise estatística descritiva para os parâmetros CEa e Elevação. **Results of the descriptive statistics for ECa and Elevation.**

Talhão	<i>Condutividade Elétrica Aparente, mS m⁻¹</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Média	2,2	2,8	1,8	1,3	2,8	4,7	2,2	2,7	7,3	2,8
Mediana	2,1	3,0	1,5	1,2	2,7	4,5	2,1	2,6	7,3	2,7
Desvio padrão	0,6	0,9	0,8	0,6	1,0	1,4	0,9	0,8	1,1	1,2
Mínimo	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,8	0,3	0,0	3,2	0,3
Máximo	4,9	4,9	4,2	3,4	7,2	9,2	5,0	5,5	11,4	6,8
Coefficiente Variação, %	29,8	33,0	47,5	42,0	36,3	29,0	42,1	30,8	15,6	42,1
	<i>Elevação, m</i>									
Média	670	696	699	678	695	672	677	666	683	664
Coefficiente Variação, %	1,3	1,4	1,4	2,0	1,0	1,2	1,1	1,8	0,5	2,1
Número pontos	14221	8192	10733	9876	3916	6833	5718	6997	28271	8773

Os solos predominantes nas duas regiões são distintos, sendo que em Primavera do Leste predominam Latossolos Amarelos com textura média e na fazenda em que foram coletados os dados em Pedra Preta haviam Latossolos Amarelos com textura média em associação com Neossolos Quartzarênicos (SEPLAN, 2001). As diferenças na granulometria podem ser observadas na Tabela 1. Esta diferença se refletiu nos valores observados como apresentado na Figura 1.

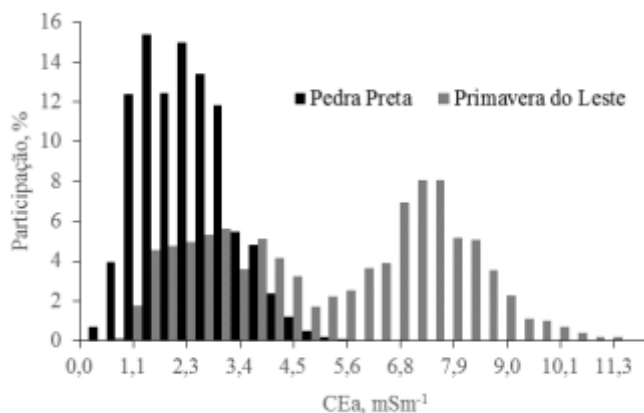


FIGURA 1. Histogramas com os valores de CEa agrupados por município. **ECa histograms for data grouped by region.**

Regressões entre valores de CEa e argila e CTC são apresentadas na Figura 2 e demonstram a relação positiva entre estas propriedades. A elevação na participação da fração argila no solo favorece a passagem da corrente elétrica pelo solo, tanto em função da maior capacidade de armazenamento hídrico como pela formação de circuitos através de microporos. Por outro lado, apesar de haver uma relação conhecida entre a granulometria e a CTC, em ambientes de solos em elevado estágio de intemperismo, em que a atividade da argila é baixa, a presença de Matéria orgânica tem efeito determinante sobre a CTC. Isto pode explicar a dispersão identificada na regressão.

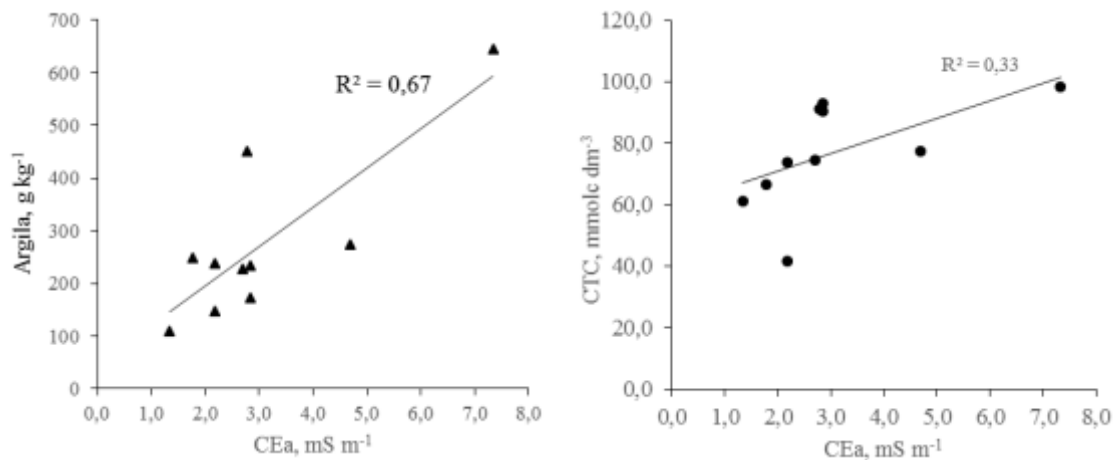


FIGURA 2. Regressão entre a fração argila no solo e a CEA na esquerda e entre CEA e a CTC na direita, cada ponto representa a média dos valores em um talhão. **Regression for Clay and ECa in the left and CEC and ECa at the right, each point represents the average values for one field.**

CONCLUSÃO: A coleta de dados para caracterizar a variabilidade espacial da CEA pode ser realizada com densidade de coleta próxima a um ponto para cada 20 m na maior parte das condições em uma região tradicional de produção de grãos no Estado do Mato Grosso. Os valores de CEA oscilaram em função dos locais de coleta havendo relação com o tipo de solo predominante e a capacidade de troca catiônica.

REFERÊNCIAS

- BESSON, A.; COUSIN, I.; BOURENNANE, H.; NICOLLAUD, C.; PASQUIER, C.; RICHARD, G. The spatial and temporal organization of soil water at the field scale as described by electrical resistivity measurements. **European Journal of Soil Science**, Chichester, v. 61, p. 120-132, Aug. 2010.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of American Journal**, v.58, p.1501-1511, 1994.
- HEINIGER, R.W.; MCBRIDE, R.G.; CLAY, D.E. Using soil electrical conductivity to improve nutrient management. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 508-519, Nov. 2003.
- LUKAS, V.; NEUDERT, L.; KREN, J. Mapping of soil conditions in precision agriculture. **Acta Agrophysica**, Berlin, v. 13, p. 393-405, Feb. 2009.
- OGURI, G.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; HEUN, W. Potential use of the Veris apparent EC sensor to predict soil texture under the semi-arid conditions of central Arizona. In: 2009 ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 9., 2009. **Proceedings...** St Joseph: ASABE, 2009. p. 1-8. (Paper, 096488, 2009).
- RABELLO, L.M.; INAMASU, R.Y.; TORRE NETO, A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; MOLIN, J.P. **Medida de condutividade elétrica do solo adaptada a uma plantadeira**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 4 p. (Circular Técnica, 46).
- SAMOUËLIAN, A.; COUSIN, I.; TABBAGH, A.; BRUAND, A.; RICHARD, G. Electrical resistivity survey in soil science: a review. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 83, p. 173-193, Feb. 2005.
- SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. **Mapa de solos do Estado de Mato Grosso: zoneamento sócio-econômico ecológico**. Cuiabá: Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso, 2001. Mapa A001. Escala 1:250.000.
- SUDDUTH, K.A.; KITCHEN, N.R.; WIEBOLD, W.J.; BATCHELOR, W.D.; BOLLERO, G.A.; BULLOCK, D.G.; CLAY, D.E.; PALM, H.L.; PIERCE, F.J.; SCHULER, R.T.; THELEN, K.D. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 46, p. 263-283, June 2005.
- WERBAN, U.; KUKA, K.; MERBACH, I. Correlation of electrical conductivity and soil parameters at a long-term fertilization experiment. **Near Surface Geophysics**, Utrecht, v. 7, p. 5-14, Jan. 2009.

EVOLUÇÃO DE FALHA DE PERFILHAMENTO NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

JÉSSICA MAIARA FERRARI¹, EDSON MASSAO TANAKA², VINICIUS ANDRADE FAVONI³

¹Tecnóloga em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “ShunjiNishimura”, Pompéia-SP, Fone: (14) 99778-0975, jessicamaiaraferrari@gmail.com.

²Msc. Docente do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompéia-SP

³Discente do curso de mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “ShunjiNishimura”, Pompéia-SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior importância econômica no mundo, devido a sua grande aptidão em produzir mais de um elemento, açúcar, álcool e No cultivo da cana-de-açúcar as falhas de perfilhamento é um dos fatores limitantes da produtividade. Segundo Stolf (1986), falha de perfilhamento de cana deve ser considerada, quando há distância mínima de 0,50m, entre soqueiras. Segundo Volpe et al (2013), a tolerância do percentual de falhas em uma área é de 5%, podendo comprometer a produtividades quando ultrapassa este valor. O objetivo deste estudo é analisar a distribuição espacial de falhas, em duas análises, 60 dias após o plantio e 60 dias após a colheita manual. De acordo com os resultados foram confeccionados mapas ilustrativos de falhas das duas análises utilizando a média do índice de falha por ponto e também a média de falhas em área total. Ao observar note-se que houve pontos em que a princípio existia um índice de falhas de 16% e na última análise o índice foi de 0%. A área total apresentou um percentual de 10,37% de falhas no primeiro diagnóstico e depois da colheita manual um índice em área total de 3%. Conclui-se que a área avaliada teve uma evolução de 7% de recuperação de falhas em área total, esse valor pode ter sido afetado devido a análise do número de perfilhos, tenha sido realizada na metade do período recomendado de 120 dias recomendados por Bell, M. J., & Garside, A. L. (2005).

PALAVRAS-CHAVE: Falhas, Perfilhamento, Produtividade

EVOLUION OF FAILURE OF TILLERING IN THE CULTIVATION OF SUGAR CANE

ABSTRACT: The sugar cane is one of the crops of greatest economic importance in the world, due to its great ability to produce more than one element, sugar, alcohol, and energy. Tillering failure is one of the limiting factor for productivity. Tillering failure is considered when distance between ratoons is great than 0.50m, Stolf (1986). According to Volpe et al (2013), the tolerance of the percentage of failures is 5%. The objective of this study is to analyze the occurrence of the spatial distribution of failures, in two stages, 60 days after planting and after harvest manual. Based on the results, thematic maps of failures using the average failure rate per point and the mean failures in total area were prepared. It was possible to observe that there was points where in the first evaluation the failure rate was 16% and in the second evaluation, there was none. The total area showed a percentage of 10.37% failures on the first evaluation and after manual harvesting the percentage of failures was reduced to 3%. It is concluded that the area evaluated had an evolution of 7% recovery from failures in total area This value may have been affected due to the number of tillers, has been performed in half the period recommended 120 days recommended by Bell, M. J., & Garside, A. L. (2005).

KEYWORDS: Failures, tillering, Productivity

INTRODUÇÃO:A cana-de-açúcar é uma das culturas de maior importância econômica no mundo, devido a sua grande aptidão em produzir mais de um elemento, sendo eles açúcar, álcool e energia. Segundo o ministério da Agricultura, o Brasil é responsável por mais da metade da cana produzida no mundo, o país ainda deve alcançar a taxa média de 3,25% de aumento na sua produção até 2018/19. Segundo a Embrapa (2015), o estado de São Paulo é responsável por 53% de área plantada de cana-de-açúcar no país, sendo que a maior concentração de área do estado está localizada no interior, mais precisamente na região Sudoeste. A cultura da cana de açúcar, quando submetida a fatores como clima desfavorável, resistência e compactação do solo, falhas de plantio, pode apresentar dificuldade de desenvolvimento, desencadeando assim queda na produtividade.

A necessidade de uma alta produtividade, vem fazendo com que se busque cada vez mais uma boa qualidade de cultivo da cana-de-açúcar, que é a junção de diversos fatores em que a cultura foi submetida, fazendo usos de várias tecnologias disponíveis.

O monitoramento e gerenciamento da qualidade de cultivo da cultura é de muita importância para uma boa produtividade. Desde que a cultura é instalada na área. A falha de plantio, é um dos fatores determinante para uma boa produtividade. Segundo Stolf (1986), falha de perfilhamento de cana deve ser considerada, quando há distância mínima de 0,50m, entre soqueiras. Segundo Volpe et al (2013), a tolerância do percentual de falhas em uma área é de 5%, quando ultrapassa este valor pode comprometer a produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS:A área estudada está localizada na cidade São Pedro do Turvo/SP, na fazenda Santa Martha, possuindo uma dimensão de 411,40 hectares, sendo 18,2 hectares a dimensão do experimento. O solo da área plantada é caracterizada como arenoso. O preparo de solo convencional com três passadas de grade aradora e uma passada de grade niveladora, com aplicação de gesso e calcário. A variedade da cana plantada foi precoce RB69-28, utilizando plantio manual georeferenciada com espaçamento de 1,50 metros. A formação da grade amostral foi feita a partir do mapa de contorno da área obtido no Google Earth, e então transferido ao Software ESRI, ArcGis, versão 3.1, onde foi feita a grade de dimensões 100 x 100 metros, que foi ajustada de acordo com o formato do talhão em estudo e distribuídos 55 pontos, sendo os pontos centrais e suas repetições, com distância de 33,3 metros, e por fim foram inseridas suas coordenadas em um receptor GNSS Garmin, Etrex 30X.

As falhas foram determinadas utilizando a metodologia de Stolf (1986), conforme Figura 1. A avaliação foi feita 60 dias após o plantio, época ideal segundo Stolf (1986).

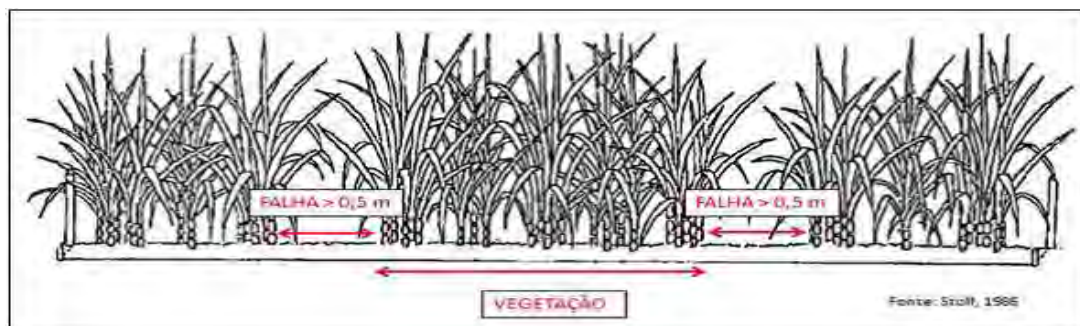


Figura1: Esquema Ilustrativo de medição de falha de perfilhamento (Passalacqua,2013)

a-) Medição de falhas 60 dias após o plantio

Com base neste método, foi feita as respectivas medições de falhas nas linhas dos 60 pontos citados anteriormente. Primeiramente fazendo o rastreamento do ponto proposto utilizando o receptor

GPS, em seguida feita a marcação do mesmo, determinando uma linha linear sobre ele, distribuindo cinco metros para direita e cinco para a esquerda, totalizando 10 metros lineares, e assim replicando mais três sulcos para o sul e três sulcos para o norte, com a mesma medição (dez metros). E então feita as medições com o uso de trena. Para posterior quantificação do índice desta variável analisada

b) Medição de falhas após colheita

A medição das falhas após a colheita, realizou-se da mesma maneira, e com a mesma metodologia que foi feita 60 dias após o plantio. No entanto desta vez analisou-se somente os pontos centrais e medindo 30 metros por ponto.

Depois de localizado cada ponto, fazia-se o corte manual, de acordo com o ponto central distribuídos cinco metros para a direita e cinco metros para a esquerda, totalizando 10 metros sobre o sulco, e mais um sulco para o sul e outro para o norte com referência o mesmo ponto.

Após a medição, foi quantificado a incidência de falhas e vegetação, e então a média de falhas por ponto. Para posterior quantificação do índice em área total.

Os dados extraídos foram representados em gráficos e mapas temáticos de falhas, elaborados no programa ArcGis, em forma de porcentagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados, foram quantificados o percentual médio de falhas de plantio por ponto médio de falhas em área total, assim para os dois diagnosticos, 60 após o plantio, e também 60 dias após a colheita manual. A distribuição espacial de falhas foi representada com mapas temáticos de falha, Figura 2a e Figura 2b.

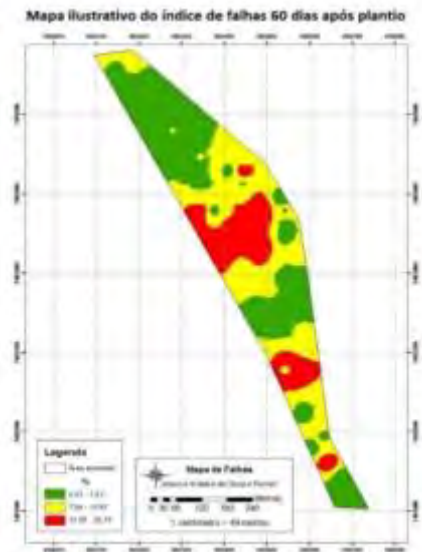
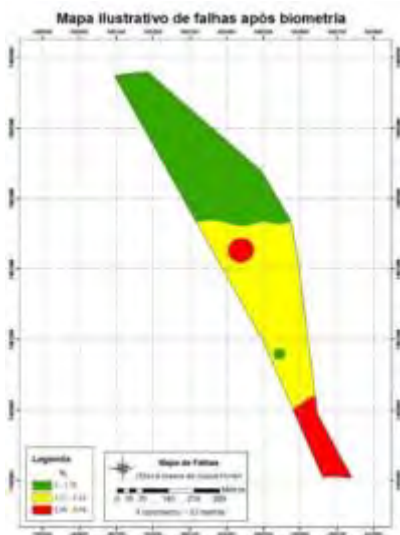


Figura 2a: Mapa temático de falhas 60 dias após o plantio Figura 2b: Mapa temático de falhas 60 dias após colheita

De acordo com dados obtidos, esta área apresentou a princípio uma incidência alta de falhas, sendo na distribuição media em área total ponto a ponto, mas também em área total. É possível notar recuperação dos perfilho após a primeira medição, pois a princípio, era preocupante pois excedia o percentual até 5%

Volp(2013). Neste caso o diagnostico resultou em 10,37%, mais que o dobro do estabelecido, já na segunda analise houve uma redução das falhas de 7,37%.

CONCLUSÃO:

De acordo com os resultados é possível observar que em algumas áreas existiam grandes quantidades de falhas, contudo foi possível se observar uma evolução de 16% para quase 0%, na quantidade de falhas, todavia em alguns pontos. O diagnóstico desse fator determinante para a produtividade é de suma importância, neste caso pode se verificar que a cultura conseguiu se recuperar, evitando assim redução da produtividade.

REFERÊNCIAS:

Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Cana-de-Açúcar. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar> Acessado em: 04/04/2014

STOLF, R. **Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar.** STAB, Piracicaba, v.4, n.6, p.22-36, jul./ago.1986.

VOLPE et al., Metodologia para monitoramento de qualidade de colheita e plantio de cana de açúcar, Sertãozinho: CANAOESTE, 2014. Disponível em <<http://www.canaonline.com.br/imagens/pdf/3499c5240147264b03cc45746c394bcc.pdf> Acessado em: 04/04/2014

SCARPARI, MAXIMILIANO SALLES. Modelos para a previsão de produtividade da cana de açúcar (saccharum spp.) através de parâmetros climáticos. Disponível em: <[file:///C:/Users/J%C3%A9ssica/Downloads/maximiliano%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/J%C3%A9ssica/Downloads/maximiliano%20(1).pdf) Acessado em: 02/04/2014

MULTIQUIP. Manual de compactação. Disponível em: <http://multiquip.com.br/imagens/catalogo/Catalogo_Compacta%C3%A7%C2%A6odeSolo_20050822132416.pdf. > Acessado em 27/06/2014

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf > Acessado em 28/07/2014

REDE UNIVERSITÁRIA PARA DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO. Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://canaufv.com.br/catalogo/catalogo-2010.pdf>. > Acessado em 10/01/2015

BARBOSA, AMILSON. A cana-de-açúcar em São Paulo. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/brasil/a-canadeacucar-sao-paulo.htm>> Acessado em:

PASSALAUQUA, Avaliação das falhas utilizando-se método convencional de Stolf e Imagem aérea. Disponível em: <<http://www.fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/brunaedsonpassalauqua.pdf>.> Acessado em: 15/09/2014

VOLPE et al., 2013. Metodologia para levantamento de perdas na colheita mecanizada. Disponível em <<http://fliphtml5.com/dfuj/kprs/basic>> Acessado em 03/05/2015.

VALIDAÇÃO DE LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO REALIZADO PELO VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO - EBEE - *SENSEFLY*

EDSON M. TANAKA¹, ANDRÉ G. ANDRADE², MAURICIO GAWSKI³; PEDRO C. D. COLLETA⁴,
VINICIUS A. FAVONI⁵

¹Eng. Agrônomo, MSc. Docente Associado I - Fatec “Shunji Nishimura”, Pompeia – SP, Fone:(18)99715-0404, tanaka@fatecpompeia.edu.br

² Eng. Agrônomo, Dr. Docente Assistente I - Fatec “Shunji Nishimura”, Pompeia – SP

³ Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC “Shunji Nishimura”, Pompeia – SP

⁴ Eng. Agrônomo, Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC “Shunji Nishimura”, Pompeia – SP

⁵ Discente do curso de Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC “Shunji Nishimura”, Pompeia – SP

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O trabalho teve como objetivo, validar um levantamento planialtimétrico realizado através do VANT. As duas áreas selecionadas para realização do experimento são de aproximadamente 30 ha, cultivadas com a cultura da cana-de-açúcar. Essas áreas estão localizadas na região de Quatá e Rancharia, no estado de São Paulo. Conclui-se que o equipamento é capaz de gerar levantamentos planialtimétricos para fins de projetos que não demandem de alta precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Cana-de-açúcar, veículo aéreo não tripulado, VANT *SenseFly*, mosaico, levantamento planimétrico, levantamento altímetro, MDT(Modelo Digital de Terreno)

VALIDATION OF A PLANIALTIMETRICAL SURVEY MADE BY THE UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) EBEE - *SENSEFLY*

ABSTRACT: The objective of this work was to validate a survey planialtimétrico conducted through VANT. The two areas selected for conducting the experiment are approximately 30 ha planted with the crop of sugar cane. These areas are located in the region of quatá and Rancharia, state of São Paulo. It is concluded that the equipment is able to generate planialtimétricos surveys for projects that do not require high precision.

KEYWORDS: Cane sugar, UAV - *SenseFly*, mosaic, planimetric survey, survey altimetry, DTM (digital terrain model).

INTRODUÇÃO: Segundo MOLIN (2000), na agricultura as imagens aéreas podem ser utilizadas no mapeamento de culturas, na avaliação de áreas cultivadas, na detecção de áreas afetadas, em cadastros rurais no mapeamento de solo, na identificação de pontos dos terrenos que estão sujeitos à erosão, na localizando de pragas na lavoura e detectando diversas deficiências. Imagens obtidas a partir de satélites de uso civil possuem como fator limitante o intervalo de revisita, susceptibilidade à cobertura de nuvens e resolução limitada à 0,50 cm / pixel, no paradigma tecnológico atual, os Veículos Aéreos Não Tripulados foram inicialmente concebidos para fins militares, inspirados nas bombas voadoras alemãs, do (Galvão, 2014). Um VANT pode possuir embarcado um receptor GPS de dupla frequência (L1/L2) e um sistema inercial que permite a determinação da orientação exterior aproximada para cada imagem tomada durante a missão. Além disso, o sistema deve contemplar uma câmara digital de alta resolução para a aquisição das imagens sobre a área de interesse, porém estas necessitam de correções, devido as deformações que ocorrem durante o processo (Galvão, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado em duas áreas de cana-de-açúcar, ambas localizadas no estado de São Paulo, a área 1 pertence ao município de Quatá com coordenadas centrais: 50°45'48,81911"O 22°21'00,39524"S, altitude média de 429,00 m e 32,59 ha. Já a área 2 localiza-se no município de Rancharia com coordenadas centrais: 50°49'35,17348"O 22°08'30,85966"S, altitude média de 476,00 m e 29,68 ha. A variedade de cana cultivada nas áreas foi a RB867515. Em ambas as áreas o plantio foi realizado com espaçamento duplo de 1,50 m x 0,90 m. As duas áreas experimentais tinham cana planta de aproximadamente 80 dias, facilitando assim a locação e observação dos pontos de controle. Em cada área experimental foram distribuídos 6 pontos de controle de forma uniforme, em cada ponto de controle distribuí-se 5 placas com as cores branco, preto, vermelho, verde e azul, sendo a placa branca utilizada como alvo central do ponto de controle. O alvo central de cada placa branca foi georeferenciado, utilizando-se um receptor GPS de dupla frequência Trimble R4 PP L1/L2 (GNSS) com Recon (TDFB). Foi utilizado para aquisição das imagens o VANT MODELO da empresa *SenseFly*, com 0,8m de envergadura e massa aproximada de 0,5 kg. O mesmo é equipado sistema de navegação automática por GPS e câmera da marca Canon de 12 megapixels, capturando as bandas do vermelho, verde e azul (RGB). Para gerar o plano de voo do VANT foram utilizadas as coordenadas dos mapas georreferenciados da usina e inseridos no programa *e-Motion3* do mesmo fabricante, O plano de voo foi montado para as imagens fossem capturadas com sobreposição lateral de 30% e sequencial de 60% em altitudes e velocidades de aproximadamente 100 m e 10 km/h. Assim como no trabalho realizado por COAKLEY et al. (2013), foi utilizado o programa Agisoft PhotoScan 0.9 para criação do mosaico de imagens das duas áreas Experimentais. Esses pontos foram inseridos no programa de modelagem de imagens o qual gera o mosaico da área e o MDT (modelo digital do terreno). As coordenadas dos pontos restantes do GPS foram inseridas no programa ArcGIS 10.1 para concluir o ortomosaico e o modelo digital de elevação para comparar com os dados da fotogrametria pelo VANT e os dados do GPS RTK nos mesmos pontos. O levantamento altímetro foi realizado utilizando o programa ArcGIS 10.1 e AutoCad. Inicialmente foi obtido o mapa do levantamento planialtimétrico da área experimental disponibilizado pela usina. No cálculo do erro vertical médio absoluto, primeiramente foi realizada a interpolação através do método de krigagem das curvas de nível do mapa da usina. Foi gerado um modelo digital do terreno (MDT) de referência na área da intersecção entre o levantamento da usina com o MDT gerado pelo VANT. Com os pontos de controle foi realizada a validação do modelo digital do terreno (MDT), através da união do modelo do valor real do GPS de precisão com a leitura da imagem do VANT – SenseFly.

Finalmente foi realizada a correção do MDT de referência pelos pontos de controle. Após esta correção foi feito o corte do MDT (modelo digital de terreno) do VANT SenseFly pelo contorno do MDT de controle. Gerou-se o cálculo da diferença absoluta entre o MDT de referência e o VANT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Conforme os resultados do levantamento planimétrico, o erro horizontal médio absoluto dos pontos de controle da área experimental 1, Quatá, ficaram entre 1,81 m e 6,45 m, com média de 4,17 m e desvio padrão igual a 1,72 m. Já na área experimental 2, em Rancharia, o erro horizontal médio absoluto dos pontos de controle ficaram entre 6,97 m e 10,59 m, com média de 8,83 m e desvio padrão igual a 1,36 m. O erro vertical médio absoluto na área experimental 1 foi de 1,8 m, na área experimental 2 foi de 10,3 m.

A variação dos erros na área experimental 1 ficou entre 0,0002 m a 5,30 m, com uma média de 2,65 m e desvio padrão de 1,02 m. No trabalho realizado por COAKLEY et al., (2013), a precisão obtida em 95% dos pontos de controle foi de 0,041 m de erro horizontal, 0,068 m de erro vertical e 0,0117 m de diferença entre o solo e a amostra retirada pelo VANT, sobrevoando a uma altitude local de 90 metros. O presente trabalho possui resultados inferiores ao de COAKLEY et al., (2013) em relação ao levantamento planialtimétrico. A qualidade inferior do levantamento planialtimétrico obtida no trabalho pode estar associada a altura de voo, a resolução inferior da câmera utilizada no experimento, ao sistema GNSS utilizado no VANT e ao possível erro de Offset, pois os valores recomendados para este são superiores a 60%. A partir disso o mesmo pode-se ser minimizado, realizando-se a somatória da diferença entre a média do valor do erro do MDT de referência com o resultado do erro do MDT gerado pelo VANT SenseFly.

CONCLUSÃO: O sistema instalado no Vanté capaz de gerar levantamento planialtimétrico para fins de projetos que não demandem de alta precisão,

REFERÊNCIAS

AGRÍCOLA. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão.** Santa Maria: Ciência Rural, nov. 2008, v. 38, n. 8, p. 2375-2378. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a46v38n8.pdf>. Acesso em: 08 setembro 2013.

Acurácia da mosaicagem gerada por veículo aéreo não tripulado utilizado na agricultura de precisão / Gustavo Mátar Galvão. – – Jaboticabal, 2014. Nº 18

ALONÇO, A. dos S. et al. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 35., 2005, Canoas. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.

ANTUNIASSI, U.R.; SALVADOR, A. Análise de imagens aéreas para mapeamento de plantas daninhas em sistemas de agricultura de precisão. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**, 2. 2002, Viçosa.

COAKLEY, P.B; SURVEYS, B. Acurácia no campo testando o sistema RPAS em Fotogrametria. **Arquivos Internacionais da Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Ciências da Informação Espacial**, v. 40, n. 2, 2013.

CTC – **Centro de Tecnologia Canavieira** - disponível no site: <<http://www.ctcanavieira.com.br/>> Acesso em: 15 setembro 2013.

GLOBALGEO - **Aerolevanteamento** - disponível no site: <<http://www.globalgeo.com.br/>>. Acesso em: 15 setembro 2013.

IBGE – **Estimativa de safra para 2013** - disponível no site: <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/ibge-reduz-estimativa-de-safra-para-2013> Acesso em: 15 setembro 2013.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Agricultura de precisão – **Boletim Técnico**. – Brasília: Mapa/ACS, 2011.

MUNDOGEO - **Ortofoto** - disponível no <site: <http://mundogeo.com>>. Acesso em: 10 setembro 2013.

RURALBR - **Agricultura de Precisão** - disponível no site: <http://www.ruralbr.com.br/> Acesso em: 16 setembro 2013.

SALVADOR, A; ANTUNIASSI, U.R. Imagens aéreas multiespectrais na identificação de Zonas de manejo em áreas de algodão para aplicação localizada de insumos. **Revista Energia na Agricultura**, v. 26, n.2, p.1-19, 2011.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e Vantagens. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

UDOP, **Evolução da produtividade e da produção de cana-de-açúcar no Brasil por ano - safra, 2012.** Disponível em: http://www.udop.com.br/download/estatistica/area_cultivada/25fev13_%20area_produtividade_brasil.pdf. Acesso em: 10 setembro 2013.

COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA DELINEAMENTO DE UNIDADES DO VIGOR DE PLANTAS DE SOJA

LEANDRO MARIA GIMENEZ¹, DAVI G. A. BESSON²

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19)34294165, limgimenez@usp.br

² Graduando em Agronomia, ESALQ – USP, Piracicaba – SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Existem diversas informações como mapa de produtividade, mapas de solos, mapas de vigor de planta, entre outros, que podem ser utilizadas para definir áreas com certa homogeneidade, na qual apresentam mesmo potencial produtivo do talhão e são denominadas atualmente de unidades de gestão diferenciada (UGD). Quando bem definida a UGD pode facilitar a adoção de estratégias de ação sem a necessidade de máquinas e implementos muito sofisticados. Existem técnicas, como a análise de agrupamentos com uso de lógica nebulosa (fuzzy k-means), em que pode se realizar a classificação de modo não supervisionado. Neste trabalho foi realizado o agrupamento através de um método supervisionado com o emprego de intervalos distintos de classificação para a obtenção das quatro unidades, instável, baixo vigor, vigor intermediário e alto vigor. Os grupos assim obtidos foram comparados àqueles obtidos com um método não supervisionado através do algoritmo fuzzy k-means. O resultado da classificação não supervisionada no delineamento foi satisfatório, apresentando coerência nas médias e dispersão dos valores de NDVI de cada grupo. Não houve similaridade no agrupamento através dos métodos supervisionado e não supervisionado.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, agrupamento, teoria *fuzzy*.

COMPARING METHODS FOR SOYBEAN PLANT VIGOR UNITS DELINEATION

ABSTRACT: Several information such yield map, soil maps, plant vigor maps, among others, can be used to define areas with homogeneity, in which exhibit the same production of the field potential and are currently known units differentiated management (UGD) which, when properly defined facilitate the adoption of strategies for action without the need for very sophisticated machinery and implements. There are techniques such as cluster analysis with the use of fuzzy logic (fuzzy k-means), which can perform unsupervised classification mode. In this research groups defined by supervised methods using different classification ranges for obtaining four units, unstable, low vigor, intermediate vigor and high vigor was compared to those obtained with a method not supervised by fuzzy algorithm k-means. The result of unsupervised classification in design was satisfactory, showing consistency in average and dispersion of NDVI values of each group. No similarities were found among supervised and unsupervised methods.

KEYWORDS: remote sensing, clustering, fuzzy theory.

INTRODUÇÃO: A variabilidade espaço-temporal das lavouras pode ser resposta de vários fatores, sendo os principais agentes responsáveis o solo e relevo. A abordagem de subáreas com certa homogeneidade, ou ainda, com mesmo potencial produtivo do talhão são denominadas atualmente de unidades de gestão diferenciada (UGD) e, quando bem definidas podem facilitar a adoção de estratégias de ação sem a necessidade de máquinas e implementos muito sofisticados. No delineamento dessas regiões podem ser empregados mapas de vigor das plantas através de imagens de satélites. Os grupos podem ser definidos arbitrariamente em classes de baixo ou alta produtividade definidas através de método supervisionado podendo empregar critérios subjetivos (FRAISSE et al., 2001). Existem técnicas, como a análise de agrupamentos com uso de lógica nebulosa (fuzzy k-means), em

que pode se realizar a classificação automática, de modo não supervisionado, com a vantagem de não haver o viés da escolha subjetiva (FRIDGEN et al., 2004). Algoritmos k-means vêm sendo implementado em vários softwares, sendo que geralmente o usuário escolhe o número de unidades que deseja obter, e quais os conjuntos de informações que se deseja utilizar, por exemplo mapas históricos de NDVI. Em seguida e de forma iterativa todos os dados de NDVI são agrupados para a classe mais próxima, pelo critério de mínima distância (VENTURIERI, 1996), reduzindo a variabilidade dentro das classes e maximizando entre elas.

Neste trabalho foi realizado o agrupamento através de um método supervisionado com o emprego de intervalos distintos de classificação para a obtenção das quatro unidades, instável, baixo vigor, vigor intermediário e alto vigor. Os grupos assim obtidos foram comparados àqueles obtidos com um método não supervisionado através do algoritmo fuzzy k-means.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos de dois talhões com histórico de cultivo de soja ao longo de várias safras. As áreas selecionadas (talhões) estão localizadas em propriedades agrícolas no município de Itararé, SP (área 1) e no município de Barreiras, BA (área 2). Nestas áreas foram obtidas imagens da família de satélites Landsat em três safras de soja. Calculou-se o índice de vegetação NDVI para cada imagem e realizou-se a análise estatística descritiva e a remoção de valores discrepantes, considerados aqueles acima da média adicionada ou subtraída de três desvios padrão. Os arquivos da mesma área foram unidos em uma planilha eletrônica e os valores de NDVI foram normalizados dentro de cada safra e talhão utilizando a Equação 1.

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

X norm = valor do pixel normalizado

X = valor atual

X min = menor valor

X max = maior valor

Com os dados normalizados estabeleceu-se classes de vigor de plantas utilizando como parâmetros o coeficiente de variação e a média dos valores de NDVI, como mostra na Tabela 1. Essa metodologia de classificação foi realizada em planilha eletrônica e baseada em trabalho com mapas de produtividade relatado por MOLIN, 2002.

TABELA 1. Índices e intervalos empregados para classificação supervisionada dos dados de NDVI. **Values for stablishing the units in the supervised classification of NDVI.**

Simulação	CV para instável	Menor Vigor	Vigor Intermediário	Alto Vigor
1	20%	<75%	75 a 85%	> 85%
2	20%	<70%	70 a 90%	> 90%
3	30%	<75%	75 a 85%	> 85%
4	30%	<70%	70 a 90%	> 90%
5	40%	<75%	75 a 85%	> 85%
6	40%	<70%	70 a 90%	> 90%

Para a classificação não supervisionada através do algoritmo fuzzy k-means foi empregado o programa FuzMe (MINASNY&MCBRBRATNEY, 2000). Definiu-se, para permitir a comparação, que fossem criados 4 grupos. O número ótimo de unidades de gerenciamento em cada uma das áreas é definido quando dois índices fornecido pelo próprio programa FuzMe, FPI (“Fuzziness Performance index”) e MPE (“Modified Partition Entropy”), atingem aproximadamente o mínimo (ODEH et al., 1992; FRIDGEN et al., 2000; SA, 2001). Nesse estudo, dado o objetivo foi utilizado número de clusters semelhantes ao de classes de vigor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A normalização aumentou a amplitude e variância dos dados de NDVI, auxiliando no delineamento dos grupos. Cada safra representa um mapa de NDVI, sendo 3 safras para cada área. Os valores médios de NDVI foram mais próximos e estáveis para a área 2 (Barreiras – BA) em relação a área 1 (Itararé – SP). O coeficiente de variação oscilou entre 14,2% e até 27,4%, sendo mais alto para área 1.

TABELA 2. Estatística descritiva dos dados de NDVI normalizados para a área 1 e área 2. **Descriptive statistics of normalized NDVI data for Area 1 and Area 2.**

Estatística	Valores de NDVI normalizados em função da safra					
	Área 1			Área 2		
	Safra 2008	Safra 2013	Safra 2014	Safra 2002	Safra 2005	Safra 2010
Média	62,2	77,9	82,5	72,1	72,8	74,7
Mediana	65,2	84,7	85,7	75,5	73,3	76,0
Desvio padrão	17,1	16,0	12,7	13,0	10,3	10,6
Variância	291,7	255,0	161,1	168,1	107,0	113,3
Curtose	0,2	4,3	10,1	3,7	9,7	9,7
Assimetria	-0,7	-1,8	-2,7	-1,6	-1,9	-2,2
Coef. de variação %	27,4	20,5	15,4	18,0	14,2	14,2
nº de pixels	1191	1191	1191	2096	2096	2096

Os valores de refletância apresentam variabilidade devido a diversos fatores de manejo, ambiente e clima, e data de aquisição das imagens, comparado com os mapas de produtividade apresentados em MOLIN (2002), dos quais foram adotados intervalos como base para as classes de vigor. Na Tabela 3 são apresentados a média e a dispersão para a classificação não supervisionada. Na área 1, o grupo 4 apresenta maior média e menor desvio padrão, o oposto ocorrendo no grupo 2, com menor média e maior desvio padrão. Os grupos de menor vigor tendem a uma maior instabilidade temporal provavelmente devido aos causadores como ataque de pragas não obedecerem um padrão de distribuição dentro do talhão ao longo dos anos. Para área 2 os grupos de maior média e menor desvio padrão e menor média com maior desvio padrão são representados respectivamente, pelo grupo 3 e grupo 2.

TABELA 3. Valores médios do NDVI normalizado e dispersão dentro das classes definidas a partir do método não supervisionado. **Average NDVI values and dispersion within the classes defined from unsupervised method.**

	Área 1		Área 2	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Grupo 1	77,5	12,6	71,3	7,6
Grupo 2	53,6	27,3	38,8	18,0
Grupo 3	70,6	20,0	78,9	5,9
Grupo 4	79,4	10,3	68,1	13,6

A Tabela 4, apresenta o percentual de pixels classificados simultaneamente pelos métodos de classificação supervisionada, representado pelas classes de vigor nas linhas, e classificação não supervisionada representado pelos grupos nas colunas. Das 6 simulações realizadas, existem maior classificação dos dados para a classe de vigor 3, intermediário, classificados simultaneamente com os grupos 1 e 4 para a área 1, e grupo 3 para a área 2. Dessa forma, em uma mesma classe de vigor diferentes grupos foram classificados, mostrando haver divergência na distinção das áreas em zonas. A classificação supervisionada, na qual define-se de forma arbitrária os intervalos entre classes, é uma escolha que traz a vantagem de se escolher os próprios critérios de qualidade para a área em específico, mas em contrapartida esses intervalos de refletância são muito sensíveis a mudança de ambiente, manejo e época de imageamento da cultura, necessitando sempre de estabelecer novas classes, sendo que essas nem sempre são as mais apropriadas para a área. Já a classificação não supervisionada não carrega subjetividade do técnico na escolha de parâmetros e no número de grupos ou clusters que pode ser variável para diferentes áreas, apresentando maior robustez no delineamento das zonas.

TABELA 4. Percentuais de pixels ou área classificados simultaneamente nos métodos empregados. **Percentage of pixels or area classified simultaneously in the methods employed.**

			Classificação Não Supervisionada							
			Área 1				Área 2			
			Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Classificação Supervisionada	Simul. 1	Vigor 1	2%	10%	21%	1%	1%	2%	0%	5%
		Vigor 2	8%	0%	2%	7%	0%	0%	2%	0%
		Vigor 3	23%	0%	0%	18%	4%	0%	40%	1%
		Vigor 4	1%	0%	0%	7%	29%	1%	3%	13%
	Simul. 2	Vigor 1	2%	10%	21%	1%	1%	2%	0%	5%
		Vigor 2	2%	0%	1%	1%	0%	0%	2%	0%
		Vigor 3	31%	0%	1%	31%	32%	0%	42%	12%
		Vigor 4	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	2%
	Simul. 3	Vigor 1	0%	9%	6%	1%	1%	2%	0%	5%
		Vigor 2	9%	1%	11%	8%	0%	0%	0%	0%
		Vigor 3	24%	0%	5%	18%	33%	0%	44%	13%
		Vigor 4	1%	0%	0%	7%	0%	1%	0%	1%
	Simul. 4	Vigor 1	0%	9%	6%	1%	0%	1%	0%	1%
		Vigor 2	2%	1%	5%	1%	0%	0%	2%	0%
		Vigor 3	32%	0%	11%	31%	4%	0%	40%	1%
		Vigor 4	0%	0%	0%	1%	30%	1%	3%	16%
	Simul. 5	Vigor 1	0%	5%	1%	0%	0%	1%	0%	1%
		Vigor 2	9%	5%	16%	8%	0%	0%	2%	0%
		Vigor 3	24%	0%	6%	18%	32%	0%	42%	14%
		Vigor 4	1%	0%	0%	7%	2%	1%	0%	3%
	Simul. 6	Vigor 1	0%	5%	1%	0%	0%	1%	0%	1%
		Vigor 2	2%	5%	8%	2%	0%	0%	0%	0%
		Vigor 3	32%	0%	13%	31%	34%	0%	44%	16%
		Vigor 4	0%	0%	0%	1%	0%	1%	0%	1%

CONCLUSÃO: O método não supervisionado classificou grupos com alto vigor e menor desvio padrão e o oposto também verdadeiro, o que define boa capacidade do método no delineamento das zonas de vigor. Houve baixa similaridade entre os grupos definidos através dos distintos métodos.

REFERÊNCIAS:

FRAISSE, C. W.; SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R. Delineation site-specific management zone by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.44, n. 1, p. 155 – 166, 2001.

FRIDGEN, J. J.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A.; DRUMMOND, S. T.; WIEBOLD, W. J.; FRAISSE, C. W. Management zone analyst (MZA): software for subfield management zone delineation. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, p. 100 – 108, 2004.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba, Degaspari. 477p.

MINASNY, B.; MACBRATNEY, A. B. **FuzMe version 2.1**. Australian Centre for Precision Agriculture, The University the Sydney. 2002. Disponível em: www.sydney.edu.au/agriculture/pal/software/fuzme.shtml. Acesso em: 05 ago. 2016.

VENTURIERI, A. **Segmentação de imagens e lógica nebulosa para tratamento de uma rede neural artificial na caracterização do uso da terra na região de Tucuruí (PA)**. 1996. 115f. Dissertação (mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, São José dos Campos.

ANÁLISE COMPARATIVA DO CAFÉ IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL E IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

ADOLFO ARAÚJO¹, SANTOS HENRIQUE BRANT DIAS², GEMIMA ARCANJO³

¹ Eng^o de Produção, Mestrando, Depto. Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)988899753, adolfo.vicente.araujo@gmail.com

² Eng^o Agrônomo, Mestrando, Depto. Engenharia Agrícola, DEA, UFV, Viçosa – MG.

³ Eng^o Ambiental, Mestranda, Depto. Engenharia Civil, DEC, UFV, Viçosa – MG.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Na cafeicultura irrigada, diferentes sistemas estão sendo utilizados pelos produtores de café, em função de suas condições locais no que diz respeito a relevo, disponibilidade e qualidade da água, tamanho da lavoura e, evidentemente, recursos disponíveis. Dentre os sistemas mais utilizados na irrigação do café, destacam-se o pivô central e a irrigação por gotejamento. Cada um desses sistemas tem suas vantagens e limitações, de ordens técnicas e econômicas. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os sistemas de irrigação citados, utilizando o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). As imagens obtidas do LANDSAT 8 foram processadas no *software* QGIS 2.8.9. Com isso, pode-se analisar e reunir subsídios para determinar e recomendar melhores práticas dentro da cafeicultura irrigada, já que a literatura disponível não apresenta dados que permitam concluir seguramente o melhor sistema a ser adotado. O estudo realizado foi na região de Paula Cândido – MG. O cultivar (*Coffea arabica* L.) possui espaçamento 3m entre ruas por 0,8m entre plantas. As áreas experimentais de cada sistema são: 2,17ha para Pivô central e 2,78ha para gotejamento.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Irrigação, NDVI

COMPARATIVE ANALYSIS OF IRRIGATED COFFEE BY CENTER PIVOT AND DRIP IRRIGATION USING REMOTE SENSING MEASUREMENTS

ABSTRACT: In the irrigated coffee growing, different systems are being used by coffee producers, in function of their local conditions, the readiness and quality of the water, size of the farming and, evidently, of the available resources. Among the most widely used systems in coffee irrigation, stand out by center pivot and drip irrigation. Each of these systems has its advantages and limitations of technical and economic order. From this perspective, this study aimed to evaluate the mentioned irrigation systems through QGIS 2.8.9 software, using the NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) to analyze the processed images from LANDSAT 8, and thereby gather elements to determine and recommend practices within the irrigated coffee, since the available literature does not provide data to safely conclude the best system to be adopted. The study was made in the region of Paula Cândido – MG, Brazil, with the cultivar (*Coffea arabica* L.), with has spacing 3m between streets 0.8m between plants. The experimental areas of each system are: 2,17ha central pivot and drip 2,78ha.

KEYWORDS: Irrigation System, NDVI

INTRODUÇÃO: O conhecimento da demanda hídrica de uma cultura, baseando nas disponibilidades hídricas de diferentes regiões agroclimáticas, é de grande importância para um correto planejamento agrícola (SOUZA et al. 2014), tornando possível a regionalização do seu cultivo e a diminuição dos riscos, de modo a propiciar condições para a obtenção de elevados rendimentos. A irrigação modifica o ambiente agrícola, criando um novo sistema de produção que deve ser planejado e tratado de forma diferenciada. O aumento da produtividade só ocorre se houver uma integração entre todos os componentes do sistema de produção. A utilização de um sistema de irrigação para produção vegetal vem se tornando cada vez mais indispensáveis e para obter um adequado manejo do sistema de produção novas técnicas estão surgindo (FRIZZONE et al. 2003). Um método que pode ser usado para determinar qual sistema é mais apropriado em uma propriedade, é o sistema de informação geográfica (SIG). Através do *software* QGIS 2.8.9, o método utiliza o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que representa um indicador gráfico simples, para analisar as diferentes condições de um sistema por sensoriamento remoto (RIBEIRO et al., 2015). No entanto, o uso desta tecnologia deve ser criteriosamente estudado e analisado, pois qualquer aplicação quantitativa que exige um determinado nível de precisão deve levar em conta todos os fatores perturbadores que podem resultar em erros ou incertezas. Dessa forma, o trabalho objetiva avaliar os sistemas de irrigação por pivô central e gotejamento, analisando as respostas do NDVI através das imagens processadas pelo LANDSAT 8, obtida a partir do *software* QGIS 2.8.9. Assim, o tomador de decisão será capaz de reunir subsídios para a melhor prática de irrigação a ser adotada na cafeicultura.

MATERIAL E MÉTODOS: Os sistemas que foram avaliados se encontram na região de Paula Cândido – MG, em Latossolo vermelho-amarelo fase arenosa, a 700 m de altitude, com plantio do cultivar café arábica (*Coffea arabica* L.) no espaçamento de 3m entre ruas por 0,8m entre plantas. a) Pivô central de 2,17 ha, da marca Valley, equipado com emissores LEPA, com diferentes espaçamentos entre linhas de plantas (3,0 m) e entre plantas (0,8 m); b) Gotejamento (2,79 ha), da marca Netafim, com vazão de 2,3 l/h por gotejador e espaçamento de 0,75 m entre emissores. Os sistemas de irrigação foram analisados por imagens processadas no *software* QGIS 2.8.9. As datas das imagens foram selecionadas de acordo com as condições meteorológicas. Os valores de NDVI que variam de -1, foi atribuído a coloração vermelha e +1, foi atribuído a coloração verde que correspondem aos pontos com maior desenvolvimento vegetativo. As unidades que foram analisadas foram os pixels, que constituem 900 m², já que a menor distância diferenciada pela imagem do satélite é uma aresta de 30 m (SANTOS et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As análises comparativas do café irrigado por pivô central e irrigação por gotejamento utilizando o *software* de sensoriamento remoto QGIS 2.8.9 estão apresentadas pela Figura 1. Na parte sublinhada em azul corresponde ao manejo por gotejamento e a parte circundada em vermelho representa o manejo por pivô central (Figura 1A). As datas selecionadas foram 25/09/2015 (Figura 1B), 11/10/2015 (Figura 1C) e 23/06/2016 (Figura 1D), correspondendo as condições meteorológicas ideais, ou seja, com pouca nebulosidade. Com isso, foram determinadas as possíveis áreas de cultivos que apresentam um maior desempenho e conseqüentemente uma maior produtividade, obtendo um maior retorno econômico. De acordo com a literatura, verifica-se que na cultura do cafeeiro o custo por irrigação por gotejamento é menor para pequenas áreas (VIEIRA, 2011).

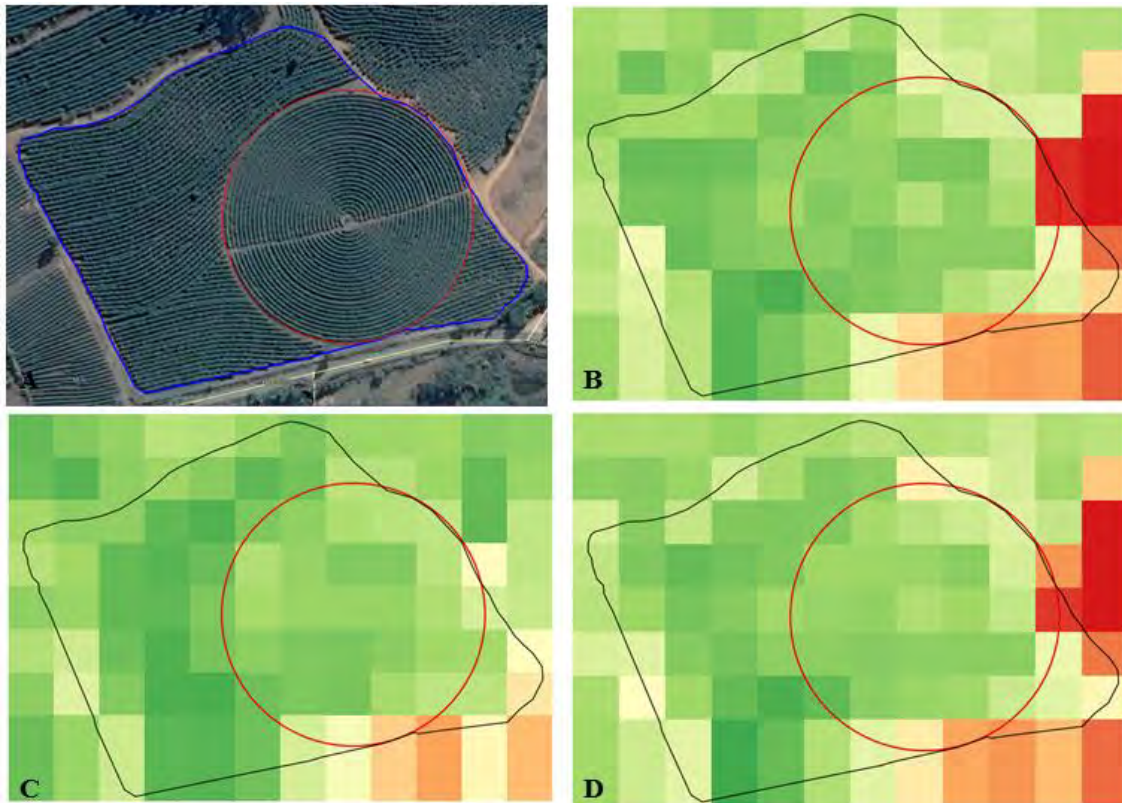


FIGURA 1 – A) Imagem da área analisada; B) Imagem de NDVI no dia 25/09/2015; C) Imagem de NDVI no dia 11/10/2015 e D) Imagem de NDVI no dia 23/06/2016.

CONCLUSÃO: Nas condições climáticas e solo de Paula Cândido, o sistema de irrigação por gotejamento obteve os maiores valores de NDVI, apresentando plantas mais vigorosas e possivelmente mais produtivas, portanto nas condições que se encontravam o cultivar nos dias da coleta das imagens, a utilização do sistema de irrigação por gotejamento seria mais viável que o sistema irrigado por pivô central, pois obteve índices que apontam melhor aproveitamento da água pela cultura. Porém, seria necessário uma visita a campo e constatar realmente que os dois sistemas estão em perfeito estado de funcionamento. Além disso, sugere-se que sejam realizadas investigações futuras visando verificar a necessidade de mão-de-obra e os custos para os sistemas de irrigação analisados.

REFERÊNCIAS:

- FRIZZONE, J. A., DOURADO NETO, D., MIRANDA, J. D., & PIRES, R. D. M. (2003). **Avaliação de sistemas de irrigação.** *Jaboticabal: SBEA*, 2, 573-651.
- RIBEIRO, R. B., FILGUEIRAS, R., RAMOS, M. C. A., NASCIMENTO, C. R. **Análise Temporal das variações de parâmetro biofísicos da cana-de-açúcar em Jaíba – MG.** *Nativa*, v.3, p.150-155, 2015.
- SANTOS, J. E. O., NICOLETE, D. A. P., FILGUEIRAS, R., LEDA, V. C., ZIMBACK, C. R. L. **Imagens do Landsat-8. No mapeamento de superfícies em área irrigada,** v.2, n.1, 2015.
- SOUZA, D. D. N., CUNHA, F. F. D., BAIO, S. P. D. S., SANTOS, O. F. D., SOUZA, E. J. D., & GODOY, A. R. (2014). **Características agrônômicas e viabilidade econômica de híbridos de tomateiro irrigado e sob sequeiro.** *Agrarian*, 8(28), 183-195.
- VIEIRA, G. H. S., MANTOVANI, E. C., SOARES, A. A., MONTES, D. R. P., CUNHA, F. F. **Custo da Irrigação do Cafeeiro em Diferentes Tipos de Equipamento e Tamanhos de Área.** *Engenharia na Agricultura (Impresso)*, v. 19, p. 53-61, 2011.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE PARÂMETROS OPERACIONAIS NO PREPARO PRIMÁRIO DO SOLO.

LÍVIA IANHEZ PEREIRA¹, WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA², MARCELO DOMINGOS CHAMMA LOPES³, ÉRICO RODRIGUES⁴, FERNANDO KAUE FRANÇA⁵

¹ Aluna de Engenharia Agrônômica, LAMMEC (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola), UNESP, Registro – SP, livia.ianhez@gmail.com;

² Eng^o Agrônomo, Docente, Tutor PET Agro Registro, LAMMEC, UNESP, Registro – SP, (13) 3828-2928, souza@registro.unesp.br

³ Eng^o Agrônomo, Docente, UNESP, Registro – SP.

⁴ Zootecnista, Docente, UNESP, Registro – SP.

⁵ Técnico em Agropecuária, Assistente de Suporte Acadêmico II, UNESP, Registro – SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: O uso de tecnologias como a agricultura de precisão torna necessário o conhecimento do comportamento geoespacial dos conjuntos motomecanizados na área, permitindo acompanhar variação de parâmetros operacionais importantes em decisões técnicas e econômicas. O experimento encontra-se em condução na UNESP, Campus Experimental de Registro-SP, tendo o solo definido como Sistema das planícies e terraços fluviais do Ribeira do Iguape. A área foi georreferenciada em 147 pontos em malha irregular, utilizando-se um GPS de navegação com precisão de 6,0 m, onde realizou-se a coleta de dados de velocidade real de trabalho, força e potência exigida na barra de tração, em julho de 2015, durante o preparo primário do solo, com grade aradora. A velocidade de trabalho foi determinada no trajeto de cada linha de pontos, demarcados com GPS, a força na barra medida com célula de carga e potência exigida na barra de tração, estimada por cálculo. Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva dos dados e geoestatística, ajustando os modelos de semivariogramas que melhor representaram o comportamento dos dados. Os dados mostraram distribuição não normal, baixo coeficiente de variação em todas as variáveis; altitude, velocidade e potência na barra de tração mostraram forte dependência espacial, enquanto a força na barra apresentou moderada dependência espacial.

PALAVRAS-CHAVE: grade aradora, demanda energética, agricultura de precisão

SPATIAL DISTRIBUTION OF PARAMETERS OPERATING IN PREPARING PRIMARY OF SOIL.

ABSTRACT: The use of technologies such as precision agriculture, makes necessary to knowledge the mechanized operations behavior at the area, allowing follow variation of important operational parameters in technical and economic decisions. The experiment is in driving at UNESP, in Registro county-SP, and the soil defined as system of plains and river terraces of the Iguape River. The area was georeferenced at 147 points in irregular grid, using a GPS navigation with precision of 6.0 m, where there was the collection of real working speed data, strength and power required for the drawbar in July 2015, during the primary tillage, harrow. The working speed was determined in the path of each row of dots, marked with GPS, the force in the bar measured with load cell and power required for the drawbar, estimated by calculation. The data was submitted to descriptive analysis of the data and geostatistics, adjusting the semivariogram models that best represented the behavior of the data. The data showed no normal distribution, low coefficient of variation in all variables; altitude, speed and power in the drawbar showed strong spatial dependence, while the force in the bar showed moderate spatial dependence.

KEYWORDS: disclow, energydemand, precisionagriculture

INTRODUÇÃO: A intensificação no uso de máquinas agrícolas com a abertura de mercado nos anos 90 tem demandado estudos de otimização da capacidade operacional e redução de custos nos empreendimentos. Neste contexto, o uso de tecnologias como a agricultura de precisão torna necessário o conhecimento do comportamento geoespacial dos conjuntos motomecanizados na área, o que permite acompanhar variação de parâmetros operacionais importantes em decisões técnicas e econômicas, como velocidade de trabalho, força e potência exigidas na barra de tração. SALVADOR et al. (2008), estudando métodos de preparo do solo em um Nitossolo Vermelho distroférico argiloso, mostraram valores médios 25,96 kN de força na barra de tração, demandando média de 21,24 kW de PB. Os valores foram obtidos com o trabalho realizado a uma velocidade média de 0,82 m s⁻¹ na operação de preparo com grade aradora. Dados obtidos por TAVARES et al. (2012) mostraram valores de força e potência na barra de tração próximos a 11,48 kN e de 14,66 kW, respectivamente, trabalhando em velocidade média de 4,5 km h⁻¹, possivelmente devido a elevada umidade do solo observada no ensaio. O trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial da velocidade, força e potência exigidas na barra de tração na operação de aração com grade aradora, sob a hipótese de que tais variáveis apresentam pouca variabilidade e independência espacial.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento encontra-se em condução na UNESP, Campus Experimental de Registro-SP, clima do tipo Cfa subtropical úmido com verão quente, conforme a classificação de Koeppen, com temperatura média de 22°C e precipitação anual de 1400mm. O solo é definido como Sistema das planícies e terraços fluviais do Ribeira do Iguape (ROSS, 2002). A área foi georreferenciada em 146 pontos em malha irregular, utilizando-se GPS de navegação (Garmin 60Cx) com precisão de 6,0 m, onde realizaram-se as coletas de dados de altitude (m), velocidade de trabalho (km h⁻¹), força (kN) e potência (kW) exigidas na barra de tração durante a operação de aração com grade aradora. A operação foi realizada em junho de 2015, utilizando-se trator 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) acionada, com 95,68 kW de potência no motor. A este, acoplou-se uma grade aradora de 12 discos recortados, utilizando-se uma barra de tração adaptada para o acoplamento da célula de carga entre o equipamento e o trator. A velocidade de trabalho foi medida com auxílio do GPS, marcando-se os pontos no mesmo alinhamento transversal à direção de deslocamento, em todas as passadas, com posterior leitura em cada linha de passada, utilizando o Software TrackMaker v. 13.9 (FERREIRA JUNIOR, 2014). A força exigida na barra de tração foi medida com célula de carga marca CSR, modelo CSR 10000 (10 t) acoplada entre a barra de tração do trator e o cabeçalho da grade aradora, com auxílio do cabeçalho adaptado para a célula de carga. Os dados obtidos foram lidos com auxílio de um indicador digital, anotados em planilha, e tabulados no MS Excel, sendo posteriormente calculados os valores médios de cada parcela, sendo transformados em força (kN). A potência exigida na barra de tração foi determinada indiretamente, calculada pela Equação 1, considerando as medições de velocidade efetiva de trabalho e da força exigida na barra de tração.

$$PB = F_t \cdot v \cdot 10^{-3} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: PB = potência na barra de tração (kW); Ft = força na barra de tração (kN); v = velocidade de trabalho (m s⁻¹);

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002) com auxílio do programa ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2006). Os valores de altitude, velocidade, força e potência exigidas na barra de tração foram submetidos à análise geoestatística (SOARES, 2006) com o auxílio do programa GS+, versão 9.0 (ROBERTSON, 2008).

A caracterização do grau de variabilidade consistiu na análise dos valores de coeficiente de variação (CV) dos atributos, conforme recomendado por Warrick & Nielsen (1998). O grau de dependência espacial das variáveis foi determinado e classificados de acordo com os parâmetros propostos por Cambardella et al., (1994). A interpolação dos dados para elaboração dos mapas de isolinhas foi realizado por krigagem ordinária, com auxílio do software GS+ versão 9.0 (ROBERTSON, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os dados do experimento foram analisados aplicando-se análise estatística descritiva, cujos resultados encontram-se na Tabela 1. A análise dos valores dos coeficientes de variação dos dados coletados indica que as variáveis estudadas apresentaram baixo grau de variabilidade, mostrando CV abaixo de 12% (WARRICK & NIELSEN, 1998). Entretanto, aplicando-se o Teste de Normalidade Shapiro-Wilk, verificou-se distribuição não-normal para as variáveis estudadas.

TABELA 1. Resultado do teste de normalidade para dados de velocidade de trabalho, força e potência exigida na barra de tração durante aração com grade aradora em julho de 2015, em Registro, Vale do Ribeira, SP. Yield of normality test for speed of work, force and power in the drawbar during plowing with harrow in July of 2015, in Registro, Ribeira Valley, SP.

Parâmetro	n	(n-1)	M	Me	Md	s ²	s	CV%	W	Re
F (kgf)	146	145	2567,18	2570,00	2550,00	55162,2971	234,8666	9,15	< 0,001	**
V (kmh ⁻¹)	146	145	4,51	4,50	4,50	0,0894	0,2991	6,63	< 0,001	**
P (kW)	146	145	31,53	31,51	28,47	12,0280	3,4681	11,00	< 0,001	**

n = número de pontos amostrados, M = média aritmética; Me = mediana; Md = moda; s = variância amostral; s² = desvio padrão da média; CV = coeficiente de variação; W = valor do teste de Normalidade; F = Força (kgf); V = Velocidade (km h⁻¹); P = Potência (KW); ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade (distribuição não normal).

A análise geoestatística aplicada aos dados apresentaram os parâmetros cujos valores encontram-se apresentados na Tabela 2. Nota-se que o modelo Gaussiano foi o que melhor se ajustou aos dados de altitude e de potência exigida na barra de tração, ao passo que os valores de velocidade de trabalho na aração (V) e força exigida na barra de tração (FB) foram melhor representados pelo modelo Exponencial.

TABELA 2. Resultados da análise descritiva dos dados de Altitude, velocidade de trabalho, força e potência na barra de tração durante aração com grade aradora, em agosto de 2015, em Registro, Vale do Ribeira, SP. Yield of descriptive analysis of height, speed, force and power in the drawbar during plowing whit harrow, in August of 2015, in Registro, Riberia Valley, SP.

Variável	Modelo	Co	Co+C	Ao	A	R ²	RSS	GDE
Altitude	Gaussiano	11,10000	53,20000	421,30	729,71	0,576	3,22	0,209
VA	Exponencial	0,01190	0,09680	6,20	18,60	0,023	4,104.10 ⁻³	0,121
FBT	Exponencial	3,18.10 ⁻³	6,370.10 ⁻³	357,00	1071,00	0,103	2,77.10 ⁻⁵	0,499
PBT	Gaussiano	1,22000	7,22800	8,50	14,72	0,015	23,2	0,169

VA = Velocidade de trabalho efetiva de aração (km h⁻¹) com grade aradora; FBT = Força exigida na barra de tração; PBT = potência exigida na barra de tração; Co = efeito pepita; Co+C = patamar; Ao = (autocorrelação) proporção da variação explicada pela distância entre as amostras; A = alcance (amplitude) que, para o modelo Gaussiano é dado por $\sqrt{3} \cdot A_0$, ao passo que para o modelo Exponencial é calculado por $3 \cdot A_0$; R² = proporção de variação explicada pelo melhor ajuste do modelo; RSS = soma dos quadrados dos resíduos; GDE = grau de dependência espacial, calculada em função do efeito pepita e do patamar calculados para o modelo definido para a variável.

De acordo com Cambardella et al., (1994), todas as variáveis apresentaram forte grau de dependência espacial, com efeito pepita menor ou igual a 25% que o patamar (GDE < 0,25), exceto a variável FB, que apresentou moderada dependência espacial com valor de 49,9% (0,25 ≤ GDE ≤ 0,75). Os modelos obtidos para a altitude (Figura 1) foi o que apresentou maior coeficiente de correlação (R²), conforme mostrado na Tabla 2. As demais variáveis (V, Figura 2; FB, Figura 3 e PB, Figura 4) definiram modelos que apresentaram baixo coeficiente de determinação. Os dados também foram analisados quanto à correlação entre as variáveis estudadas, notando-se que houve correlação positiva e significativa entre a força e a potência exigida na barra de tração (PB = 1,1242.FB+3,2282; R² = 0,6629), e entre velocidade de trabalho e potência na barra de tração, cuja equação de regressão é PB = 6,328.V+3,1207; R² = 0,4668).

A força exigida na barra de tração durante a operação de aração com grade aradora resultou em aumento na potência demandada. SALVADOR et al. (2008), estudando métodos de preparo do solo em um Nitossolo Vermelho distroférico (51,2% de argila), obteve valores médios 25,96 kN de força na barra de tração, demandando média de 21,24 kW de PB de tração. Os valores foram obtidos com o trabalho realizado a uma velocidade média de 0,82 m s⁻¹ (2,95 km h⁻¹), demonstrando que os dados obtidos neste trabalho estão de acordo com a literatura. Estudos realizados por TAVARES et al. (2012) mostraram valores de força e potência na barra de tração menores que os obtidos neste trabalho, justificado pela elevada umidade do solo no momento da operação.

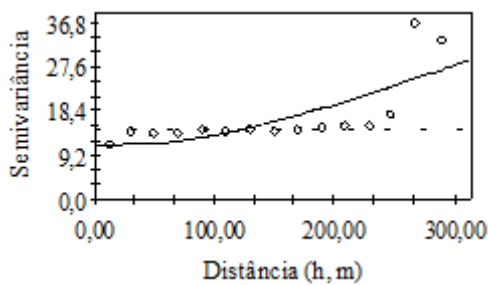


Figura 1. Semivariograma de altitude (m) na área experimental em Registro, Vale do Ribeira, SP. Semivariogram of height (m) in experimental area in Registro, Ribeira Valley, SP.

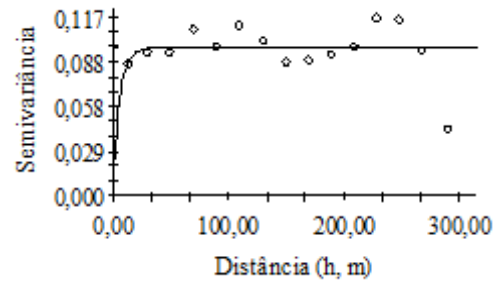


Figura 2. Semivariograma de V (km h⁻¹) com grade aradora, no Campus de Registro, Vale do Ribeira, SP, em Julho de 2015. Semivariogram of speed (km h⁻¹) with harrow, in Registro's Campus, Ribeira Valley, SP, in July of 2015.

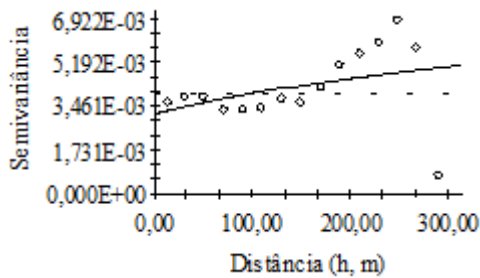


Figura 3. Semivariograma de FB (kN) durante aração com grade aradora na área experimental, em Registro, Vale do Ribeira, SP, em Julho de 2015. Semivariogram of force in the drawbar during plowing with harrow in the experimental area, in Registro, Ribeira Valley, SP, in July of 2015.

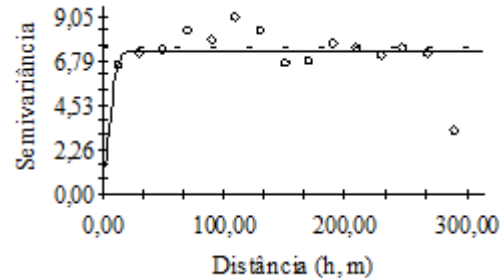


Figura 4. Semivariograma de PB (kW) durante aração com grade aradora na área experimental, em Registro, Vale do Ribeira, SP, em Julho de 2015. Semivariogram of power on drawbar with harrow in experimental area, in Registro, Ribeira Valley, SP, in July of 2015.

CONCLUSÃO: Nas condições em que o trabalho foi conduzido, mostrou que altitude, velocidade de trabalho, força e potência exigidas na barra apresentaram distribuição não normal e baixo coeficiente de variação, confirmando a primeira hipótese; a hipótese de independência espacial foi refutada, já que altitude, velocidade e potência na barra de tração mostraram forte dependência espacial, enquanto a força na barra apresentou moderada dependência espacial.

REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, n.58, p.1501-1511, 1994.
- FERREIRA JUNIOR, O. *GPS TrackMaker para Windows XP/Vista/Seven/8*, versão 13.9. Geo Studio Technology: Belo Horizonte.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: Fealq, p. 309, 2002.
- ROBERTSON, G. P. *GS+: geostatistics for the environmental sciences. GS+ user's guide version 9.0*. Plainwell: GammaDesing Software, p. 152, 2008.
- ROOS, J.L.S. A morfogênese da Bacia do Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais. *Revista GEOUSP*, n.12, p. 2002.
- SALVADOR, N., BENEZ, S. H., MION, R. L., VILIOTTI, C.A. Demanda energética em diferentes sistemas de preparo periódico do solo antes e depois da subsolagem. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 39, n.3, p.378-383, 2008.
- SILVA, F.A.S., AZEVEDO, C.A.V. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: *Anais...Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2006. p.393-396.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. IST Press, p. 214, 2006.

TAVARES, L.A.F., BENEZ, S.H., SILVA, P.R.A. Características agronômicas e demanda energética de cultivares de soja sob efeito dos sistemas de preparo do solo. **Energiana Agricultura**, Botucatu, vol. 27, n.4, p.92-108, 2012.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic, 1998. p.655-675.

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E POTENCIAL PRODUTIVO DA CULTURA DO MILHO ATRAVÉS DE SENSOR ÓPTICO DE VEGETAÇÃO

ANDRÉ LUIS VIAN¹, CHRISTIAN BREDEMEIER², ELIZANDRO FOCHESSATTO¹, MAICON ANDREO DRUM³, JHONATAN ALVES DA SILVA³

¹Engº Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, Depto. de plantas de lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS, Fone: (55) 99002542, andre.vian@ufrgs.br

²Engº Agrônomo, Professor Adjunto, Depto. de plantas de lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS.

³Aluno de graduação em agronomia, Depto. de plantas de lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A variação na densidade de plantas é uma característica importante na determinação do potencial produtivo da cultura do milho, devido à sua influência direta na determinação dos componentes de rendimento. Assim, ferramentas como o sensoriamento remoto podem ser empregadas para auxiliar no monitoramento do desenvolvimento das plantas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o emprego de sensor óptico ativo de reflectância, como ferramenta para estimativa da densidade de plantas e do potencial produtivo da cultura do milho em diferentes estádios fenológicos. O trabalho foi conduzido dentro de lavoura experimental, com quatro densidades populacionais (4, 6, 8 e 10 plantas/m²). A identificação de diferentes populações de plantas foi realizada com o auxílio de sensor óptico Greenseeker. Para todos os estádios vegetativos avaliados, as regressões apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade, apresentando elevada relação entre os valores de NDVI com as densidades populacionais. A produtividade de grãos apresentou correlação significativa com os valores de NDVI avaliados pelo sensor óptico ativo em diferentes estádios fenológicos.

PALAVRAS-CHAVE: NDVI, Sensoriamento remoto, população de plantas.

POPULATION PLANT ESTIMATE AND YIELD POTENTIAL OF CORN BY SENSOR VEGETATION OPTICAL IN CORN

ABSTRACT: Plant population is a key factor for yield potential determination in corn, because of its influence on grain yield components. In this sense, remote sensing can be used to monitor plant development. The objective of this work was to evaluate the use of an active optical vegetation sensor for estimating plant density and yield potential in corn in different growth stages. The experiment was carried out in an experimental field with different plant populations (4, 6, 8, and 10 plants/m²). The identification of plant populations was done with the optical sensor Greenseeker. For all growth stages evaluated, regressions between NDVI and plant population were significant at 1% confidence level. Grain yield were well correlated to NDVI values evaluated at different growth stages.

KEYWORDS: NDVI, remote sensing, plant population.

INTRODUÇÃO: A variação na densidade de plantas é uma característica importante na determinação do potencial produtivo da cultura do milho, devido à sua influência direta no

potencial produtivo da cultura (Kappes *et al.*, 2011). A densidade ótima de plantas de milho varia de acordo com a melhor distribuição da área foliar, do tipo e da fertilidade do solo, teor de matéria orgânica, disponibilidade hídrica, incidência de radiação solar, genótipo, manejo da adubação e expectativa de rendimento de grãos (Shanahan *et al.*, 2004). O potencial produtivo da cultura do milho pode ser monitorado desde o início de seu desenvolvimento, sendo os estádios fenológicos de desenvolvimento V3 a V10. Assim, ferramentas como o sensoriamento remoto podem ser empregadas para auxiliar no monitoramento do potencial produtivo (Chioderoli *et al.*, 2012). O emprego de sensores proximais de vegetação, como o Crop Circle, N-Sensor e Greenseeker, vem sendo utilizados com maior frequência (Huerta *et al.*, 2013). Um dos índices mais utilizados é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), o qual pode ser empregado para a identificação da variabilidade espacial da produção de biomassa vegetal em uma lavoura (Bredemeier *et al.*, 2013). Essa variabilidade pode ser causada por variações na população de plantas na área, afetando o potencial produtivo da cultura. Assim, a densidade de plantas precisa ser estimada durante o período de desenvolvimento vegetativo, para que a densidade populacional possa ser conhecida, a fim de realizar os manejos durante o desenvolvimento da cultura, buscando-se a maximização da produtividade (Grohs *et al.*, 2009). O objetivo do presente trabalho foi avaliar o emprego de sensor óptico ativo como ferramenta para estimativa da densidade de plantas e do potencial produtivo da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido na safra 2014 na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS). A área experimental está situada na região fisiográfica da Depressão Central, em uma altitude média de 46 metros acima do nível do mar. O clima é subtropical úmido de verão quente, do tipo Cfa, conforme a classificação de Koppen (Bergamaschi *et al.*, 2003). A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm e a temperatura média mensal varia entre 14 e 25°C, entre os meses mais frios e mais quentes (Bergamaschi *et al.*, 2003). O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, caracterizado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Streck *et al.*, 2008). O experimento foi realizado dentro de lavoura experimental, a qual foi semeada na densidade de 11 plantas/m² e, aos 14 dias após a emergência, as diferentes densidades populacionais foram ajustadas por desbaste manual, sendo os tratamentos alocados no delineamento experimental de blocos ao acaso dentro da área, com quatro repetições. Os tratamentos também constaram de quatro densidades populacionais (4, 6, 8 e 10 plantas/m²), sendo que o híbrido utilizado foi o Morgan 30A77PW. A semeadura foi realizada na primeira semana de janeiro de 2014, sendo cada parcela constituída de três linhas de semeadura de 3 m de comprimento, espaçadas em 0,5 m. A adubação de cobertura foi de 126 kg/ha de nitrogênio, parceladas em duas aplicações, nos estádios V4 (63 kg/ha) e V7 (63 kg/ha). A área experimental foi conduzida sob condições naturais de precipitação. A identificação de diferentes populações de plantas foi realizada com o auxílio de sensor óptico Greenseeker, através do cálculo do NDVI (Índice de vegetação por diferença normalizada) (Rouse *et al.*, 1973).

As leituras foram realizadas com o equipamento posicionado paralelamente às linhas da cultura, em altura de 1,0 m acima do dossel, sendo avaliadas 1 linha de cada parcela. As avaliações foram realizadas nos estádios de desenvolvimento vegetativo V4, V5, V6, V7, V8 e V9, segundo escala proposta por Ritchie *et al.* (1993). O rendimento de grãos foi determinado pela colheita de grãos na área útil da parcela (20 m²). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F, com auxílio do pacote estatístico SASTM. Para os valores de NDVI e de produtividade de grãos foi gerada análise de variância e, posteriormente, análise de regressão entre os valores de NDVI e

o rendimento de grãos para cada estágio fenológico avaliado, nos dois experimentos. Foi determinado também o coeficiente de correlação linear de Pearson entre NDVI e rendimento de grãos para cada estágio fenológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As regressões apresentaram significância ao nível de 1% de probabilidade, apresentando elevada relação entre os valores de NDVI e as densidades populacionais (Figura 1).

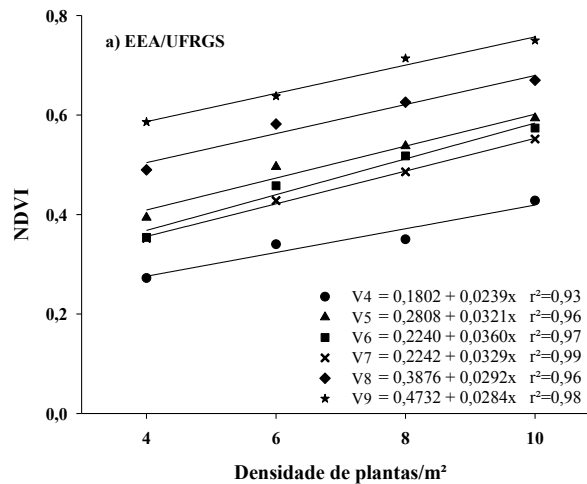


FIGURA 1. Variação do NDVI na cultura do milho em diferentes estádios fenológicos em função da densidade de plantas.

Em todos os estádios avaliados foram verificados elevados coeficientes de determinação entre os valores de NDVI e as densidades populacionais (Figura 1). Durante a fase inicial do desenvolvimento do milho foram realizadas leituras de NDVI em estádios vegetativos específicos (V4 a V9), correspondentes ao período de definição do potencial produtivo da cultura e da maior demanda por nitrogênio, o que dará o suporte para o incremento na produtividade de grãos. Durante o período de desenvolvimento em que os valores de NDVI foram avaliados, pode-se observar diferenças entre os estádios vegetativos, em função do desenvolvimento do dossel, e diferenças em função da variação na população de plantas por área (Figura 1). No tratamento com densidade de 10 plantas/m² houve os maiores valores de NDVI ao longo de todo o período avaliado. Desta forma, as leituras de NDVI empregando o greenseeker identificaram tratamentos com maior e menor população de plantas. Esse comportamento deve-se, principalmente, à menor quantidade de biomassa na parte aérea produzida nos estádios iniciais de desenvolvimento nos tratamentos com menores densidades de plantas, ou seja, 4 e 6 plantas/m². No presente trabalho, as diferentes populações de plantas foram diferenciadas pelas leituras de NDVI até o estágio fenológico V9 (Figura 1). Na Tabela 1, são apresentados os coeficientes de correlação entre os valores de NDVI avaliados entre os estádios vegetativos V4 e V9 e o rendimento de grãos. Em todos os estádios avaliados foi observada correlação significativa entre as duas variáveis, sendo que no estágio V8 (oito folhas completamente expandidas) foi verificado o mais elevado valor do coeficiente de correlação ($r=0,66$) entre NDVI e rendimento de grãos. A relação verificada no estudo entre os valores de NDVI e a produtividade de grãos é o ponto chave para que as produtividades em zonas de diferentes potenciais produtivos em uma determinada área sejam maximizadas.

TABELA 1. Coeficiente de correlação entre os valores do NDVI avaliado em diferentes estádios fenológicos e o rendimento de grãos da cultura do milho.

NDVI vs. Rendimento de grãos	
Estádio vegetativo	Correlação
V4	0,52**
V5	0,59**
V6	0,58**
V7	0,53**
V8	0,66**
V9	0,51**

** Significativo a 1% de probabilidade; ns: não significativo.

CONCLUSÃO: O NDVI sofreu influência direta em seus valores em função das densidades populacionais. A identificação da densidade populacional a partir do NDVI, torna-se possível entre os estádios fenológicos V4 e V9 de desenvolvimento da cultura. Desta maneira, pode-se recomendar a associação dos valores de NDVI com as densidades de plantas à campo.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H. et al **Clima da Estação Experimental da UFRGS e região de abrangência**, Porto Alegre: UFRGS, 2003, 78p.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A.T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p. 1147-1154, 2013.
- CHIODEROLI, C.A. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p. 37-43, 2012.
- GROHS, D.S. et al. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor Greenseeker. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.101-112, 2009.
- HUERTA, R.F.M. et al. A review of methods for sensing the nitrogen status in plants: Advantages, disadvantages and recent advances. **Sensors**, v.13, n.8, p.10823-10843, 2013.
- KAPPES, C. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v.70, n.2, p.334-343, 2011.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).
- ROUSE, J.W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **Third earth resources technology satellite symposium**. Washington, D.C.: NASA, 1973. V 1: Technical Presentations. p.309-317.
- SHANAHAN, J.F.; DOERGE, T.A.; JOHNSON, J.J. & VIGIL, M.F. Feasibility of sitespecific management of corn hybrids and plant densities in the Great Plains. **Precision Agriculture**. V.5, n.3, p.207-225, 2004.
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.C.D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER RS, 2008. 222p.

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA A CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA EM ESTUDOS DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS SOLOS

GREGORY OLIVEIRA MAYRINK¹, FLAVIO SOUSA SANTOS², EMANOEL DI TARSO DOS SANTOS SOUSA³, AMÉLIA LAÍSY DO NASCIMENTO⁴, DOMINGOS SÁRVIO MAGALHÃES VALENTE⁵

¹ Eng^o Agrônomo, Doutorando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)3899-3463, gregory.mayrink@ufv.br.

² Eng^o Agrônomo, Mestrando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)3899-3463, flavio.santos@ufv.br.

³ Eng^o Agrícola, Doutorando, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)3899-3463, emanoel.sousa@ufv.br.

⁴ Eng^a Agrícola, Doutoranda, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)3899-3463, amelia.nascimento@ufv.br.

⁵ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31)3899-1876, valente@ufv.br.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Muitos são os fatores que determinam as variações nas características dos solos. Assim como outros atributos, a textura do solo apresenta variabilidade espacial. Entretanto, a maioria dos trabalhos são realizados visando apenas a fertilidade química do solo e pouca atenção tem sido dada ao estudo das variações das propriedades mais estáveis do solo, como é o caso da granulometria. Neste trabalho, objetivou-se aplicar a análise de componentes principais (ACP) para a verificação da similaridade de amostras de solos em uma área manejada sob os princípios da agricultura de precisão. Os dados foram coletados utilizando sensores de condutividade elétrica aparente do solo, umidade e resistência do solo à penetração. A ACP foi eficiente na separação das amostras de solo em duas classes granulométricas. As duas primeiras componentes principais explicaram a maior variação dos dados, além de favorecer a melhor visualização dos mesmos. Do ponto de vista da separação, todas as variáveis utilizadas foram importantes. A aquisição das variáveis estudadas através de sensores e em associação aos métodos multivariados, como o caso da ACP, é uma opção promissora para a avaliação da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade do solo, Sensor de solo, Variabilidade espacial do solo.

MAIN COMPONENT ANALYSIS APPLIED TO GRANULOMETRIC CLASSIFICATION IN STUDIES THE SPATIAL VARIABILITY OF SOIL

ABSTRACT: There are many factors that determine variations in soil characteristics. Like other attributes, soil texture presents spatial variability. However, most studies are conducted to only the chemical soil fertility, and little attention has been given to the study of the variations of the most stable soil properties, such as granulometry. This study aimed to apply the principal component analysis (PCA) for the distinction of soil samples in an area managed under the principles of precision agriculture. Data were collected using apparent electrical conductivity, moisture content and soil resistance penetration sensors. The PCA was efficient in the separation of soil samples in two textural classes. The first two main components explain most variation of data, and provide a better view of them. From the standpoint of separation, all variables used are important. The acquisition of variables via sensors and in combination with multivariate methods as the case of ACP is a promising option for evaluating the spatial variability of the physical attribute of soil.

KEYWORDS: Soil fertility, soil sensor, spatial variability soil.

INTRODUÇÃO: A variabilidade espacial da produtividade de uma determinada cultura é o resultado de uma complexa interação entre fatores, dentre os quais, o solo é um fator-chave que adiciona grande variabilidade aos ambientes de cultivo. A identificação e o manejo da variabilidade espacial do solo podem ajudar a entender parte das variações observadas na produtividade das culturas e consequentemente na busca de sistemas de produção

agrícola mais eficientes (Sana et al; 2014). Nesse contexto, a amostragem e consequentemente o estudo e o manejo da fertilidade dos solos, são considerados como uma das principais formas de se conhecer a variabilidade dos campos de produção, e obter parâmetros de qualidade que auxiliem a tomada de decisão no campo (Da Silva et al., 2007). Um solo fértil deve ser entendido como aquele que apresenta boas características tanto do ponto de vista químico quanto físico (Bissani et al., 2004). Entretanto, a grande maioria dos trabalhos realizados na área de fertilidade do solo (Araújo et al., 2015; Finzi et al., 2015), visam apenas a parte química e pouca atenção tem sido dada aos estudos das variações das propriedades mais estáveis no solo, como a granulometria (Barbar e Melo, 2008). A análise da distribuição espacial de um determinado atributo do solo, pelo uso de métodos de análise multivariada, têm sido amplamente utilizada devido sua grande contribuição na simplificação do conjunto de dados e consequentemente, no entendimento do sistema estudado (Boruvka e Kozak, 2001). A análise de componentes principais (ACP) pode ser usada para identificar e quantificar a variação espacial do solo (Solari et al., 2010). Este tipo de análise não supervisionada leva a uma simplificação do conjunto de dados, através da combinação linear das variáveis originais e a formação de novos eixos das componentes principais (CP), de forma que os dados se agrupem devido à sua similaridade (Santos et al., 2015; Valladares et al., 2012). Este trabalho teve como objetivo aplicar a análise dos componentes principais para a separação de amostras de solos de diferentes classes granulométricas, com base em dados obtidos com sensores portáteis.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo compreendeu 20 ha plantados com café da espécie *Coffea arabica L.*, da Fazenda Braúna, localizada no município de Araponga, região sudeste do estado de Minas Gerais, Brasil (20°42'33" S, 42°34'17" W, altitude média de 913 m). Foi realizada uma amostragem sistemática segundo uma grade amostral regular, com distância de 25 m entre pontos, totalizando 275 pontos amostrais na área em estudo. Cada ponto amostral foi composto de duas amostras simples retiradas, com 1 metro de distância entre elas, na projeção da copa das plantas de café, a uma profundidade de 0 - 20 cm da camada de solo. As amostras foram georreferenciadas com auxílio de um aparelho receptor de sinal com o sistema de posicionamento global (GPS) topográfico (L1), da marca Trimble, modelo Pro XT. Entre 400 e 700 g de solo foram recolhidos por amostra composta e armazenados em embalagens plásticas devidamente lacradas e identificadas. Após a coleta, as amostras foram conduzidas a um laboratório para a análise granulométrica. Na determinação dos dados relativos à granulometria (areia grossa, areia fina, silte e argila) utilizou-se o método da agitação lenta com dispersante químico NaOH, seguida de peneiramento para retirada da fração de areia total, sedimentação do silte e secagem a 105 °C (RUIZ, 2005a; RUIZ, 2005b). Os dados de condutividade elétrica aparente (CEa) foram obtidos com o uso do aparelho portátil modelo LandMapper® ERM-02, fabricado pela Landviser®. Este aparelho utiliza o princípio da resistividade elétrica (RE), que é medida por meio do contato de quatro eletrodos com o solo. A umidade do solo foi determinada utilizando o sensor portátil FieldScout TDR 300, devidamente calibrado conforme recomendações do fabricante (Spectrum Technologies, Aurora, IL). Utilizou-se um penetrômetro de impacto (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983) para determinar a resistência do solo à penetração, em que, contabilizou-se o número de impactos necessários para o penetrômetro atingir a profundidade mínima de 0,20 m. A resistência do solo à penetração foi calculada conforme descrito por Stolf (1990). O conjunto de dados foi submetido à análise de componentes principais (ACP), com o objetivo de verificar quais variáveis, obtidas pelos sensores, que poderiam ser utilizadas para diferenciar, quanto a granulometria, as amostras de solos coletadas. Neste caso, a ACP, conjunto de ferramentas de análise multivariada, promoveu a compressão dos dados originais, sem perda de informação relevante, favorecendo a visualização dos mesmos em um plano de menor dimensão. A análise foi feita pela visualização das amostras e das variáveis nos gráficos de “Scores” e “Loadings” respectivamente, considerando o plano da ACP. Nesta análise foram verificadas as principais variáveis responsáveis pela separação das amostras. Ao final da classificação, as amostras foram reorganizadas de modo a gerar uma representação da distribuição espacial das amostras classificadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 são mostrados os resultados da análise por componentes principais para os dados, considerando o plano de visualização composto pelo eixo das componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2). O gráfico dos “Scores” representa a projeção ortogonal de cada uma das amostras sobre os eixos das componentes principais. Como cada componente é construída a partir da combinação das variáveis originais, no gráfico dos “Loadings” observa-se o peso de cada variável, ou seja, a contribuição de cada uma delas para a componente principal. Analisando o gráfico dos “Loadings” (Figura 1), observa-se que para a CP1, as variáveis mais importantes, ou seja, aquelas que apresentaram maiores pesos (positivo ou negativo) foram

resistência à penetração e condutividade elétrica aparente do solo na profundidade de 0-20 cm (Cea20). Estas foram as principais responsáveis por separar o conjunto de amostras nos lados esquerdo e direito do gráfico dos “Scores”. No caso da CP2, as variáveis mais importantes foram a condutividade elétrica aparente do solo na profundidade de 0-20 cm (Cea20) e na profundidade de 0-40 cm (Cea40). Neste caso elas contribuíram fortemente para a separação das amostras entre os eixos superior e inferior, considerando o gráfico dos “Scores”. Com base na análise conjunta dos gráficos dos “Scores” e dos “Loadings”, as amostras de solo foram separadas em duas classes granulométricas: média e argilosa, sendo que a última apresentou maiores valores de resistência à penetração e de umidade, como é característico de um solo desta classe. A Figura 2 é uma apresentação dos resultados da classificação granulométrica das amostras de solo pela ACP, considerando a referência espacial de cada amostra. Por essa simples apresentação já se consegue perceber o padrão de distribuição espacial da granulometria do solo. Nas regiões em vermelho, segundo a classificação, estão representadas porções de solo com alto teor de argila, e nas regiões em azul, as porções de solo com granulometria média, com menos argila que a primeira classe.

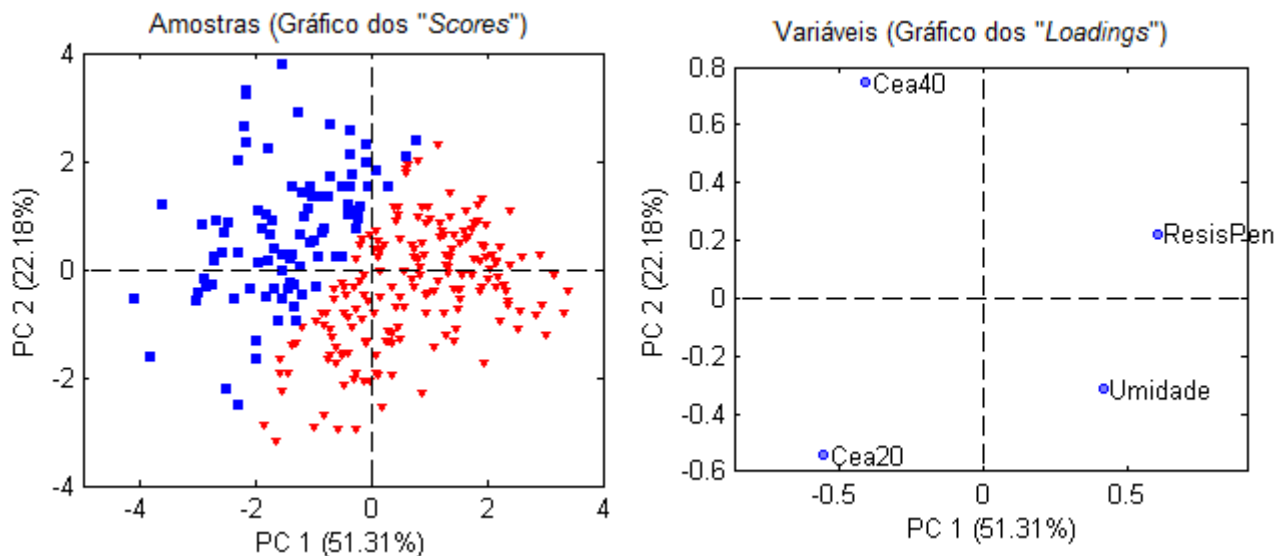


FIGURA 1. Gráficos dos Scores e Loadings no plano das componentes principais (CP1 e CP2), para os resultados da granulometria do solo. Os pontos representam o ordenamento das amostras e das variáveis. **Graphics of Scores and Loadings in principal components (PC1 and PC2) scheme to results of soil granulometry. Points represent the ranking of samples and variables.**

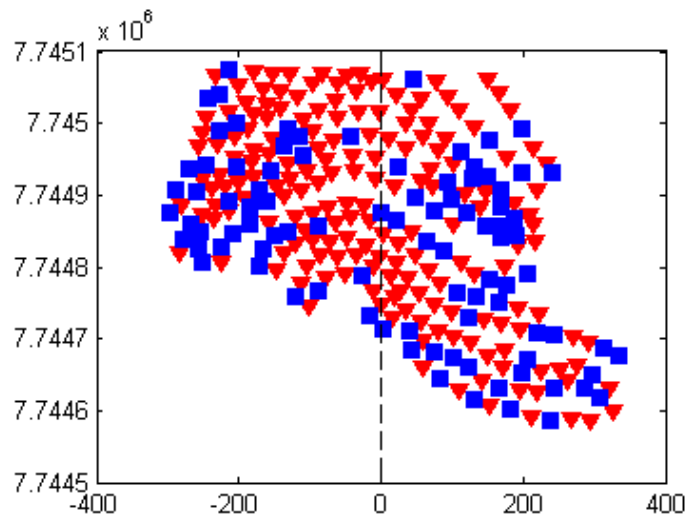


FIGURA 2. Mapa da distribuição espacial considerando a classificação granulométrica das amostras pela ACP. **Map of spatial distribution considering the granulometry classification of samples by PCA.**

CONCLUSÃO: A análise por componentes principais (ACP) foi eficiente, separando as amostras de solo em duas classes granulométricas, média e argilosa.

Todas as variáveis utilizadas foram importantes na discriminação das amostras de solo, apresentando a resistência à penetração e a condutividade elétrica aparente do solo na profundidade de 0-40 cm do solo (Cea40), os maiores pesos no eixo da PC1 e PC2 respectivamente.

Os resultados obtidos demonstram que a utilização de sensores do solo em associação aos métodos multivariados, como o caso da ACP, podem ser alternativas promissoras para a avaliação da variabilidade espacial de atributos físicos do solo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Universidade Federal de Viçosa, ao seu Departamento de Engenharia Agrícola – DEA pelo conhecimento, e ao CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS:

- ARAÚJO, SUZANA ROMEIRO et al. Determining soil properties in Amazonian Dark Earths by reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v. 237, p. 308-317, 2015.
- BARBAR, L. C.; MELO, V. F. Variabilidade das características químicas e mineralógicas de solos da região
- BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. Micronutrientes. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O.(Eds). Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: **Gênesis**, 2004. p. 221-238.
- BORUVKA, L.; KOZAK, J. Geostatistical investigation of a reclaimed dumpsite soil with emphasis on aluminum. **Soil and Tillage Research**, v. 59, n. 3-4, p. 115-126, 2001.
- DA SILVAI, F. M. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 401-407, 2007.
- FINZI, A. et al. Effects of measurement technique and sample preparation on NIR spectroscopy analysis of livestock slurry and digestates. **Biosystems Engineering**, v. 134, p. 42-54, 2015.
- HOLLAND, K.H.; SCHEPERS, J. Use of a virtual-reference concept to interpret active crop canopy sensor data. **Precision Agriculture**, v.14, n.1, 2013.
- metropolitana de Curitiba (PR). **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 187-197, 2008.
- RUIZ, H. A. Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, SBCS, 2005a. CD ROM.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 297-300, abr. 2005b.
- SANA, R. S. et al. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo e seus efeitos na produtividade do algodoeiro. R. Bras. **Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 994-1002, 2014.
- SANTOS, D. A.; de LIMA, K. P.; MARÇO, P.H.; VALDERRAMA, P. UV spectroscopy and multi-product multivariate calibration in the determination of the total acidity in industrialized juices. **REBRAPA**, v. 6(1), p.1, 2015.
- SOLARI, F.; SHANAHAN, J.F.; FERGUSON, R.B.; ADAMCHUCK, V. I. An active sensor algorithm for corn N applications based on a chlorophyll meter sufficiency index framework. **Agronomy Journal**, v.102, p.1090-1098, 2010.
- STOLF, R. Fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em força/unidade de área. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/SBEA, 1990. p.823 – 836.
- STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. An impact penetrometer model to determine the deep tillage in sugarcane áreas. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 18., 1983, La Habana. **Proceedings...** [S. l.]: ISSCT, [1983]. p.544 – 550
- VALLADARES, Gustavo S. et al. Comparação entre os teores de nutrientes extraídos por três métodos em amostras de solos do Rio de Janeiro. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 7, n. 2, 2012.

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE PLANTAS DANINHAS UTILIZANDO IMAGENS PONTUAIS A BAIXA ALTURA DO SOLO

LEONARDO TRIGOLO PLIXO¹, EDIR NISCZAK², GUSTAVO DI CHIACCHIO FAULIN³

¹Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, Promotor Técnico Pleno, AGCO Mogi Das Cruzes - SP, Fone: (11) 97731-1113
leonardo.plixo@agcocorp.com

²Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão, Validação de Produtos, JACTO Pompeia – SP.

³ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Fatec Shunji Nishimura, Pompeia – SP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O controle das plantas daninhas tem como parte fundamental o levantamento das mesmas. Atualmente, estes levantamentos são lentos, como o caso do quadrado de inventário que utiliza uma pequena área delimitada para o levantamento feito de forma manual, impossibilitando muitas vezes a decisão rápida, necessária para o correto controle das plantas indesejadas. Outros métodos são imprecisos, como a utilização de imagens aéreas onde, pelo tamanho do pixel na imagem, não é viável a quantificação e/ou identificação correta da espécie invasora e seu estágio de desenvolvimento. Imagens pontuais obtidas próximas ao solo com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) é uma forma rápida para uma estimativa da infestação de plantas daninhas, podendo gerar informações conclusivas para uma tomada de decisão rápida e adequada. O objetivo deste estudo foi comparar os métodos de levantamento de plantas daninhas utilizando imagens pontuais de baixa altura com e sem deslocamento de ar geradas pelo uso de uma plataforma VANT e pelo método já consagrado do quadrado de inventário. Este estudo mostra grande semelhança entre o número de plantas no levantamento com o VANT provocando deslocamento de ar sobre as folhas das plantas amostrais e o método tradicional, por amostragem pontual. As imagens também possibilitam a identificação das espécies, bem como o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas. Os resultados indicaram que é possível utilizar o método de identificação de plantas daninhas através de imagens obtidas a baixa altura do solo.

PALAVRAS-CHAVE: VANT. Drone. Quadrado de inventário.

METHODOLOGY FOR WEEDS ESTIMATIVE USING PUNCTUAL IMAGES LOW SOIL HEIGHT

ABSTRACT: The weed control is a fundamental part of the survey of weeds. Currently, these surveys are slow, as the case of square inventory which uses a small area bounded to the survey done by hand, often making it impossible to quick decision and needs required for the correct control of unwanted plants. Other methods are inaccurate, as the use of aerial images, where the pixel size in the image it is not feasible to quantify and/or correct identification of invasive species and their stage of development. Specific images taken close to the ground with the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) is a quick way to estimate the weed infestation, and can generate conclusive information for making quick and appropriate decision. This study compared the survey weed methods using specific images of low altitude images with and without air displacement generated by the use of a UAV platform and the already established method of inventory square. This study shows great similarity between the number of plants in a UAV causing displacement of air over the leaves of the plant sample and the traditional method, with point sampling. The images also enable the identification of the species and the development state of the weeds. The results indicated that it is possible to use the identification method to weed through images obtained through the low ground height.

KEYWORDS: UAV. Drone. inventory square.

INTRODUÇÃO: Na agricultura, as plantas daninhas se tornam um problema ao competir com as plantas cultivadas na área, interferindo no manejo da cultura economicamente desejada, ocasionam perdas na qualidade e quantidade da produção, e, conseqüentemente, levando a busca pelo seu controle (LORENZI, 2008). As determinações de técnicas de manejo, bem como os métodos e meios de controle, são inteiramente dependentes da identificação das espécies e do estágio de desenvolvimento. Portanto, a identificação de tais fatores é fundamental para o controle das plantas invasoras (FONTES & SHIRATSUCHI, 2005). Um dos métodos mais utilizados para identificação e quantificação das plantas daninhas é o método da amostragem pontual pelo uso do quadrado de inventário (BRAUN-BLANQUET, 1979). Para que este se torne o mais exato possível, é importante que seja realizado com áreas a partir de 1 m², investigando áreas mais homogêneas possíveis com a escolha do local específico da coleta escolhido de forma aleatória e as informações resultantes desta análise devem ser as espécies presentes, sua quantidade e o grau de cobertura (BRAUN-BLANQUET, 1979). Atualmente, com as tecnologias disponíveis como Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e sensores cada vez mais compactos e leves, o método de quantificação de plantas daninhas realizado com imagens aéreas, auxiliado por programas computacionais, aparenta ser um caminho promissor, apresentando resultados importantes para a avaliação de perdas relacionadas com plantas invasoras (RIZZARD & FLECK, 2004). O objetivo deste estudo foi comparar os métodos de levantamento de plantas daninhas utilizando imagens pontuais de baixa altura com e sem o uso de uma plataforma VANT com o método já consagrado do quadrado de inventário.

MATERIAL E MÉTODOS: As informações foram coletadas em uma área de 9 ha no município de Pompeia - SP, localizada na Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia, com coordenadas médias de 22° 06' 43,0" S e 50° 11' 35,5" O. Dois métodos de imagem pontual foram comparados com o método padrão do quadrado de inventário (BRAUN-BLANQUET, 1979), ambas obtidas a 2 m de altura, sendo que em uma das imagens foi provocada a movimentação de ar pelas hélices de um multirrotor, simulando a aquisição de imagens a partir de uma plataforma VANT. O uso de uma plataforma VANT neste estudo foi proposta para avaliar a sua viabilidade em condições controladas, garantindo sua estabilidade e provocando somente o deslocamento de ar gerado pelas hélices em movimento. Para garantir a estabilidade foram confeccionadas duas estruturas de madeira (Figura 1), onde a estrutura A foi utilizada para fixação do VANT com altura de 2.20 m e a estrutura B com altura de 2,00 m para apoio do equipamento fotográfico, padronizando todas as imagens com a mesma altura.

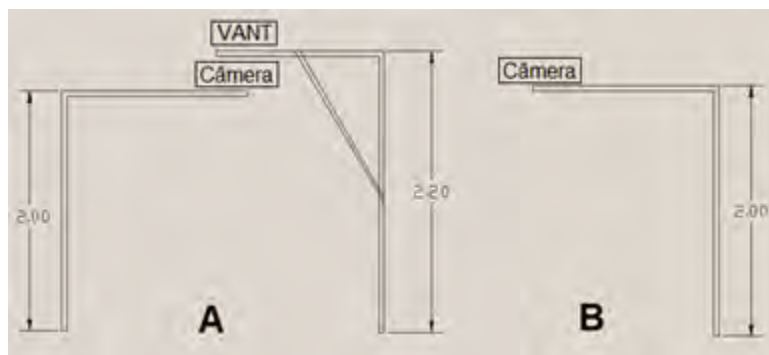


FIGURA 1. Estruturas utilizadas para obtenção das imagens: (A) estrutura utilizada para capturar as imagens de uma plataforma VANT e (B) estrutura utilizada para capturar as imagens sem a plataforma VANT (medidas em metros). **Structures used to obtain the images: (A) structure used to capture the images of a UAV platform and (B) structure used to capture images without the UAV platform (measured in meters).**

Utilizou para captura das imagens um celular Motorola® Moto G 2ª geração, com câmera de 8 Megapixels, lente de 0,27 mm equipado com um sensor Sony® IMX179 2,54 cm CMOS com 1,4 µm por pixel, o qual gera 3.280 x 2.464 pixels. O VANT utilizado foi um multirrotor modular constituído por um chassi Tarot FY680, com seis motores Turnigy MultiStar de 720 Watts e seis hélices de 30,48 x 13,97 cm (12 x 5,5 polegadas). Para identificar situações distintas de infestação, os três métodos foram avaliados em baixa, média e alta infestação, de acordo com a classificação da Tabela 1, coletando 10 imagens para cada situação.

TABELA 1. Parâmetros para definição dos níveis de infestação. **Parameters for setting the level of infestation.**

Níveis de infestação	Área foliar de cobertura do solo
Baixa	Cobertura aproximada menor que 30% na área de 1 m ²
Média	Cobertura aproximada entre 31 a 60% na área de 1 m ²
Alta	Cobertura aproximada maior que 60% na área de 1 m ²

Definidos os pontos amostrais e o quadrado de inventário posicionado, uma imagem era tomada utilizando a estrutura B, gerando assim uma imagem a 2 m de altura sobre o quadrado de inventário (Figura 2a). Na sequência utilizou-se a estrutura A para capturar uma imagem do mesmo ponto com o VANT acionado em potência máxima, gerando-se assim uma imagem pela qual foi possível analisar a interferência do deslocamento de ar gerado pelo VANT nas folhas das plantas (Figura 2b).



FIGURA 2. Imagem pontual a dois metros de altura (a) sem deslocamento de ar e (b) com deslocamento de ar gerado por um VANT em funcionamento. **Spot image to two meters high (a) without UAV and (b) with UAV in operation.**

Por fim, foi realizada a retirada manual e contagem das plantas daninhas pelo método de quadrado de inventário. A análise da imagem do mesmo local do quadrado de inventário foi realizada visualmente, com auxílio do programa Microsoft® Paint, para a marcação e contagem das espécies (Figura 3).



FIGURA 3. Marcação e contagem das plantas daninhas presentes na imagem. **Marking and counting of weeds present in the picture.**

A quantidade de plantas encontradas na análise das imagens pontuais a 2 metros de altura com e sem a plataforma VANT foram divididas pela quantidade de plantas encontradas pelo método do quadrado de inventário, obtendo uma porcentagem de representação da quantidade de plantas obtidas nas imagens pontuais em relação ao método consolidado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A porcentagem de equivalência entre o método de estimativa por imagens pontuais a 2 metros de altura em relação ao quadrado de inventário está representado na Tabela 2.

TABELA 2. Porcentagem da equivalência entre o método de estimativa de plantas daninhas através de imagens pontuais a 2 metros de altura com o método do quadrado de inventário, em três situações com baixa, média e alta infestação de plantas. **Percentage of equivalence between the method for assessing weed through specific low height images with the square of inventory in three situations with low, medium and high infestation of plants.**

Repetição por amostra	Baixa Infestação		Média Infestação		Alta Infestação	
	Sem VANT	Com VANT	Sem VANT	Com VANT	Sem VANT	Com VANT
1	105%	96%	90%	86%	56%	51%
2	92%	90%	104%	104%	34%	42%
3	81%	75%	102%	98%	48%	37%
4	60%	55%	81%	79%	58%	44%
5	88%	79%	81%	77%	54%	44%
6	62%	67%	82%	88%	60%	56%
7	77%	72%	79%	74%	73%	55%
8	64%	59%	114%	123%	43%	45%
9	79%	71%	78%	94%	70%	79%
10	82%	86%	77%	73%	52%	44%
Média	79%	75%	89%	90%	55%	50%

Ao analisar a Tabela 2, em baixa infestação, há uma variação da representatividade, que traduz a dificuldade de classificar plantas com tamanho reduzido, que podiam ocorrerem tamanhos menores de 1 cm, no entanto, os valores são expressivos, demonstrando uma boa correlação com o método do quadrado de inventário (100%), dessa forma as plantas que se apresentaram estar em estágio de desenvolvimento superior ao nível de controle puderam ser identificadas. Já em média infestação, os valores são bastante representativos, chegando próximo ao ideal (100% - quadrado de inventário), mostrando que o método proposto pode ser aplicado em situações de média infestação. Em alta infestação, há uma grande variação e os valores ficam, geralmente, próximos a 50%

em relação ao quadrado de inventário. Apesar da grande diferença entre as contagens, nota-se certo padrão, onde os valores sempre estão próximos da quantidade média de plantas encontradas no levantamento pelo quadrado de inventário.

CONCLUSÃO: O uso de imagens pontuais a 2 m do solo com a plataforma VANT gerando deslocamento de ar possibilitou a quantificação de plantas nas ocorrências de baixa, média e alta infestação com 75, 90 e 50% de equivalência, respectivamente, em relação ao método convencional.

REFERÊNCIAS:

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madri: H. Blume, 1979. 820 p.

FONTES, J.R.A.; SHIRATSUCHI, L.S. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento:** levantamento florístico de plantas daninhas em lavoura de milho cultivada no cerrado de Goiás. Planaltina: EMBRAPA. 2005, 19 p. (v. 144)

LORENZI, H. **Plantas Daninhas do Brasil: Terrestre, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2008, 672 p.

RIZZARDI M. A.; FLECK N. G. Métodos de quantificação da cobertura foliar da infestação de plantas daninhas e da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.13-18, jan-fev, 2004.

USO DE UM SISTEMA AÉREO NÃO TRIPULADO PARA MONITORAMENTO DE BOVINOS EM PASTAGENS

RUBENS ANDRE TABILE¹, RAFAEL VIEIRA DE SOUSA², ARTHUR JOSE VIEIRA PORTO³,
RICARDO YASSUSHI INAMASU⁴

¹ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, tabile@usp.br

² Eng. Eletricista, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, rafael.sousa@usp.br

³ Eng. Mecânico, Prof. Titular, Depto. Engenharia Mecânica, EESC, USP, São Carlos – SP, ajvporto@sc.usp.br

⁴ Eng. Mecânico, Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP, ricardo.inamsu@embrapa.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: O setor agropecuário está cada vez mais multidisciplinar e diversas técnicas e procedimentos migram de uma área para a outra. O bem-estar animal é um tópico que cada gradativamente ganha atenção, tanto de membros da sociedade civil, como de empresas e produtores. Bem-estar animal é um termo que gera uma grande discussão na comunidade científica, pois o conceito pode ser definido de maneiras distintas. Geralmente está relacionado a três questões éticas. Primeira: animais não devem sentir medo e dor e podem ter experiências prazerosas. Segunda: devem ter suas necessidades fisiológicas e de comportamento atendidas. Terceira: podem viver e se desenvolver da maneira para a qual estão adaptados. Nesse sentido o objetivo desse trabalho é utilizar as informações do ambiente agropecuário obtidas por um sistema aéreo não tripulado, para melhorar as técnicas de manejo do gado no pasto. Os dados obtidos foram usados para contar os animais no pasto, sem a necessidade de realocá-los ou manipulá-los. Foram utilizadas duas técnicas, a de imagem única e a de múltiplas imagens obtidas com diferentes configurações de voo. Com a técnica de imagem única foi possível identificar os animais, mesmo quando esses estavam agrupados. Já com a utilização da técnica de múltiplas imagens, o processamento gerou imagens borradas, impossibilitando a identificação dos animais.

PALAVRAS-CHAVE: Bovinocultura, geoprocessamento, zootecnia de precisão.

USE OF AN UNMANNED AERIAL SYSTEM FOR CATTLE MONITORING IN PASTURES

ABSTRACT: Agricultural sector is increasingly multidisciplinary, and diverse techniques and procedures migrate from one area to another. Animal welfare is a topic that has been raising attention from both civil society and companies and producers. Animal welfare is a term that generates a discussion in the scientific community due to a multiplicity of definitions. This concept is usually related to three ethical issues. First, animals should not feel fear and pain and should be able to have pleasurable experiences. Second, they should have their physiological and behavioral needs met. Third, they can live and develop in the way they are adapted. Therefore, the aim of this research is to use informations of the agricultural environment, obtained by an UAS (unmanned aerial system), to improve livestock management techniques. The obtained data were used to count animals on pasture, without relocating or handling them. Two techniques were employed: the single-image and multiple-images, obtained with different flight configurations. The single-imaging technique enabled animals identification, even when they were grouped. On the other hand, when using the multiple –images processing method, blurred images were generated, making it impossible to identify the animals.

KEYWORDS: Cattle-raising, geoprocessing, precision animal husbandry.

INTRODUÇÃO: Cada vez mais setor agropecuário precisa avançar no uso de tecnologia e no uso de métodos de produção mais coerentes com a tecnologia disponível. Parte desse setor ainda usa técnicas tradicionais, que se baseiam mais em cultura popular do que em um método propriamente dito. É desejável que se busque a modernização do manejo, desde que feito de forma homogênea e não somente em pontos isolados. Este processo

passa pelo cuidado com bem-estar dos animais, onde parâmetros fisiológicos e de comportamento passam a ser considerados. Considerando a intercambialidade da tecnologia dentro das mais diversas áreas de produção, o UAS (Unmanned Aerial System – Sistema aéreo não tripulado) é um exemplo de técnica que passa ser usado no setor agropecuário.

Pesquisadores têm mostrado interesse crescente na utilização de UAS para diversos fins não militares. Eles são usados em aplicações florestais e agrícolas (SAARI *et al.*, 2011; RANGO *et al.*, 2006; YANG *et al.*, 2006; YE *et al.*, 2008; VIÑA *et al.*, 2011) tanto em culturas anuais como perenes, todos usando câmeras miniaturizadas embarcadas em plataformas UAS de baixo peso.

No que tange ao proposto por esse trabalho, o monitoramento de pastagens como o de animais a pasto é um possível uso para UAS. Trabalhos como o de GROOM *et al.*, 2013 usam imagens aérea para monitorar aves marinhas são um exemplo de aplicações de UAS para monitoramento de animais. Com relação ao manejo de rebanhos de gado de corte, uma preocupação que produtores enfrentam, e que abre a oportunidade para uso de UAS, é o desaparecimento dos animais, seja este causado por diversos motivos. Para monitorar o rebanho, periodicamente os animais são manejados no pasto até as instalações para que possa ser feita a contagem do rebanho, o que pode causar estresse. Além disso, dependendo da forma como o animal é manejado e da estrutura das instalações, esse manejo pode promover estresse ou injúrias nos animais, promovendo efeitos negativos sobre as questões relativas ao bem-estar animal ou qualidade da carcaça, no caso de bovinos de corte.

O presente trabalho tem como objetivo o uso de UAS para coletar imagens de uma área de pastejo que auxiliem no manejo dos sistemas de produção de bovinos à pasto. Os dados coletados, após processados, serão utilizados para mensurar manualmente o número de animais existentes na área. Serão avaliados vários parâmetros como: altitude de voo, resolução espacial, condição atmosférica, tamanho do piquete, taxa de ocupação, e método de geração de mapas. O projeto vai de encontro com uma necessidade desse setor e pretende-se verificar em que condições é possível obter dados confiáveis para contagem do número de animais em determinado rebanho.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado nas dependências da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP), situada na cidade de Pirassununga - SP. Foram utilizadas duas áreas com pastejo rotacionado cobertas com variedades braquiária (*Brachiária brizantha*). A área 1, possui aproximadamente 9,5 ha e fica localizada nas coordenadas geográficas latitude -21,9813 e longitude -47,4335. A área 2 possui aproximadamente 8,6 ha e fica localizada nas coordenadas geográficas latitude -21,9515 e longitude -47,4745. O gado é criado a pasto é da raça Nelore predominantemente, onde são divididos em lote de no máximo 200 animais jovens e adultos, sendo a manutenção dos animais e das áreas de pastejo de responsabilidade da prefeitura do campus da FZEA - USP. Nenhuma alteração no plano de manejo dos animais foi solicitada para realização dos ensaios.

Para a coleta de dados utilizou-se um UAS do tipo multirrotor com diâmetro de 450 mm, propelido por quatro motores, gerando *payload* (capacidade de carga) de 300 gramas, alimentado por uma bateria LiPo 14,8V - 8 Ah que possibilita um tempo de voo de aproximadamente 15 minutos. O planejamento da missão é feito por um conjunto de softwares/hardware e estão diretamente relacionados com sua FCU (*Flight Control Unit* - Unidade de Controle de Voo). Esse sistema é comumente chamado de *Ground Station* (Estação de Solo) e é composto por subsistemas de telemetria e registro, planejamento de missão, manobras automáticas, entre outros.

Os dados coletados são imagens no espectro visível, utilizou-se uma câmera compacta modelo GoPro Hero 3 Black. A câmera possui sensor de imagem visível tamanho 1/2,3", com abertura óptica de f/2.8, e resolução de até 4000 x 3000 pixels (12 MP), lente fixa com distancia focal de 3 mm, o que possibilita um campo de visão horizontal de 118 graus. A câmera foi fixada em um sistema de amortecimento e correção de orientação (*Gimbal*) e orientada perpendicularmente ao solo.

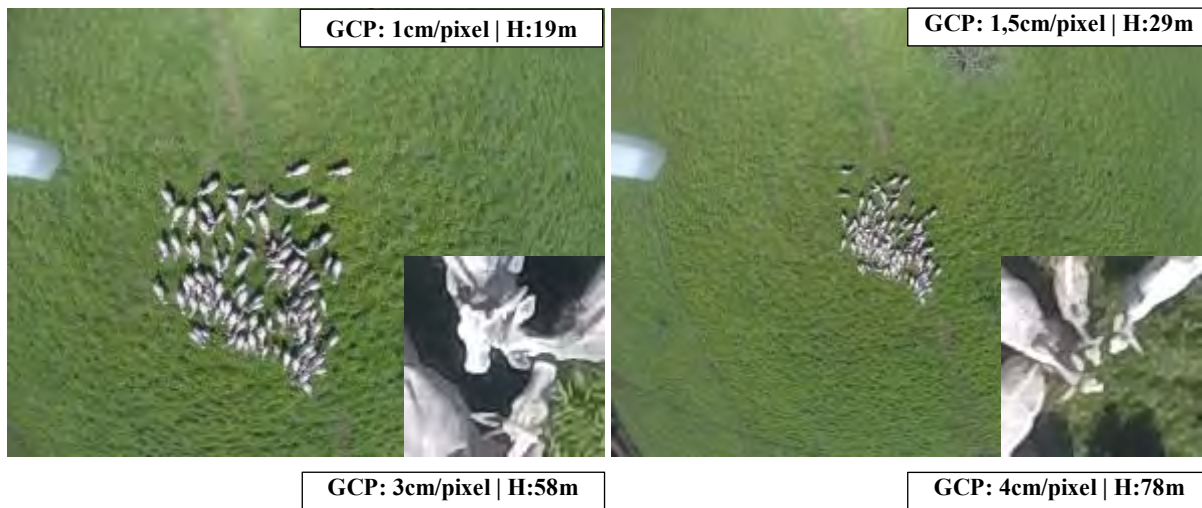
Dois modos de mapas foram avaliados, a diferença entre eles é o método como foram confeccionados, *imagem única* e *múltiplas imagens*. No primeiro método é utilizada somente uma imagem, com uma vista aérea vertical, obtida de tal forma que toda a área de interesse esteja visível. No segundo método são utilizadas múltiplas imagens de tal forma que somente parte da área a ser representada esteja visível em cada quadro. A vista total da área é feita pelo processamento e união dessas imagens por software.

Os parâmetros de voo foram definidos com base na resolução espacial ou GSD (*Ground Sample Distance*). O GSD representa o tamanho real, em unidade do terreno, que um determinado *pixel* representa em função da resolução da imagem. Por sua vez, o GSD depende da aplicação que será feita. Para este trabalho foram avaliados diferentes GSD's a fim de verificar sua influência nos resultados. No método *imagem única* a resolução espacial estará limitada a resolução da câmera e o tamanho do piquete, no método *múltiplas imagens*

houve uma diferença temporal entre cada uma das imagens, proporcional a velocidade com que o UAS se desloca sobre a área de pastagem. Pretende-se avaliar no primeiro cenário qual a resolução espacial mínima para que seja possível identificar os animais, no segundo caso pretende-se avaliar se o movimento dos animais durante o voo pode fazer com que unidades sejam contadas múltiplas vezes, ou não sejam contadas, e como o software vai processar essa movimentação. A velocidade de deslocamento horizontal foi de 3 m/s, definida por testes preliminares.

O processamento dos dados para a restituição fotogramétrica (área 2) foi realizado pelo software *Pix4Dmapper* (www.pix4d.com). O software identifica pontos homólogos nas imagens e as organizam de modo a construir uma região contínua. Para contagem dos bovinos foi utilizado o software ImageJ (imagej.nih.gov/ij/).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A coleta de dados foi realizada em diferentes alturas de voo a fim de verificar a influência dessa variável nos dados obtidos. Na área 1, foram coletadas imagens com GCP's de 1,0; 1,5; 3,0; 4,0; 5,0 e 6,0 cm/pixel, o que resultou, respectivamente, voos com altura em relação ao solo de 19; 29; 58; 78; 97 e 117 metros. Antes de descolar, a câmera foi programada no modo *time lapse* com intervalos de 0,5s. O disparo é feito de forma manual momentos antes da aeronave alçar voo. Após decolar, a aeronave foi posicionada sobre os animais na altura desejada, quando a altura era atingida a aeronave permanecia nesse ponto por 10 segundos posteriormente, era posicionada na altura seguinte, sucessivamente até todos os tetos de voo serem alçados. Na figura 1 são apresentados as imagens coletadas para cada altura de voo, em destaque são apresentados um recorde de 100 x 100 pixels a fim de se analisar a resolução da imagem. Em todos os casos foi possível identificar os animais, sendo contados 99 bovinos. Entretanto, quando o GCP for superior a 4 cm/pixel, dependendo do agrupamento e tamanho dos animais, condições de luminosidade e foco da imagem, pode ocorrer confusões. Na imagem onde o GCP foi de 4 cm/pixel a área visível (desconta-se as bordas da imagem pois essas sofrem grande distorção) possui aproximadamente 2,1 ha. Na área 2 utilizou-se a técnica de mosaicamento para gerar uma imagem única da área. Baseado nos resultados obtidos na área 1, foram coletadas imagens com GCP's de 1,0; 1,5; 3,0 e 4,0cm/pixel, respectivamente 19; 29; 58; 78 metros do solo. Porém, a movimentação dos animais prejudicou a análise das imagens. O que se observou foi o surgimento de linhas desfocadas e fantasmas, isso impossibilita a identificação dos animais. Isso é devido ao movimentos dos animais entre a coleta de uma imagem e outra.



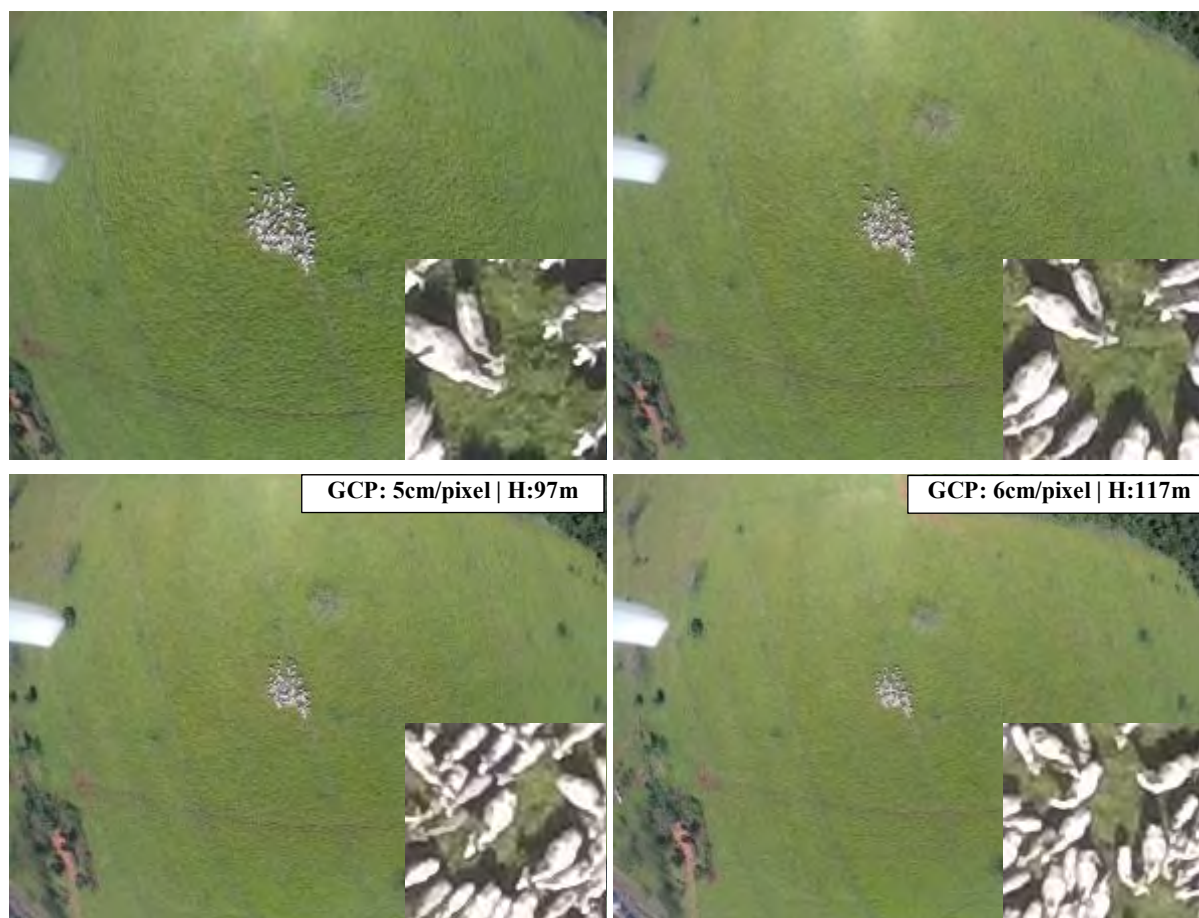


Figura 1. Imagens coletadas da área 1

Percebe-se que a movimentação dos animais, assim como já se previa, inviabiliza o uso de mosaicamento para identificação de objetos moveis, seja ele qual for. Para esses casos a solução é optar por uma imagem única assim como mostrado na figura 1 dessa maneira os animais são de fácil identificação, o que reduz a possibilidade de erro no sistema, possibilitando trabalhar com um GCP de até 4 cm/pixel, se os animais estiverem adensados e, 6 cm/pixel caso estejam espalhados. Recomenda-se coletar imagens próximo ao meio dia para evitar sombras no solo, o que dificulta a identificação de objetos. Além disso garante-se uma boa luminosidade o que influencia na nitidez e nas cores das imagens.

CONCLUSÃO: A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o UAS é alternativa eficiente para identificação de bovinos no pasto, entretanto o uso de técnicas de mosaicamento para esse fim não gerou resultados satisfatórios. A movimentação dos animais impede que o sistema os identifique de forma nítida e acabam ficando marcados por borrões. O ideal é a utilização de uma imagem única, com GCP de até 4 cm/pixel. Recomenda-se coletar imagens próximo ao meio dia para evitar sombras e garantir uma boa luminosidade o que influencia na nitidez das cores das imagens. Uma possível aplicação futura é o processamento autônomo na imagem, onde a contagem seja feita de forma automática.

REFERÊNCIAS:

GROOM, G.; STJERNHOLM, M.; NIELSEN, R.D.; FLEETWOOD, A.; PETERSEN, I.K. Remote sensing image data and automated analysis to describe marine bird distributions and abundances. **Ecological Informatics**, v.14, n.0, 3//, p.2-8. 2013.

RANGO, A.; LALIBERTE, A.; STEELE, C.; HERRICK, J.E.; BESTELMEYER, B.; SCHMUGGE, T.; ROANHORSE, A.; JENKINS, V. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials. **Environ. Pract.**, v.8, n.3, p.159-168. 2006.

SAARI, H.; ANTILA, T.; HOLMLUND, C.; MÄKYNEN, J.; K. OJALA, H.T.; PELLIKKA, I.; TUOMINEN, S.; PESONEN, L.; HEIKKILÄ, J. **Unmanned Aerial Vehicle (UAV) operated spectral camera system for forest and agriculture applications**. Proc. SPIE 8174, 2011. p.

VIÑA, A.; GITELSON, A.A.; NGUY-ROBERTSON, A.L.; PENG, Y. Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. **Remote Sensing of Environment**, v.Article in Press, n.0. 2011.

YANG, C.H.; EVERITT, J.H.; BRADFORD, J.M. Comparison of QuickBird satellite imagery and airborne imagery for mapping grain sorghum yield patterns. **Precision Agriculture**, v.7, n.1, Mar, p.33-44. 2006.

YE, X.; SAKAI, K.; SASAO, A.; ASADA, S.-I. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.90, n.2, p.132-144. 2008.

VARIABILIDADE ESPACIAL DA ACIDEZ POTENCIAL E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEJJOEIRO COMUM IRRIGADO

MATHEUS B. SOARES¹; ONÁ da S. FREDDI²; RENAN R. TAVANTI³; CLAUDEMIR S. de OLIVEIRA⁴; FLÁVIO J. WRUCK⁵

¹ Engº Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFMT, Sinop – MT, Fone: (66) 99939-3496, matheus_2525@hotmail.com

² Engº Agrônomo, Prof. Doutor, UFMT, Sinop – MT.

³ Engº Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFMT, Sinop – MT.

⁴ Engº Agrônomo, UFMT, Sinop – MT.

⁵ Engº Agrônomo, Pesquisador, EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop-MT.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O feijoeiro comum é cultivado em todas as regiões do país apresentando grande importância econômica e social, sendo o Mato Grosso o segundo maior produtor de feijão de segunda safra, devido essa grande importância é necessário determinar os atributos químicos do solo que afetam a produtividade e escolher qual a cultivar que melhor se adéqua nessas condições. Diante disso, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da acidez potencial e a produtividade de quatro cultivares de feijoeiro irrigado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, utilizando técnicas de geoestatística. O experimento foi desenvolvido no município de Sorriso, norte do Estado de Mato Grosso. Os tratamentos desse experimento foram quatro cultivares de feijão, sendo elas BRS Estilo (T1), BRS Notável (T2), BRS Ametista (T3) e BRS Pérola (T4). Para isso adotou-se uma malha retangular, contendo 83 pontos amostrais, totalizando uma área de 9900 m², nos quais determinou-se os atributos de planta e de solo. Os procedimentos estatísticos utilizados foram a análise descritiva, estatística clássica, de correlação e análise geoestatística. A produtividade da planta e acidez potencial do solo apresentaram dependência espacial moderada, com elevada variabilidade espacial, o aumento dos teores de acidez potencial no solo gerou redução na produtividade. A cultivar que mais produziu no experimento foi a BRS Pérola.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., H+Al, geoestatística.

SPATIAL VARIABILITY OF ACIDITY POTENTIAL AND BEAN CULTIVARS PRODUCTIVITY JOINT IRRIGATION

ABSTRACT: The common bean is grown in all regions of the country showing great economic and social importance, and the Mato Grosso's second largest second harvest bean producer, because of this importance it is necessary to determine the soil chemical attributes that affect productivity and choose which the plant variety that best fits these conditions. The research objective was to evaluate the spatial variability of potential acidity and the productivity of irrigated four bean cultivars in a Red-Yellow Latosol, using geostatistical techniques. The experiment was conducted in the municipality of Sorriso, north of Mato Grosso. Treatments of this experiment were four bean cultivars, and they BRS Style (T1), BRS Outstanding (T2), BRS Amethyst (T3) and BRS Pearl (T4). For this we adopted a rectangular grid containing 83 sampling points, totaling an area of 9900 m², in which it was determined the attributes of plant and soil. The statistical procedures used were the descriptive analysis, classical statistics, correlation and geostatistical analysis. The productivity of the plant and potential soil acidity had moderate spatial dependence, with high spatial variability, increased potential acidity levels in the soil generated a reduction in productivity. Cultivar that most produced in the experiment was the BRS Pearl.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., H+Al, geostatistics.

INTRODUÇÃO: O feijoeiro comum é cultivado em todas as regiões do país apresentando grande importância econômica e social. De acordo com os valores divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB,

2015), na safra de 2014-15, o feijão representou o quinto granífero mais produzido, ficando atrás apenas da soja, do milho, do arroz e do trigo. A área de feijão das três safras no Brasil está estimada para este nono levantamento em 3,09 milhões de hectares, o que configura um decréscimo de 8,1% em relação à safra passada. Esse aumento na produtividade se deve a escolha da melhor cultivar, qualidade da semente, disponibilidade de água, espaçamento entre fileiras, número de sementes por metro, época de plantio e profundidade em que são colocadas as sementes. Entretanto mesmo em locais onde há boa disponibilidade de água, existe outros fatores que limitam sua produção, sendo um deles os solos de caráter ácido e de baixa fertilidade, fazendo-se necessário um eficiente manejo da fertilidade na produção desta cultura (EMBRAPA, 2003) a fim de obter grandes produtividades e como consequência ter um grão com uma melhor qualidade nutricional. Neste contexto, o estudo da variabilidade espacial dos atributos torna-se particularmente importante, pois o sistema de preparo ou manejo do solo não é uniforme em toda área, adicionando variabilidade num sistema que já é naturalmente desuniforme, devido à ação característica dos fatores de formação do solo (CARVALHO et al., 2003). Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da acidez potencial e a produtividade de quatro cultivares de feijoeiro irrigado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, utilizando técnicas de geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na fazenda Vitória, localizada no município de Sorriso, norte do Estado de Mato Grosso, situada nas coordenadas geográficas 12° 33' 31" S e 55° 42' 51" O, com altitude média de 386 metros. O clima da região é tropical quente e úmido, (Aw, segundo classificação de Köppen), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma chuvosa (de outubro a abril) e outra seca (de maio a setembro) e pela temperatura média anual de 30° C. A precipitação anual fica em torno de 2000 mm, sendo 85% distribuídos entre os meses de outubro à março. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, de textura média, com valores de 705 g.kg⁻¹ de areia, 74 g.kg⁻¹ de silte e 221 g.kg⁻¹ de argila com teor médio de matéria orgânica igual a 23,9 g.kg⁻¹. Os tratamentos foram constituídos por quatro cultivares de feijão, sendo elas BRS Estilo (T1), BRS Notável (T2), BRS Ametista (T3) e BRS Pérola (T4). Para isso adotou-se uma malha retangular, sendo constituída de 4 linhas e 12 colunas, contendo 48 pontos amostrais, espaçados de 20 em 20 m no eixo x e 15 em 15 metros no eixo y, totalizando uma área de 9900 m². Além disso, foram alocados dentro da grande malha mais 35 pontos de refinamento, visando detalhar o estudo da dependência espacial dos dados para espaçamento entre pontos menores do que 20 m. Somando-se os pontos da grande malha e os de refinamento o total foi de 83 pontos amostrais, estes sendo alocados no campo com auxílio de um teodolito digital. Os dados foram então submetidos à análise geoestatística, com auxílio do programa R e constituiu-se da modelagem dos semivariogramas realizado pelo método dos mínimos quadrados ordinários e como critério para avaliação da dependência espacial. O critério final de decisão do modelo de semivariograma e do número de vizinhos usados na predição foi o melhor ajuste obtido pela validação cruzada. Uma vez ajustados os semivariogramas, realizou-se a krigagem ordinária dos dados e a geração dos mapas de contorno, sendo os valores representados em cinco contornos com intervalos equidistantes. A produtividade de grãos (PG) foi representada pela massa de grãos contidos em duas linhas de 3 m, no entorno de cada ponto amostral, corrigindo-se a umidade para 13% e transformando-se para a área de um hectare. A extração da acidez potencial do solo (H+Al) foi obtida através do extrator acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato (EMBRAPA, 1997). Os métodos estatísticos realizados foram, análise descritiva dos dados para estudo explanatório, após a identificação dos *outliers*, verificou-se a normalidade pelo teste de Shapiro Wilk (p<0,05), realizou-se posteriormente o teste Tukey (p<0,05) para as variáveis significativas. E por fim, os dados foram submetidos à análise geoestatística, a qual constituiu-se da modelagem dos semivariogramas e interpolados por krigagem ordinária para elaboração de mapas de contorno com intervalos equidistantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva encontram-se na Tabela 1, onde se observa que, para todos os atributos, os valores das medidas de tendência central ficaram bem próximos, indicando distribuição simétrica, confirmada pelos valores de simetria próximos de zero. Todos os atributos apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro e Wilk (p<0,05). Analisando a variabilidade, por meio do coeficiente de variação (CV), constatou-se que, acidez potencial e produtividade apresentaram média e alta variação, de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002), de baixa para CV < 10%; média entre 10 e 20 %; alta para CV entre 20 e 30%; e muito alta, se o CV > 30%. A maior variação observada foi para PG, justificada por sua maior amplitude total. Para a análise de correlação verificou-se valor de r = -

0,32(P<0,01), evidenciando a presença de correlação linear entre essas duas variáveis. A correlação negativa de H+Al com a PG demonstra que o aumento da acidez potencial gerou redução na produtividade.

TABELA 1. Análise descritiva inicial da produtividade das cultivares de feijão e acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico da Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Initial descriptive analysis of the productivity of bean cultivars and potential acidity of a Red-Yellow Latosol Farm Victoria, Smile-MT, 2016.**

Variáveis ^(a)	Medidas Estatísticas Descritivas									
	Valor ^(b)					Coeficiente ^(c)			Prob. ^(d)	
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	S	Var. (%)	Curtose	Ass.	Pr<w	DF
PG	1,815	1,781	700	3,044	575,60	31,71	-0,89	0,01	0,10	NO
H+Al	5,40	5,28	3,46	7,70	0,92	17,10	-0,48	0,28	0,45	NO

^(a)PG: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); H+Al: acidez potencial do solo; ^(b)S: Desvio Padrão; ^(c)Var: Variação; ^(d)Prob: Probabilidade referente ao teste de normalidade; DF: distribuição de frequências, sendo NO do tipo normal.

De acordo com Matsumoto et al. (1976) isso ocorre devido o H+Al estarem ocupando as cargas do solo que poderia estar sendo ocupada por bases, limitando o desenvolvimento radicular e como consequência reduzindo o crescimento da planta. Já Zhang & Taylor (1991) explicaram que isso ocorre devido o alumínio se ligar aos componentes da parede celular, fazendo com que reduza a divisão celular e a planta não se desenvolva. Os resultados da análise geoestatística, indicam que PG e H+Al apresentam dependência espacial moderada, ajustando-se, com base nos critérios pré-estabelecidos, o modelo esférico e exponencial para alcance de 92,70 e 21,13 m, respectivamente. Sendo o modelo de ajuste de semivariograma escolhido conforme melhores valores obtidos na validação cruzada.

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade e acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob plantio de quatro cultivares de feijão. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Semivariogram parameters adjusted for productivity and potential acidity of a Red-Yellow Latosol planting four bean cultivars. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste									
	Mod ¹	Co	Co+C	Ao ²	SQR ³	r ²	ADE ⁴	Validação cruzada		
								a	b	r
PG	esf	126900	395100	92,70	0,60	2,81E+10	MD	74,06	0,96	0,64
H+Al	gau	0,38	0,90	21,13	0,41	0,10	MD	0,28	0,94	0,40

^(a)PG: Produtividade de grãos de feijão (Mg ha⁻¹); H+Al: acidez potencial (cmol_c dm⁻³). ^(b) esf: esférico; gau: gaussiano; C0, C0+C e Ao são respectivamente: efeito pepita, patamar e alcance; ⁴SQR: soma dos quadrados dos resíduos. ⁵ ADE: avaliador de dependência espacial, sendo FD: fraca dependência, MD: média dependência, FTD: forte dependência espacial.

A comparação das médias de produtividade dos cultivares de feijão (TABELA 3), demonstra que entre os tratamentos, a cultivar BRS Pérola se sobressaiu em relação às outras cultivares. Observa-se que a cultivar BRS Pérola, obteve valor superior à média no Estado do Mato Grosso, que foi de 2,22 Mg ha⁻¹ na safra de 2015/2016 (CONAB, 2016).

TABELA 3. Comparação de médias de produtividade de cultivares de feijão de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com quatro cultivares de feijão. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Mean comparison bean cultivars productivity of an Oxisol cultivated with four bean cultivars. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

Tratamentos ⁽¹⁾	PG
BRS Estilo	1,952 ^b
BRS Notável	1,782 ^b
BRS Ametista	1,342 ^c
BRS Pérola	2,400 ^a

⁽¹⁾ Cultivares de feijoeiro avaliados a campo, sendo respectivamente Estilo, Notável, Ametista e Pérola. ⁽²⁾ PG: Produtividade de grãos (Mg/ha). As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Podem-se verificar pelos mapas uma grande amplitude nos atributos estudados e a influência da acidez potencial sobre a produtividade das cultivares de feijoeiro. O maior valor de PG é encontrado na porção direita da área, enquanto que a acidez potencial se concentrou em três manchas, localizadas mais na porção central, a maior parte da área apresenta valores de H+Al variando entre 4,22 a 5,31 cmol_c dm⁻³. A produtividade obteve distribuição semelhante, com maior proporção da área com valores entre 1,102 e 1,768 Mg ha⁻¹.

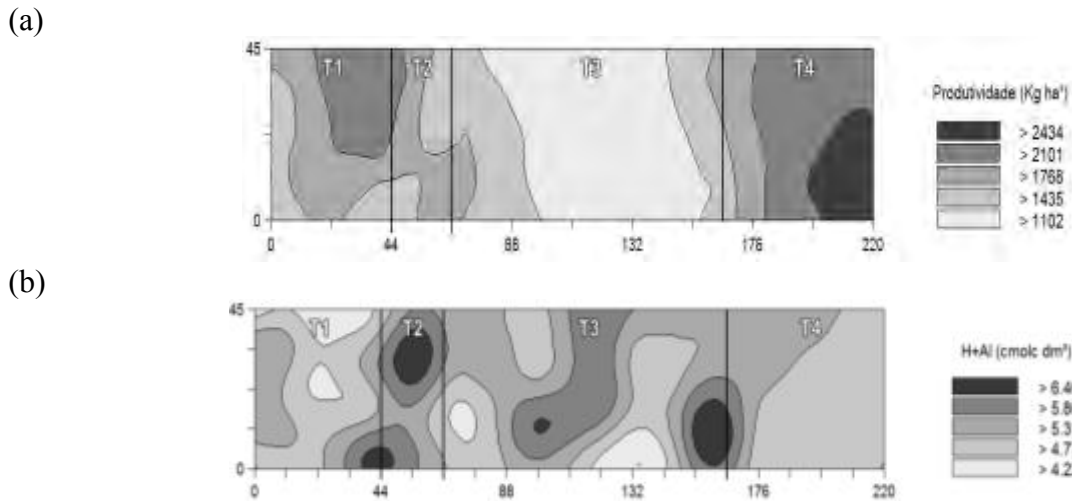


FIGURA 1. Mapas de Krigagem para (a) produtividade de grãos e (b) acidez potencial do solo, de quatro cultivares de feijão comum cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, onde T1: Estilo, T2: Notável, T3: Ametista e T4: Pérola. **Kriging maps (a) grain yield and (b) soil acidity potential, four common bean cultivars grown in Oxisol. Farm Victoria, Sorriso-MT, where T1: Style, T2: Remarkable, T3: Amethyst and T4: Pearl.**

CONCLUSÃO: A produtividade da planta e acidez potencial do solo apresentaram dependência espacial moderada, com elevada variabilidade espacial, o aumento dos teores de acidez potencial no solo gerou redução na produtividade. Dentre as cultivares a que mais produziu foi a BRS Pérola.

REFERÊNCIAS: CARVALHO, M. de P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. da S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n. 4, p. 695-703, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos safra 2012/13, nono levantamento, junho 2015.** Brasília, 2015. 109 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, decimo levantamento,** Julho 2016. Brasília, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Feijoeiro Comum.** Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

PIMENTEL-Gomes, F.; GARCIA, C. H.; **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais.** Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

MATSUMOTO, H.; HIRASAWA, F.; TORIKAI, H.; TAKAHASHI, E. Localization of absorbed aluminium in pea root and its binding to nuclei acid. *Plant Cell Physiology*, Kyoto, v.17, n.1, p.627-631, 1976.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 618 p.

AVALIAÇÃO DOS ERROS DE PARALELISMO DE CONJUNTOS MECANIZADOS UTILIZANDO SISTEMA DE CORREÇÃO VIA SATÉLITE

BRUNA P. PASSALAUQUA¹, JOSÉ V. SALVI², JOSÉ P. MOLIN³, MARCOS S. SATO⁴, EDINEI MANARIN⁴

¹Tecnóloga em Mec. em Agricultura de Precisão, Pós-graduanda, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, bpassalauqua@usp.br

²Engº Agrônomo, Professor, FATEC “Shunji Nishimura”, Pompéia-SP, josevitorsalvi@gmail.com

³Engº. Agrícola, Professor Associado, Depto de Eng. de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, jpmolin@usp.br

⁴Acadêmicos em Mec. em Agricultura de Precisão, FATEC “Shunji Nishimura”, Pompéia-SP, marcos_sato26@hotmail.com; e.manarin@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Equipamentos e recursos de auxílio ao operador para percorrer percursos pré-determinados ou paralelos tem evoluído sensivelmente. Neste contexto, correções diferenciais de sinal de Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) via satélite representam praticidade por não necessitarem de GNSS base ou repetidoras para multiplicação do sinal. O objetivo deste trabalho é avaliar os erros de paralelismo de um conjunto trator e implemento durante o plantio de cana-de-açúcar utilizando sistema de direcionamento automático hidráulico com o uso de sistema de correção diferencial via satélite. Foram utilizadas duas áreas com linhas de plantio previamente projetadas e um trator equipado com sistema de direcionamento automático e correção via satélite pelo qual foram armazenados os dados de posicionamento. Os erros foram calculados pela diferença perpendicular entre as coordenadas da posição da antena no trator e da referência. Verificou-se que em trajetos retilíneos, 99,2% dos dados encontram-se dentro da meta do produtor (erro abaixo de 0,10 m), enquanto que em trajetos em curva, a frequência de dados na meta é reduzida para 97,2%. Em trajetos retilíneos, os erros se localizam ao longo do percurso do conjunto trator-máquina, enquanto que em trajetos curvos, as maiores frequências de valores elevados encontram-se nos setores com menores comprimentos de fileiras e na região do talhão com maior declividade.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, plantio, sistema de direção automática

EVALUATION OF PARALLELISM ERRORS OF MECHANIZED SETS USING SATELLITE SYSTEM CORRECTION

ABSTRACT: Equipment and aid resources to the operator to go through pre-determined or parallel paths has evolved significantly. In this context, differential satellite corrections of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) signal are practical as they do not need GNSS base or repeaters for signal multiplication. The objective of this study is to evaluate the parallelism errors of a tractor and implement set for planting sugarcane using integrated automatic guidance system using satellite differential correction system. A tractor was equipped with automatic guidance system and satellite correction in two areas with previously projected rows, where data was collected. The errors were calculated by the difference between perpendicular antenna position on tractor and reference. The results show that in straight paths, 99.2% of the data lie within the target (error below 0.10 m), while in curved paths it drops to 97.2%. In straight paths, errors are located along the field, while in curved paths, the highest frequency of high values are in sectors with shorter lengths of rows and plot the region with the highest slope.

KEYWORDS: precision agriculture, planting, automatic guidance system

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é uma gramínea com alta relevância na economia brasileira por ser fornecedora de matéria prima para produção de etanol e açúcar. De acordo com Borba & Bazzo

(2009), 24% do custo de implantação de lavouras de cana-de-açúcar no estado de São Paulo se deve ao plantio mecanizado. O fato de ser uma cultura semi perene faz com que o plantio seja um fator de extrema importância, já que falhas que venham ocorrer durante esta operação representam vários anos consecutivos do comprometimento da produtividade (FERREIRA et al., 2008). Com o aumento do desenvolvimento tecnológico na agricultura, visando facilitar a vida do usuário, melhorar a qualidade das operações agrícolas e uma maior dinamização dos processos, houve um crescimento da adoção de técnicas relacionadas à agricultura de precisão (BAIO & MORATELLI, 2011). Equipamentos e recursos de auxílio ao operador para percorrer percursos pré-determinados ou paralelos tem evoluído sensivelmente. Neste contexto, as correções diferenciais são necessárias e estão disponíveis no mercado basicamente pelos sistemas de correção diferencial tipo RTK (Real Time Kinematic) e pelos sinais de correção diferencial distribuídos via satélite. Carballio et al. (2014) observaram o comportamento de um trator autônomo em percursos retilíneos comparando o uso de sinais de GNSS com correção diferencial RTK e via satélite. Os dados adquiridos mostraram que os erros para o uso de correção RTK não foram superiores a 0,04 m, enquanto que com a correção distribuída via satélite os erros não superaram os 0,10 m. Já o trabalho realizado por Salvi et al. (2014), mostrou por um conjunto trator-transbordo, direcionado por atuador elétrico-mecânico e correção diferencial via satélite, que os erros médios de paralelismo foram inferiores a 0,10 m. Observou-se com isso a necessidade de compreender e quantificar os erros de paralelismo de um conjunto trator e equipamento, considerando o tipo de correção diferencial utilizada. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os erros de paralelismo de um conjunto trator e máquina durante o plantio utilizando sistema de direcionamento automático integrado com o uso de um sinal comercial de correção diferencial via satélite.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em duas áreas distintas de produção de cana-de-açúcar, localizadas no leste do estado de São Paulo, com solo predominantemente argiloso e a produtividade média para primeiro corte de 150 Mg ha⁻¹. As coletas de dados ocorreram durante os meses de maio/2015 e junho/2016, não sendo observadas atividades solares expressivas durante os períodos de avaliação, que poderiam afetar os resultados. As áreas utilizadas tinham 83,04 ha (área 1), e 109,14 ha (área 2), as quais tiveram todas as suas linhas de plantio previamente projetadas a partir do levantamento topográfico e do estudo detalhado do terreno, onde contemplaram percursos retos e curvos. O trator utilizado foi um modelo 7225J (John Deere, Montenegro, Brasil), com 165 kW, o qual possuía o sistema de direcionamento automático hidráulico modelo AutoPilot (Trimble, Sunnyvale, EUA), com um receptor GPS AgGPS 262 e um terminal controlador modelo AgGPS NavController II, com correção via satélite comercializada pela mesma empresa, chamado RTX[®]. O fabricante indica que esta correção possui erro horizontal de 0,038 m em 95% do tempo, todavia, esse erro é diagnosticado de modo estático. A taxa de aquisição de dados foi de aproximadamente um ponto a cada 3 m, sendo que a velocidade de plantio foi de 1,67 ms⁻¹ (6 km h⁻¹). Todos os procedimentos de configuração e calibração do sistema de direção automática foram realizados de acordo com a recomendação do fabricante. Na área 1 a máquina utilizada foi uma carreta sulcadora e distribuidora de torta de filtro, a qual realiza a sulcação de duas fileiras de cana com a distribuição simultânea de adubo e torta de filtro dentro do sulco de plantio (DMB, Sertãozinho, Brasil) acoplada ao engate de três pontos do trator. Na outra área foi utilizado um sulcador de duas fileiras de cana (DMB, Sertãozinho, Brasil), também acoplada ao engate de três pontos do trator. Todas as regulagens das máquinas foram realizadas de acordo com a recomendação do fabricante. O sistema de direção automática era engatado no início de cada uma das linhas. Os dados obtidos foram selecionados de forma que apenas linhas contínuas fossem processadas. O processamento dos dados, as análises e a exportação foram realizadas pelos programas AutoCAD (Autodesk, San Rafael, EUA) e QGIS (Open Source Geospatial Foundation, Beaverton, EUA). Os erros de paralelismo (desvios) do eixo dianteiro do trator foram avaliados pela diferença da distância ortogonal entre os pontos de posição das antenas, no centro do trator e a linha referência originada quando do projeto da sulcação, utilizando um algoritmo desenvolvido por Spekken et al. (2014). Os erros de paralelismo foram analisados por estatística descritiva, obtendo-se o erro médio, mediana e o desvio padrão (σ) e foram comparados à meta de erro do produtor (0,10 m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram os erros de paralelismo para cada uma das áreas estudadas para percursos retilíneos e em curvas. Já a Figura 1 mostra os histogramas das frequências dos dados e sua distribuição espacial nas áreas em estudo. A partir dos dados apresentados é possível observar que as médias diferem pouco entre si, apresentando valores médios de 0,021m para a área 1, de trajeto retilíneo, e de 0,032m para a área 2, de trajeto em curva. Os coeficientes de variação ficaram em torno de 95% e

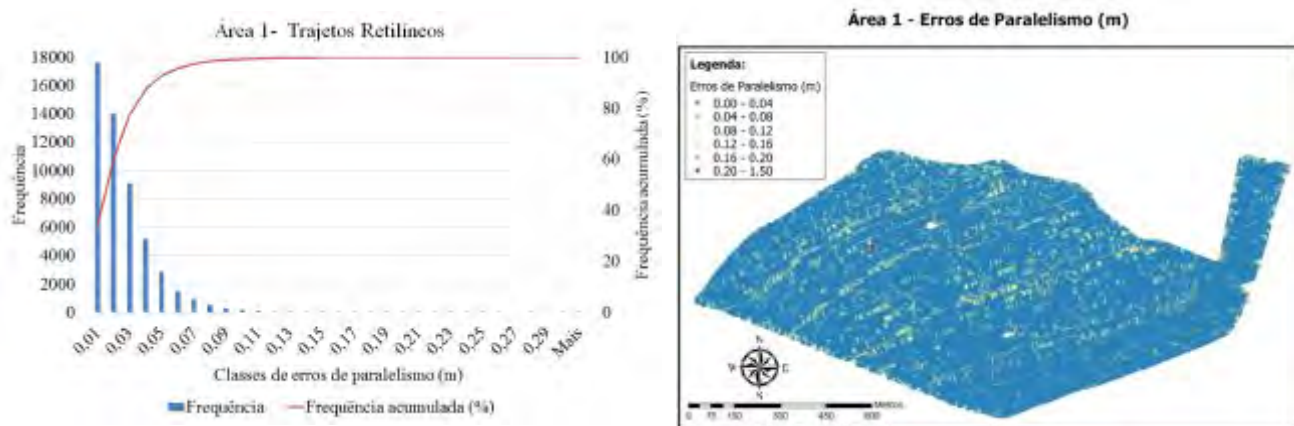
90%, respectivamente. Os resultados não foram superiores aos encontrados por Salvi et al. (2014), que para o mesmo tipo de correção diferencial via satélite, porém, utilizando atuador elétrico-mecânico. Os valores médios não foram superiores a 0,10m. Trabalho realizado por Baio (2012), mostra, que em colheita de cana-de-açúcar, utilizando atuador hidráulico e correção com sistema RTK, os erros médios encontrados oscilaram entre 0,02 e 0,05m.

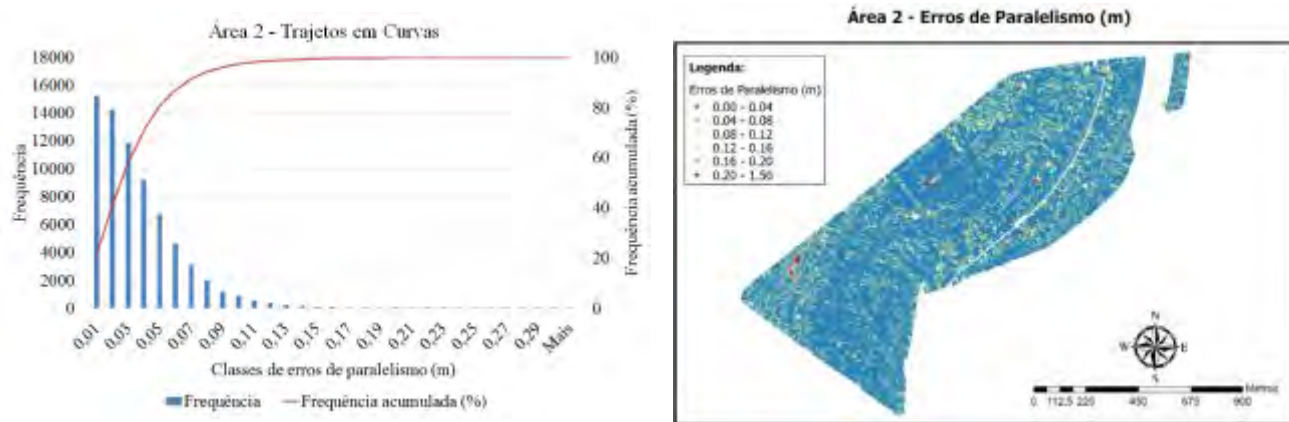
TABELA 1. Resultado dos erros de paralelismo encontrados para percursos retilíneos (área 1) e em percursos em curvas (área 2). **Result errors between rows found for straight paths (area 1) and curves paths (area 2).**

Variáveis	Área 1	Área 2
	Percurso retilíneo	Percurso em curva
Área (ha)	83,04	109,14
Número de pontos	52.575	71.233
Densidade Amostral (pontos ha ⁻¹)	633,13	652,67
Erro Mínimo (m)	0,000	0,000
Erro Máximo (m)	0,727	0,688
Erro Médio (m)	0,021	0,032
Desvio Padrão (σ) (m)	0,020	0,029
Coefficiente de Variação (%)	95,23	90,62
Erro Médio + 1 σ (m)	0,041	0,061
2 σ (m)	0,040	0,058
Erro Médio + 2 σ (m)	0,061	0,090

Os histogramas da Figura 1 mostram que para as duas áreas, as maiores ocorrências de erros no paralelismo encontram-se na classe entre 0,01 e 0,02m. Os produtores de cana-de-açúcar desta área específica, consideram que os erros de paralelismo aceitáveis não devem ultrapassar 0,10 m, evitando problemas nas demais operações que sucedem o plantio. Os erros observados no trator quando comparados com a trajetória projetada, na média, para a área 1, estão dentro do aceitável. Quando observada a área 2, onde ocorre a mudança de percurso realizado, os erros se elevam em torno de 52%, porém continuam dentro da média aceitável. Analisando o conjunto de dados com a meta do produtor, verifica-se que em trajetos retilíneos, 99,2% dos dados encontram-se dentro da meta do produtor, enquanto que em trajetos em curva, a frequência de dados na meta é reduzida para 97,2%. Isto implica que para as duas áreas, com os dois tipos de trajetos analisados, os valores encontrados para 2 σ (95,4% dos dados) estão dentro limite aceitável do produtor.

FIGURA 1. Frequência, frequência acumulada e distribuição espacial de erros de paralelismo para cada uma das áreas estudadas. **Frequency, cumulative frequency and especial distribution errors between rows for each of the areas studied.**





Na área 1, verifica-se que a maior frequência de valores elevados de erros (acima de 0,1m) não se encontram em regiões específicas, e se localizam ao longo do percurso do conjunto trator-máquina, enquanto que na área 2, as maiores frequências de valores elevados encontram-se no setor inferior esquerdo do talhão, onde estão os menores comprimentos de fileiras, e no setor direito do talhão que está na região de menor declividade. Baio et al. (2015) mostram que fatores de interação da máquina com o solo como textura do solo, nível de rugosidade do terreno, inclinação do terreno interferem na acurácia obtida.

CONCLUSÃO: Os erros médios encontrados para os trajetos retilíneos e em curva estão dentro da meta do produtor, em 99,2% e 97,2%, respectivamente. Em trajetos retilíneos, os erros se localizam ao longo do percurso do conjunto trator-máquina, enquanto que na área 2, as maiores frequências de valores elevados encontram-se nos setores com menores comprimentos de fileiras e na região do talhão com maior declividade

AGRADECIMENTOS: A empresa P&P Planejamento Agrícola por ceder os dados para realização do projeto.

REFERÊNCIAS:

- BAIO, F.H.R. Evaluation of an auto-guidance system operating on a sugar cane harvester. **Precision Agriculture**, v.13, n.1, p.141-147, 2012.
- BAIO, F.H.R.; LEAL, J.C.; CAMPANELLI, V.P.C. Agricultura de Precisão: casos e aplicações em AP na produção de cana-de-açúcar. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. 1 ed. Jaboticabal: SBEA, 2015. p.445-455.
- BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 367-375. 2011.
- BORBA, M. M. Z.; BAZZO, A. M. Estudo econômico do ciclo produtivo da cana-de-açúcar para reforma de canavial, em área de fornecedor do estado de São Paulo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: 2009.
- CARBALLIDO, J.; PEREZ-RUIZ, M., EMMI, L., AGUERA, J. Comparison of positional accuracy between RTK and RTX GNSS based on the autonomous agricultural vehicles under field conditions. **Applied Engineering in Agriculture**, v.30, n.3, p.361-366, 2014.
- FERREIRA, M. da C.; WERNECK, C. F.; FURUHASHI, S.; LEITE, G. J. Tratamento de toletes de cana-de-açúcar para controle da podridão-abacaxi em pulverização conjugada. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 2, p. 263-273, 2008.
- SALVI, J. V.; MOLIN, J. P.; CASARIN JÚNIOR, R. D.; SANTOS, G. N. dos; SPEKKEN, M. Avaliação dos erros de paralelismo de um conjunto colhedora e trator-transbordo de cana de açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO 2014, 2014, São Pedro, **Anais...** São Pedro: 2014.
- SPEKKEN, M.; SALVI, J. V.; MOLIN, J. P. A method to evaluate paralelism for machine logged positions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND ASSOCIATED HIGH-TECHNOLOGIES AND EQUIPAMENT FOR AGRICULTURE AND FORESTRY (RHEA), 2., 2014, Madri. **Anais...** Madri: 2014. p. 227-237.

CAPACIDADE OPERACIONAL DE ARRANQUIO-ENLEIRAMENTO DE AMENDOIM EM DIFERENTES TIPOS DE MANOBRAS

JOSE V. SALVI¹, FLÁVIO H.L.LEIVA², PAULO H. GRECHI², BRUNA P. PASSALAUQA³

¹Engenheiro Agrônomo, Professor Fatec “Shunji Nishimura”, Pompeia - SP, (14) 3452-1294; josevitorsalvi@gmail.com

²Acadêmicos em Mec. Agricultura de Precisão Fatec “Shunji Nishimura”, Pompeia -SP, flavio.licorio@gmail.com; PH_grechi@hotmail.com

³Tecnóloga em Mec. Agricultura de Precisão, Pós-graduanda, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, bpassalauqa@usp.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A colheita do amendoim é realizada em duas etapas: arranquio-enleiramento e recolhimento-batedura. O arrancador-enleirador é acoplado em trator e o mesmo pode ser equipado com sistema de direcionamento automática, cuja tecnologia pode facilitar as manobras no campo. O estudo das manobras é crucial pois a otimização destes tempos permite reduzir custos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a capacidade e custo operacional da operação de arranquio-enleiramento de amendoim, utilizando diferentes tipos de manobras e a tecnologia de direção automática. Foram estudados três tipos de manobras com três percursos distintos. Os tempos de manobras foram mensurados em campo, e por meio destes calculados a eficiência e a capacidade operacional para cada tipo de percurso. Foram determinados o custo horário e operacional, com e sem o uso da tecnologia de direção automática. O percurso que utiliza o trator com sistema de direção automática e realiza manobras alternadas intercaladas de duas fileiras apresentou o menor custo operacional de arranquio-enleiramento, com redução de 4,2% no custo operacional em relação ao percurso que utiliza manobra alternada simples e trator sem direção automática.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de direção automática, colheita, percurso

OPERATIONAL CAPACITY OF PEANUT UPROOTING-QUEUING IN DIFFERENT TYPES OF MANEUVERS

ABSTRACT: The harvest of peanuts is performed in two steps: uprooting-queuing and collecting-bouncing. The uprooting-queuing is coupled a tractor and the same can be equipped with automatic guidance system, which technology can facilitate the maneuvers in the field. The study of the maneuvers is crucial for the optimization of these times will reduce costs. Thus, the aim of this study is to analyze the capacity and operational cost of peanut uprooting-queuing operation, using different types of maneuvers and the automatic steering technology. Three types of maneuvers have been studied with three different routes. The maneuvers times were measured in the field and through these calculated the efficiency and operational capacity for each type of route. Was determined the time and operating costs with and without the use of automatic steering technology. The route that uses the tractor with automatic steering system and performs alternate maneuvers interspersed with two rows had the lowest operating cost of uprooting-queuing, with a decrease of 4.2% in operating costs in relation to the route that uses simple alternating maneuver and tractor without power steering.

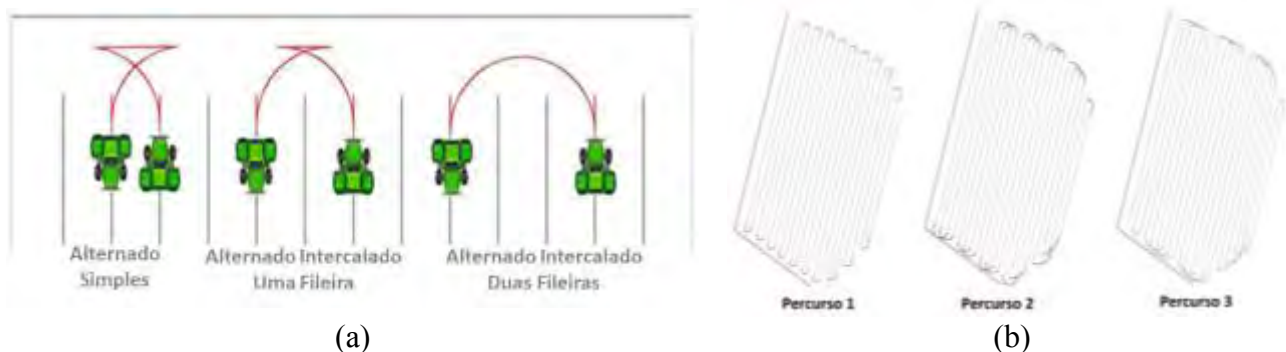
KEYWORDS: automatic steering system, harvest, path

INTRODUÇÃO: O estado de São Paulo é o maior produtor de amendoim do Brasil, correspondendo a 93,73% do total da área produzida. Nesse estado destacam-se como regiões produtoras de Ribeirão Preto e Marília (CONAB, 2016). A colheita do amendoim inicia-se pelo arranquio e enleiramento, que são realizadas por um arrancador-enleirador acoplado em trator, a qual corta as raízes, realiza a vibração das plantas e posteriormente o enleiramento no campo. As plantas enleiradas permanecem em campo para secagem natural e, após esse procedimento, uma recolhadora tracionada por trator, realiza o recolhimento, a separação dos grãos das plantas e a sua limpeza (NEVES, 2007). No campo, o direcionamento destas máquinas pode ser auxiliado por meio de sua

automatização e orientação pelo sistema GNSS (Global Navigation Satellite System). O uso de sistema de direção automática permite trafegar e esterçar automaticamente por linhas virtuais, sem a necessidade de se observar marcadores físicos no campo (Baio, 2006). Segundo Spekken & Bruim (2013), o avanço de novos sistemas de orientação e direcionamento de máquinas agrícolas permite ter um melhor planejamento na implantação das linhas da cultura. Com isso, a escolha da rota correta de trabalho facilita em menores quantidades de manobras, otimizando o tempo de realização das mesmas. Balkcom et al. (2012) indicam uma quantidade reduzida de estudos que mostram os benefícios econômicos do uso do sistema de direção automática. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de analisar a capacidade e custo operacional da operação de arranquio-enleiramento de amendoim, utilizando três tipos de manobras e a tecnologia de direção automática.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em um talhão no município de Pompéia-SP, com área de 38,82 ha. Foi utilizado para a execução do estudo um trator marca John Deere modelo 6165J, com 162 kW, trabalhando a $1,25 \text{ m s}^{-1}$ ($4,5 \text{ km h}^{-1}$). No trator estava acoplado no sistema hidráulico de três pontos um arrancador-enleirador pantográfico de amendoim com 4 linhas marca KBM modelo *flex*, com comprimento de 4 m e largura de 4m e massa de 2.175 kg. O talhão em estudo possuía um mapa das linhas do plantio, o qual serviria de referência para o posterior percurso do conjunto trator-arrancador. Por meio desse mapa, foi realizado o cálculo do tempo trabalhado do conjunto trator arrancador no talhão e dos tempos das manobras realizadas. Foram analisados três tipos de manobras, conforme demonstrado na Figura 1: alternado simples, alternado intercalado de uma fileira e alternado intercalado de duas fileiras. Por meio destes tipos de manobras, forma estudados três tipos de percursos no talhão: percurso 1, onde foi realizado exclusivamente com a manobra alternada simples; o percurso 2, realizado predominantemente pelo sistema alternado de uma fileira e o percurso 3, realizado predominantemente pelo sistema alternado intercalado de duas fileiras. Nos percursos 2 e 3, quando não era possível manobrar de forma intercalada, era realizada a alternada simples (Figura 1).

FIGURA 1. Layout dos tipos de manobras em estudo (a) e parte do talhão em análise com as manobras realizadas (b). **Layout of the types of maneuvers study (a) and part of the field under consideration with the maneuvers performed (b).**



O tempo de realização de cada manobra do conjunto trator-arrancador foi mensurado em campo. Foram realizadas dez medições de cada tipo de manobra, e calculados o tempo médio, o desvio padrão e o coeficiente de variação. No mapa de fileiras do amendoim, foi mensurado pelo programa AutoCAD (Autodesk, San Rafael, EUA) a quantidade de manobras para cada percurso. A partir do tempo e quantidade de manobras, chegou-se ao tempo total de manobras para cada tipo de percurso. Com este tempo, foi adicionado o tempo produtivo da operação de arranquio-enleiramento, obtido pela velocidade de deslocamento do conjunto, para a determinação da eficiência operacional de cada tipo de percurso analisado, conforme descrito na metodologia de Molin & Milan (2002). Também foram determinados a capacidade de campo efetiva e operacional do conjunto em cada tipo de percurso, seguindo o descrito pelos mesmo autores. Foram desconsiderados tempos auxiliares para a operação, como abastecimento e regulagens. Foi determinado o custo horário e operacional do conjunto, de acordo com a metodologia de ASABE (2011). Para tal, foram consideradas as variáveis descritas na Tabela 1. Foram analisados os custos com dois tipos de tratores, com e sem direção automática de atuador hidráulico e correção diferencial via satélite. O fato de acrescentar a análise de um trator com sistema de direção automática é que os percursos 2 e 3 somente podem ser realizados por meio desta tecnologia. Com o auxílio das linhas virtuais no monitor do trator e a orientação por GNSS, é possível intercalar as fileiras durante a manobra, fato que não ocorre no direcionamento manual, em que obrigatoriamente é realizada a manobra alternada simples.

TABELA 1. Variáveis do trator e arrancador para o cálculo do custo horário e operacional. **Tractor and uproot variables for calculating the hourly cost and operational**

Variáveis	Trator	Arrancador
Valor Aquisição Trator sem Direção Automática (R\$)	240.000	---
Valor de Aquisição Trator com Direção Automática (R\$)	270.000	---
Valor de Aquisição Arrancador (R\$)	---	84.000
Vida Útil (horas)	12.000	4.000
Vida Útil (anos)	10	6
Taxa de Juros (% ao ano)		8,5
Valor de Alojamento, Seguros e Taxas (% do valor de aquisição)		1,0
Fator de Reparos e Manutenção (% do valor de aquisição)	100	65
Preço Óleo Diesel (R\$ L ⁻¹)	2,80	---
Salário do Operador (R\$ ao mês)		1.500
Encargos do Salário do Operador (%)		40

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O tempo médio de cada manobra mensurada no talhão em estudo é apresentada na Tabela 2. O tempo médio da manobra alternada simples foi de 97s. As manobras alternadas intercaladas de uma e duas fileiras resultaram em uma redução de tempo de 9,59% e 26,72%, respectivamente. Isto se deve ao fato de que no caso das manobras intercaladas são realizadas menos manobras em ré para voltar à fileira.

TABELA 2. Resultados do tempo médio das manobras em estudo. **The average time results of maneuvers in study.**

Variáveis	Tempo Médio (s)		
	Alternado Simples	Alternado Intercalado Uma Fileira	Alternado Intercalado Duas Fileiras
Amostra 1	97,66	93,84	81,21
Amostra 2	93,71	86,10	68,36
Amostra 3	97,05	94,62	77,98
Amostra 4	105,29	87,21	73,14
Amostra 5	120,99	86,08	62,55
Amostra 6	100,50	86,63	69,68
Amostra 7	91,83	80,69	70,76
Amostra 8	93,43	78,34	69,13
Amostra 9	87,29	97,33	68,03
Amostra 10	82,26	86,30	69,93
Média (s)	97,00	87,71	71,08
Desvio padrão (s)	10,64	6,00	5,28
Coefficiente de variação (%)	10,97	6,84	7,43

A simulação dos percursos no mapa de fileiras de amendoim do talhão em estudo indica que realizando o percurso 1, foram utilizadas 8,35 h para realizar 310 manobras alternada simples (Tabela 3). O percurso 2, que realizou as manobras alternada simples e intercaladas de uma fileira obteve uma redução de tempo de 12,94%; enquanto que o percurso 3, que realizou as manobras alternada simples e intercalada de duas fileiras, obteve uma redução de 32,7% do tempo de manobras. Estes resultados implicaram que no percurso 3 ocorreu um acréscimo de 0,1 ha h⁻¹ em relação ao percurso 1 (Tabela 4). O trabalho de Spekken & Bruin (2013) indicam que em um mesmo talhão ocorreu uma redução em 31,8% do tempo gasto com manobras quando são utilizados outros tipos que permitem realizá-la mais rapidamente.

TABELA 3. Cálculos do tempo total (s) de manobras para as situações em estudo. **Calculations of the total time maneuvers for situations study.**

Variáveis	Percurso 1	Percurso 2	Percurso 3
Quantidade de manobra alternada simples	310	31	54
Quantidade de manobra alternada intercalada uma fileira	---	264	---
Quantidade de manobra alternada intercalada duas fileiras	---	---	211
Total de manobras	310	295	265
Tempo total de manobra (h)	8,35	7,27	5,62

TABELA 4. Cálculos da eficiência (%) e capacidade de campo operacional (ha h⁻¹) para as situações em estudo.
Calculation of efficiency (%) and operational (ha h⁻¹) for situations study.

Variáveis	Percurso 1	Percurso 2	Percurso 3
Área (ha)		38,82	
Capacidade de campo efetiva (ha h ⁻¹)		1,53	
Tempo produtivo (h)		25,37	
Eficiência operacional (%)	75,23	77,73	81,86
Capacidade de campo operacional (ha h ⁻¹)	1,15	1,19	1,25

Neste estudo foram considerados apenas o impacto do tipo de manobras e percurso no custo operacional. Baio et al. (2015) mostram que a sistematização do talhão, que não foi considerada neste caso, também pode reduzir o tempo de manobras. A Tabela 5 mostra os resultados dos custos utilizando a metodologia de ASABE (2011). Verifica-se que o custo horário total do conjunto trator-arrancador obteve um acréscimo R\$ 6,03 h⁻¹ quando é utilizando o sistema de direção automática no trator, devido ao acréscimo do valor de aquisição da tecnologia. Quando se analisa o custo operacional, o percurso 3 obtém os melhores resultados, com uma redução de R\$ 5,27 ha⁻¹ quando comparado ao percurso 1 realizado sem sistema de direção automática. Na área total em estudo ocorreu uma redução de R\$ 204,59, representando um percentual de redução de 4,2 % no custo da operação.

TABELA 5. Resultados do custo horário, operacional e total da operação de arranquio nas situações em estudo.
Cost of time results, operating and total of uproot operation in situations study.

Variáveis	Sem Direção Automática	Com Direção Automática		
	Percurso 1	Percurso 1	Percurso 2	Percurso 3
Custo horário total (R\$ h ⁻¹)	143,27		149,30	
Custo operacional arranquio (R\$ ha ⁻¹)	124,47	129,70	125,53	119,20
Custo total arranquio Área (R\$)	4.831,93	5.034,95	4.873,07	4.627,34

CONCLUSÃO: Para as condições deste estudo, o percurso que realiza manobras alternadas intercaladas de duas fileiras, utilizando trator com sistema de direção automática, apresentou o menor custo operacional de arranquio-enleiramento, com uma redução de 4,2% no custo em relação ao percurso realizado por manobras simples que não utiliza sistema de direção automática. Apesar do conjunto trator com sistema de direção automática e arrancador-enleirador apresentar o maior custo horário, houve redução do custo operacional, devido ao aumento da eficiência operacional devido à manobra utilizada.

AGRADECIMENTO: Itaeté Máquinas Agrícolas, Marília, SP.

REFERÊNCIAS:

- ASABE. Agricultural machinery management data. ASABE D497.7 In: _____. **ASABE Standards**. St. Joseph, 2011. P.1-8
- BAIO, F.H.R. Aplicação de AP no plantio. In: RIPOLI, T.C.C. et al. **Plantio da cana-de-açúcar**: estado da arte. 1 ed. Piracicaba. Ed. Dos autores, 2006. Cap.4, p.92-102.
- BAIO, F.H.R.; LEAL, J.C.; CAMPANELLI, V.P.C. Agricultura de Precisão: casos e aplicações em AP na produção de cana-de-açúcar. In: BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. **Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar**. 1 ed. –Jaboticabal: SBEA, 2015.
- BALKCOM, K.; ORTIZ, B.V.; GOODMAN, W.; FULTON, J.P. Profitability of RTK autoguidance and its influence on peanut production. In: International Conference of Precision Agriculture, 11, 2012. Indianapolis. **Proceedings.....**, ISPA, 2012.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2015/16. **CONAB**, Brasília, v. 3, n. 8, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/>> Acesso em: 17 maio 2016.
- MOLIN, J. P.; MILAN, M. Trator e implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J.L.M. STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 13, p.409-436.
- NEVES, I.N. **Dossiê Técnico: Cultivo do Amendoim, Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA**, 2007, 20p.
- SPEKKEN, M.; BRUIN, S. Optimized routing on agricultural fields by minimizing maneuvering and servicing time. **Precision Agriculture**, v.14, p.224-244, 2013.

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS TEORES DE ALUMÍNIO NO SOLO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE FEIJOEIRO COMUM IRRIGADO

MARCOS V. COSTA¹; MATHEUS B. SOARES²; ONÁ da S. FREDDI³; RENAN R. TAVANTI²; FLÁVIO J. WRUCK⁴

¹ Graduando em Agronomia, UFMT, Sinop-MT, Fone: (066) 99680-4167, vinicios_costa.mad@hotmail.com

² Eng° Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFMT, Sinop-MT.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, UFMT, Sinop-MT.

⁴ Eng° Agrônomo, Pesquisador, EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop-MT.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O feijoeiro comum é cultivado em todas as regiões do país apresentando grande importância econômica e social, sendo o Mato Grosso o segundo maior produtor de feijão de segunda safra, devido essa grande importância é necessário determinar os atributos químicos do solo que afetam a produtividade e escolher qual a cultivar que melhor se adéqua nessas condições. Diante disso, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da acidez potencial e a produtividade de quatro cultivares de feijoeiro irrigado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, utilizando técnicas de geoestatística. O experimento foi desenvolvido no município de Sorriso, norte do Estado de Mato Grosso. Os tratamentos desse experimento foram quatro cultivares de feijão, sendo elas BRS Estilo (T1), BRS Notável (T2), BRS Ametista (T3) e BRS Pérola (T4). Para isso adotou-se uma malha retangular, contendo 83 pontos amostrais, totalizando uma área de 9900 m², nos quais determinou-se os atributos de planta e de solo. Os procedimentos estatísticos utilizados foram a análise descritiva, estatística clássica, de correlação, teste Tukey ($p < 0,05$) e análise geoestatística. Houve correlação linear e espacial negativa entre Al e PG. Nos locais onde houve maior incidência de alumínio houve redução na produtividade. A cultivar que apresentou maior produtividade foi a BRS Pérola.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., Al, dependência espacial.

SPATIAL VARIABILITY OF ALUMINUM CONTENT IN THE SOIL AND BEAN CULTIVARS PRODUCTIVITY JOINT IRRIGATION

ABSTRACT: The common bean is grown in all regions of the country showing great economic and social importance, and the Mato Grosso's second largest second harvest bean producer, because of this importance it is necessary to determine the soil chemical attributes that affect productivity and choose which the plant variety that best fits these conditions. The research objective was to evaluate the spatial variability of potential acidity and the productivity of irrigated four bean cultivars in a Red-Yellow Latosol, using geostatistical techniques. The experiment was conducted in the municipality of Sorriso, north of Mato Grosso. Treatments of this experiment were four bean cultivars, and they BRS Style (T1), BRS Outstanding (T2), BRS Amethyst (T3) and BRS Pearl (T4). For this we adopted a rectangular grid containing 83 sampling points, totaling an area of 9900 m², in which it was determined the attributes of plant and soil. The statistical procedures used were the descriptive analysis, classical statistics, correlation, Tukey test ($p < 0.05$) and geostatistical analysis. There was a negative linear and spatial correlation between Al and PG. Where there was a higher incidence of aluminum-decreased productivity. The cultivar with the highest productivity was BRS Pearl.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., Al, spatial dependence.

INTRODUÇÃO: O feijoeiro comum é cultivado em todas as regiões do país apresentando grande importância econômica e social. De acordo com os valores divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), na safra de 2014-15, o feijão representou o quinto grânifero mais produzido, ficando atrás apenas da soja, do milho, do arroz e do trigo. A área de feijão das três safras no Brasil está estimada para este nono levantamento

em 3,09 milhões de hectares, o que configura um decréscimo de 8,1% em relação à safra passada. Esse aumento na produtividade se deve principalmente à disponibilidade de água, entretanto, mesmo em locais onde há boa disponibilidade de água, existe outros fatores que limitam sua produção, sendo um deles o caráter ácido e de baixa fertilidade dos solos. Com isso, faz-se necessário um eficiente manejo da fertilidade na produção desta cultura a fim de obter grandes produtividades e como consequência ter um grão com melhor qualidade nutricional. Neste contexto, o estudo da variabilidade espacial dos atributos torna-se particularmente importante, pois o sistema de preparo ou manejo do solo não é uniforme em toda área, adicionando variabilidade num sistema que já é naturalmente desuniforme, devido à ação característica dos fatores de formação do solo (CARVALHO et al., 2003). Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos teores de alumínio e a produtividade de quatro cultivares de feijoeiro irrigado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, utilizando técnicas de geostatística.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi desenvolvido na fazenda Vitória, localizada no município de Sorriso, norte do Estado de Mato Grosso, situada nas coordenadas geográficas 12° 33' 31" S e 55° 42' 51" O, com altitude média de 386 metros. O clima da região é tropical quente e úmido, (Aw, segundo classificação de Köppen), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas: uma chuvosa (de outubro a abril) e outra seca (de maio a setembro) e pela temperatura média anual de 30° C. A precipitação anual fica em torno de 2000 mm, sendo 85% distribuídos entre os meses de outubro à março. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, de textura média, com valores de 705 g.kg⁻¹ de areia, 74 g.kg⁻¹ de silte e 221 g.kg⁻¹ de argila, e teor médio de matéria orgânica igual a 23,9 g.kg⁻¹. Os tratamentos foram constituídos por quatro cultivares de feijão, sendo elas BRS Estilo (T1), BRS Notável (T2), BRS Ametista (T3) e BRS Pérola (T4). Para isso adotou-se uma malha retangular, sendo constituída de 4 linhas e 12 colunas, contendo 48 pontos amostrais, espaçados de 20 em 20 m no eixo x e 15 em 15 metros no eixo y, totalizando uma área de 9900 m². Além disso, foram alocados dentro da grande malha mais 35 pontos de refinamento. Somando-se os pontos da grande malha e os de refinamento o total foi de 83 pontos amostrais. Em cada ponto da malha foi coletada uma amostra na camada de 0-0,20 m para determinação do alumínio trocável (Al), por meio do extrator cloreto de potássio e titulação alcalimétrica do extrato (EMBRAPA, 1997). A produtividade de grãos (PG) foi representada pela massa de grãos contidos em duas linhas de 3 m, no entorno de cada ponto amostral, corrigindo-se a umidade para 13% e transformando-se para a área de um hectare. Inicialmente procedeu-se a análise descritiva dos dados para estudo explanatório, após a identificação dos *outliers*, verificou-se a normalidade pelo teste de Shapiro Wilk (p<0,05). Os dados foram então submetidos à análise geostatística, com auxílio do programa R e constituiu-se da modelagem dos semivariogramas realizado pelo método dos mínimos quadrados ordinários e como critério para avaliação da dependência espacial. O critério final de decisão do modelo de semivariograma e do número de vizinhos usados na predição foi o melhor ajuste obtido pela validação cruzada. Uma vez ajustados os semivariogramas, realizou-se a krigagem ordinária dos dados e a geração dos mapas de contorno, sendo os valores representados em cinco contornos com intervalos equidistantes. A correlação espacial entre a variabilidade do Al e PG foi testada em função do estabelecimento do semivariogramas cruzado. Realizou-se análise de variância para a PG e Al, sendo o teste F significativo realizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A produtividade média de grãos obtida para as quatro cultivares de feijão foi de 1,815 Mg ha⁻¹, abaixo da média obtida para o estado de Mato Grosso, que foi de 2,22 Mg ha⁻¹ na safra de 2015/2016 (CONAB, 2016). Observa-se uma amplitude entre 0,70 e 3,04 Mg ha⁻¹, indicando a existência de locais com elevadas produtividades e locais com a necessidade de adequação das técnicas de manejo para atingir tal potencial. O teor de alumínio apresentou média de 0,21 cmolc dm⁻³, com amplitude de 0,04 a 0,39 cmolc dm⁻³, essa variação é justificada por Berg & Oliveira (2000) devido a distribuição espacial dos teores de argila no solo (TABELA 1). Todos os atributos apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro e Wilk (p<0,05). Analisando a variabilidade, por meio do coeficiente de variação (CV), constata-se que, produtividade de grãos e teor de alumínio apresentaram alta variação, de acordo com a classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002). A maior variação foi observada para a PG, justificada por sua maior amplitude total. Para a análise de correlação verificou-se valor de r = -0,37 (P<0,01), evidenciando a presença de correlação linear entre essas duas variáveis. A correlação negativa de Al com a PG demonstra que o aumento do teor de alumínio gerou redução na produtividade.

TABELA 1. Análise descritiva inicial da produtividade das cultivares de feijão e teor de alumínio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico da Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Initial descriptive analysis of the productivity of bean cultivars and an aluminum content of a Red-Yellow Latosol Farm Victoria, Smile-MT, 2016.**

Variáveis ^(a)	Medidas Estatísticas Descritivas									
	Valor ^(b)				Coeficiente ^(c)				Prob. ^(d)	
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	S	Var. (%)	Curtose	Ass.	Pr<w	DF
PG	1,81	1,78	0,70	3,044	575,60	31,71	-0,89	0,01	0,10	NO
Al	0,21	0,21	0,04	0,39	0,07	35,67	-0,01	0,30	0,27	NO

^(a)PG: produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); Al: teor de alumínio (cmolc dm⁻³); ^(b)S: Desvio Padrão; ^(c)Var: Variação; ^(d)Prob: Probabilidade referente ao teste de normalidade; DF: distribuição de frequências, sendo NO do tipo normal.

Os resultados da análise geoestatística presente na Tabela 2, indicam que PG e Al apresentam dependência espacial moderada, ajustando-se, com base nos critérios pré-estabelecidos, o modelo esférico e exponencial com alcance de 92,7 e 45 m, respectivamente. O modelo de ajuste de semivariograma escolhido foi de acordo com os melhores valores obtidos na validação cruzada.

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade e teor de alumínio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob plantio de quatro cultivares de feijão. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Parameters set semivariograms for productivity and an aluminum content of a Red-Yellow Latosol planting four bean cultivars. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste										
	Modelo ²	Co	Co+C	A ₀ (m)	r ²	SQR ⁴	ADE ⁵		Validação cruzada		
							%	Classe	a	b	r
Atributos											
PG	Esf	126900	395100	92,70	0,60	2,8E+10	67	MD	74,06	0,96	0,64
Al	Exp	3,09.10 ⁻³	6,19.10 ⁻³	45,00	0,71	7,45E-07	50	MD	0,05	0,89	0,76
PG=f(Al)	Gau	-6,00.10 ⁻³	-10,7.10 ⁻³	79,20	0,23	1,49	56	MD	0,90	0,72	0,58

^(a)PG: Produtividade de grãos (Mg ha⁻¹); Al: teor de alumínio (cmolc dm⁻³); PG=f(Al): semivariograma cruzado de produtividade e alumínio. ^(b)esf: esférico; exp: exponencial; gau: gaussiano. Co, Co+C e A₀, são respectivamente: efeito pepita, patamar e alcance; ⁴SQR: soma dos quadrados dos resíduos. ⁵ADE: avaliador de dependência espacial, sendo MD: média dependência.

A comparação das médias de produtividade das quatro cultivares de feijão presente na tabela 3, evidencia que dentre as cultivares testadas, a cultivar BRS Pérola foi a que mais produziu, sendo seu valor superior à média de 2,20 Mg ha⁻¹ do Estado de Mato Grosso safra de 2015/2016 (CONAB, 2016).

TABELA 3. Comparação de médias de produtividade de cultivares de feijão de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com quatro cultivares de feijão. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Mean comparison bean cultivars productivity of an Oxisol cultivated with four bean cultivars. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

Tratamentos ⁽¹⁾	PG
BRS Estilo	1,952 ^b
BRS Notável	1,782 ^b
BRS Ametista	1,342 ^c
BRS Pérola	2,400 ^a

⁽¹⁾ Cultivares de feijoeiro avaliados a campo, sendo respectivamente Estilo, Notável, Ametista e Pérola. ⁽²⁾PG: Produtividade de grãos (Mg ha⁻¹). As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Como PG e Al apresentaram interdependência espacial, foram calculados também seus semivariogramas cruzados, com base nos pressupostos de estacionaridade da hipótese intrínseca. Sendo possível verificar a relação entre essas duas variáveis espacialmente medidas, mostrando que a variabilidade de uma série é acompanhada pela variabilidade da outra variável.

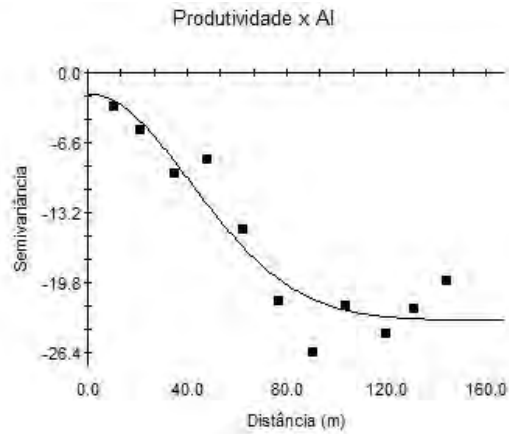
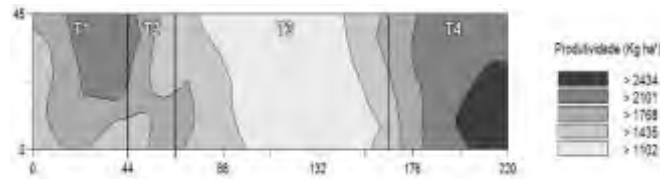


FIGURA 1. Semivariograma cruzado da produtividade x alumínio das cultivares de feijão num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Semivariogram crossed productivity x aluminum of bean cultivars in a Red-Yellow Latosol dystrophic. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

Verifica-se pelos mapas de krigagem, figura 2, que o maior valor de PG é encontrado na porção direita da área, enquanto que a acidez potencial se concentrou em três manchas, localizadas mais na porção central.

(a)



(b)

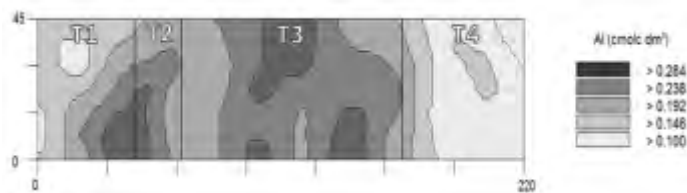


FIGURA 2. Mapas de Krigagem para (a) produtividade de grãos e (b) teor de alumínio de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Fazenda Vitória, Sorriso-MT, 2016. **Kriging maps (a) grain yield and (b) aluminum content of a Red-Yellow Latosol. Farm Victoria, Sorriso-MT, 2016.**

CONCLUSÃO: Houve correlação linear e espacial negativa entre Al e PG. Nos locais onde houve maior incidência de alumínio houve redução na produtividade. A cultivar que apresentou maior produtividade foi a BRS Pérola.

REFERÊNCIAS: BERG, M. van den; OLIVEIRA, J. B. Variability of apparently homogeneous soils in São Paulo State, Brazil. II. Quality of soil maps. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, n. 24, p. 393-407, 2000.

CARVALHO, M. de P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. da S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n. 4, p. 695-703, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos safra 2012/13, nono levantamento, junho 2015**. Brasília, 2015. 109 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, decimo levantamento**, Julho 2016. Brasília, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

PIMENTEL-Gomes, F.; GARCIA, C. H.; **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS DANINHAS EM LAVOURAS DE MILHO EM IMAGENS CAPTURADAS POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP), USANDO CLASSIFICADOR RANDOM FOREST

INACIO HENRIQUE YANO^{1,2}, JOSÉ RICARDO ALVES³, LIA TOLEDO MOREIRA MOTA⁴,
WESLEY ESDRAS SANTIGO⁵, BARBARA JANET TERUEL MEDEROS⁶

¹ Doutorando, Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (XX19)3211-5768, inacio.yano@feagri.unicamp.br

² Analista de Sistemas, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas - SP, Fone: (XX19)3211-5768, inacio.yano@embrapa.br

³ Eng^o Elétrico, Mestrando em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas – SP.

⁴ Eng^a Elétrica, Professora Doutora (Pesquisadora Perfil 2) da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas – SP.

⁵ Eng^o Agrônomo, Professor Assistente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Campus Unai, Unai – MG.

⁶ Eng^a Mecânica, Professora Livre Docente FEAGRI, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (XX19) 3521-1082, barbara.teruel@feagri.unicamp.br

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O milho é uma das culturas mais importantes no mundo e apesar de seu rápido crescimento, tem sua produtividade prejudicada com a presença de plantas daninhas e como toda grande lavoura, faz o controle destas por meio de controle químico. Neste trabalho, realizou-se a identificação de plantas daninhas em imagens RGB, capturadas por ARP, cujos resultados podem vir a ser utilizados para confecção de mapas de infestação para auxílio no processo de aplicação de herbicidas. Em testes preliminares foi possível fazer a identificação do milho e três plantas daninhas com 72,65% de acerto e coeficiente Kappa de 0,6353.

PALAVRAS-CHAVE: Milho, Plantas Daninhas, ARP, Reconhecimento de Padrões

IDENTIFICATION OF WEEDS IN CORN FIELDS THROUGH IMAGES TAKEN BY UAV USING RANDOM FOREST CLASSIFIER

ABSTRACT: Corn is one of the most important crops in the world. Despite of its rapid growth, corn has its impaired productivity with the presence of weeds and like many crops, makes the control thereof by means of chemical control. In this work, there was weed identification in RGB images taken by UAV, whose results may be used for weeds mapping to aid in herbicide application process. In preliminary tests it was possible to identify the corn and three weeds with 72.65% accuracy and Kappa coefficient of 0.6353.

KEYWORDS: Corn, Weeds, UAV, Pattern Recognition

INTRODUÇÃO: O milho é uma das culturas mais importantes no mundo tanto para alimentação humana e animal, como também, na indústria de bebidas, medicamentos, etc. No Brasil, o cultivo do milho ocupa posição de destaque com mais da metade da área destinada à produção de grãos (LOGUERCIO; CARNEIRO; CARNEIRO, 2002). O crescimento rápido de milho o torna bastante competitivo contra eventuais plantas daninhas por luminosidade, água e nutrientes, mesmo assim, pode sofrer significativas perdas devido à ocorrência destas na lavoura (BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2004). O controle de plantas daninhas nas lavouras de milho é predominantemente químico em razão da eficiência, praticidade e menores custos (BRAGA et al, 2015). No entanto, a escolha do tipo e da dosagem dos herbicidas tem sido realizada por amostragem e com base na percepção de observadores que identificam plantas daninhas em partes da lavoura. Apesar de a identificação de plantas daninhas realizada por análise humana ser mais eficiente que a realizada por máquinas (BORREGAARD et al, 2000), o procedimento por amostragem causa problemas de desperdício e aplicação errada de herbicidas, uma vez que o grau de infestação e as espécies presentes podem variar na lavoura, causando ineficiências no combate às plantas daninhas, elevação de custos e prejuízos ao meio ambiente (AHMAD et al, 2011). Uma forma alternativa ao mapeamento por amostragem é o mapeamento de toda a lavoura, por meio de imagens de satélites (CAVALLI et al, 2008), e mais recentemente, por imagens de ARP's.

PEÑA et al (2013) descrevem a identificação de plantas daninhas, que estão nas entrelinhas de uma lavoura de milho, realizado por meio de análise de imagens capturadas por um ARP com câmeras multiespectrais. Neste trabalho pretende-se fazer a identificação de plantas daninhas em lavouras de milho, utilizando-se imagens de ARP, não somente as que nasceram nas entrelinhas da lavoura, mas em qualquer parte da lavoura, utilizando-se câmeras RGB, pois são mais leves e de preço mais acessível e, portanto, é uma solução que pode atingir um grande número de usuários.

MATERIAL E MÉTODOS: O Sistema de Identificação de Plantas Daninhas foi dividido em quatro módulos principais: Aquisição de Imagens, Amostragem das Categorias Cultura e Plantas Daninhas, Treinamento do Classificador e Aplicação do Modelo Classificador nas Imagens da Lavoura (Figura 1). O processamento e a análise de imagens foram realizados em aplicações desenvolvidas em linguagem Java e utilizando-se módulos do software livre Weka, em um computador com processador Intel Core I5 de 3.4 GHz, baseado no sistema operacional Windows 7.

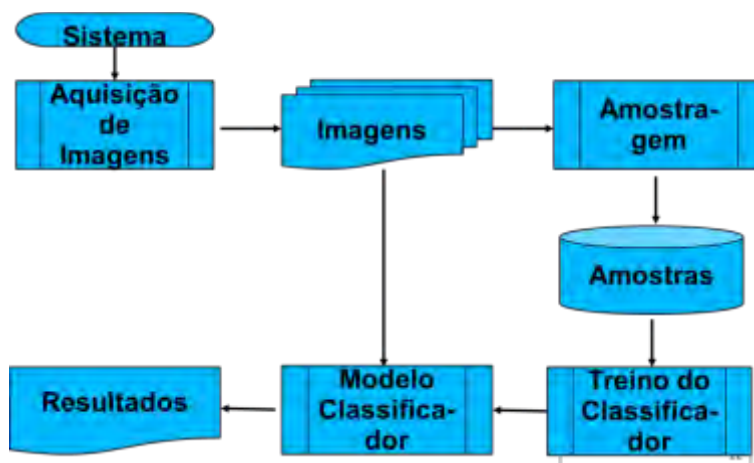


FIGURA 1. Sistema de Identificação de Plantas Daninhas. **Weed Identification System.**

Aquisição de Imagens: A coleta de imagens foi feita por meio de uma câmera GoPro Hero3 Silver Edition 10 MP acoplada a um quadricóptero DJI F450 (Figura 2).



FIGURA 2. Dispositivos utilizados para aquisição de imagens. **Devices used for images acquisition.**

Amostragem das Categorias Cultura e Plantas Daninhas: O Sistema de Identificação de Plantas Daninhas utilizou oito descritores estatísticos (média, desvio médio, desvio padrão, variância, curtose, assimetria e valores máximos e mínimos dos pixels) em metodologia de aprendizado supervisionado, ou seja, amostras de plantas são retiradas das imagens e identificadas manualmente para, posteriormente, realizar-se o treinamento do classificador e o reconhecimento de padrões. Conforme descrito na introdução foram utilizadas imagens RGB (Figura 3), portanto, para cada descritor estatístico existe uma versão vermelha, outra verde e outra azul, totalizando vinte e quatro descritores. A escolha destes descritores foi devido à resolução das imagens capturadas, que dificultaria outros tipos de análise como morfologia, relação entre comprimento e largura das

folhas entre outras. Uma vez retiradas as amostras, as mesmas foram particionadas em pequenas subimagens, como um grid (CHRISTENSEN et al, 2009), o tamanho em pixels dessas subimagens irá depender da resolução da imagem e do grau de infestação de plantas daninhas na lavoura, neste trabalho os melhores resultados foram atingidos utilizando-se quadrados de 25 pixels de área. Após a segmentação das amostras em subimagens, os vinte e quatro descritores são extraídos e utilizados no treinamento do classificador.



FIGURA 3. (a) Imagem com quatro plantas espécies de plantas escolhidas para análise (milho e três plantas daninhas). E (b) as mesma imagem com as amostras retiradas para ao processo de treinamento. **(a) Image with four different plant species chosen for analysis (corn and three weed). And (b) the same image with samples taken for training process.**

Treinamento do Classificador: As amostras pré-identificadas são utilizadas para o treinamento do classificador, neste trabalho foi utilizado o módulo de classificação Random Forest do software livre Weka. Os melhores resultados para este classificador foram conseguidos com mais de 250 subimagens para cada espécie de planta e ao final do treinamento o software Weka gera um modelo que pode ser usado para identificar as quatro espécies de plantas nas imagens da lavoura.

Aplicação do Modelo Classificador nas Imagens da Lavoura: Esta é a fase final do processo de identificação de plantas na lavoura, na qual as imagens são submetidas ao modelo classificador, que irá proceder a identificação das plantas selecionadas no processo de treinamento. As subimagens identificadas pelo modelo classificador foram plotadas em um mapa para análise visual, conforme exemplo da Figura 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Ao final do processo de treinamento o software Weka gera uma tabela de confusão para as categorias de plantas selecionadas para identificação (Tabela 1). Neste teste preliminar a taxa de acertos foi de 72,65% e o coeficiente Kappa foi de 0,6353, podendo ser considerado de concordância substancial, segundo LANDIS e KOCH (1977). Conforme supracitado o modelo classificador é aplicado sobre as imagens da lavoura gerando mapas de identificação das plantas selecionadas no processo de amostragem, a Figura 4 apresenta um exemplo de mapa com as espécies de plantas selecionadas em destaque segundo um código de cores (vermelho para o milho, amarelo para a planta daninha de folha estreita, vinho para a planta daninha de folha larga 1 e azul claro para a planta daninha de folha larga 2). Nota-se na Figura 4, que apesar de erros de identificação em algumas subimagens, as quatro espécies selecionadas durante o processo de amostragem foram corretamente identificadas em boa parte da imagem.

TABELA 1. Matriz de Confusão das quatro espécies de plantas analisadas pelo classificador Random Forest do software Weka. **Confusion matrix of the four plant species analyzed by the classifier Random Forest of Weka software.**

Classificada como →	A	B	C	D	Totais das Linhas
A = milho	183	28	40	25	276
B = Folha Estreita	7	257	10	2	276
C = Folha Larga 1	23	17	184	52	276
D = Folha Larga 2	20	2	76	178	276
Totais das Colunas	233	304	310	257	1104



FIGURA 4. (a) Imagem com quatro espécies de plantas selecionadas para identificação (milho e três plantas daninhas). E (b) Imagem com as plantas identificadas segundo código de cores (vermelho para o milho, amarelo para a planta daninha de folha estreita, vinho para a planta daninha de folha larga 1 e azul claro para a planta daninha de folha larga 2). **(a) Image with four species of plants selected for identification (corn and three weed). And (b) Image with the identified plants second color code (red for corn, yellow for weed narrow leaf, wine for weed broadleaf 1 and light blue for weed broadleaf 2).**

CONCLUSÃO: Este trabalho apresentou os resultados preliminares da identificação de plantas daninhas em imagens tiradas a partir de ARPs, usando o classificador Random Forest. O classificador Random Forest, ainda que não tenha atingido concordância quase perfeita, apresentou-se como boa opção no processo de identificação, por se tratar de um teste preliminar e com possibilidades de melhoria deste coeficiente, utilizando-se imagens com maior resolução, melhor ângulo de tomada de imagens, considerando-se a influência da luminosidade e incluindo palha e solo no processo de identificação. Na sequência deste trabalho serão feitos novos testes com várias alturas de voo e formação de um campo experimental próprio para este fim, com a semeadura das principais plantas daninhas para o milho no Estado de S. Paulo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Dr. José Ricardo F. Lucarelli pelo acesso ao campo experimental da FEAGRI.

REFERÊNCIAS:

- AHMAD, I. et al. Weed classification based on Haar wavelet transform via k-nearest neighbor (k-NN) for real-time automatic sprayer control system. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication**. ACM, p.17, 2011.
- BORREGAARD, T. et al. Crop-weed discrimination by line imaging spectroscopy. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.75, n.4, p.389-400, 2000.
- BRAGA, R. R. et al. Ocorrência de plantas daninhas no sistema lavoura-pecuária em função de sistemas de cultivo e corretivo de acidez. **Ceres**, v.59, n.5, 2015.
- CAVALLI, R. M. et al. Remote sensing water observation for supporting Lake Victoria weed management. **Journal of environmental management**, v.90, n.7, p.2199-2211, 2009.
- CHRISTENSEN, S. et al. Site-specific weed control technologies. **Weed Research**, v.49, n.3, p.233-241, 2009.
- JUNIOR, BALBINOT; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, v.34, n.06, p.245-252, 2004.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **biometrics**, p.159-174, 1977.
- LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A. Milho Bt. **Pratini de Moraes**, p.46, 2002.
- PEÑA, J. M. et al. Weed mapping in early-season maize fields using object-based analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) images. **PLoS One**, v.8, n.10, p.e77151, 2013.

PLANEJAMENTO AMOSTRAL DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM CAFÉ NO SUDOESTE DE MINAS GERAIS

NÉLIDA QUIÑONEZ¹, JOSE MARQUES JUNIOR³, DIEGO SILVA SIQUEIRA³, MARIA GABRIELA BARACAT SANCHEZ², MILENE MOARA⁴, ROMÁRIO PIMENTA¹

¹ Eng. Agrônomo, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo), Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal – SP, Fone: (16)32092601, neliquinhonez92@gmail.com

² Eng. Agr. M.Sc da Fazenda Dois Irmãos, Patrocínio, Minas Gerais.

³ Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal – SP.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Departamento de Solos e Adubos, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: No contexto da agricultura moderna, informações que possam auxiliar no desenvolvimento de estratégias para uso e manejo de recursos disponíveis são requeridas, principalmente no que concerne a Agricultura de Precisão. Diante de isso, o objetivo foi caracterizar a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e propor um planejamento amostral para trabalhos futuros em áreas similares. Foram coletadas 145 amostras deformadas e indeformadas nos pontos de cruzamento de uma malha amostral regular com espaçamento de 50m x 50m. Determinou-se porcentagem de argila, macroporosidade, microporosidade e densidade de um Latossolo na área de 31,7 hectares cultivada com café. Estatística descritiva e geoestatística foram feitas e com base no alcance e CV determinou-se o número de amostras ideal com diferentes percentagens de erro (5, 10, 15, 20 e 25%) e os custos de coleta e análise das amostras. Os mapas de variabilidade espacial mostram áreas relativamente homogêneas para os atributos estudados. No entanto, com o planejamento amostral obtido foi possível determinar a quantidade adequada de amostras por hectare necessárias para a caracterização de áreas com café de similar geomorfologia e pedologia.

PALAVRAS-CHAVE: amostragem, zona específica de manejo, geoestatística.

SOIL PHYSICAL QUALITY MAPPING IN SOUTHWEST OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: In the context of modern agriculture, information that can assist in developing strategies for use and management of resources are required, especially with regard to Precision Agriculture. Faced with this, the objective was to characterize the spatial variability of soil physical attributes and propose a sample plan for future work in similar areas. We collected 145 disturbed and undisturbed samples at the crossing points of a regular sampling grid with spacing of 50m x 50m. It was determined percentage of clay, macroporosity, microporosity and density of an Oxisol a 31.7 hectare area planted with coffee. Descriptive statistics and geostatistics were made and based on the range and CV determined the optimum number of samples with different error rates (5, 10, 15, 20 and 25%). The spatial variability maps show relatively homogeneous areas for the studied attributes. However with the obtained sampling it was possible to determine the appropriate amount of sample required per hectare for characterization of areas with coffee and the like the geomorphology pedology.

KEYWORDS: Sampling, specific zone management, geostatistics.

INTRODUÇÃO: O café é um dos produtos mais importantes para a balança comercial brasileira. Atualmente, calcula-se que existam 2.248.565,8 hectares cultivados no Brasil, sendo 1.032.874 hectares correspondentes ao Estado de Minas Gerais, que responde por aproximadamente 67,8% da produção de café do Brasil (CONAB, 2016). Além de ser o maior Estado produtor, Minas Gerais conta atualmente com o parque cafeeiro mais tecnificado, sendo o que mais emprega a colheita mecanizada. Nesse sentido, a produção de café merece atenção especial, principalmente visando atingir a sustentabilidade no processo produtivo, que pode ser possível com o conhecimento da continuidade espacial dos atributos do solo, sendo esta uma ferramenta importante para a melhoria das práticas de manejo e avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (CAMBARDELLA et al., 1994). O mapeamento dos atributos do solo que refletem sua qualidade física pode auxiliar na definição de melhores estratégias quanto ao seu uso e manejo (MELLO et al., 2006; SANCHEZ et al., 2009), produção de culturas agrícolas (SIQUEIRA et al., 2010; MANN et al., 2010) e estudos relacionados à gênese (CAMARGO et al., 2008). Porém, estudos sobre o planejamento amostral para caracterização da variabilidade em áreas cultivadas com café são escassas. Sendo assim, a utilização de métodos híbridos de análise de dados e a obtenção de um plano amostral adequado são necessárias visando qualidade da informação obtida e a economia nos recursos tecnológicos e naturais indispensáveis para a caracterização dessas áreas. Por tal motivo, objetivou-se caracterizar a variabilidade de atributos físicos do solo e determinar o planejamento amostral que melhor se adapta as condições de cultivo de café no Sudoeste de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo localiza-se no Município de Guimaranea, na região do Alto Paranaíba, no sudoeste do Estado de Minas Gerais. O clima, segundo a classificação de KOPPEN é o Aw (tropical), sendo a temperatura média de 18° C no mês mais frio e de 24° C no mês mais quente, com precipitação média anual de 1600mm. Na região predomina a rocha do grupo Bambuí, constituída por metaflitos sob depósitos de sedimentos do Terciário. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006) plantada com café da variedade *Coffea arábica* (catuí) há 18 anos, com espaçamento de 4,0m x 0,75m. Na área de 31,7 hectares foram amostrados 145 pontos no cruzamento de uma malha amostral com espaçamento regular de 50m x 50m, na profundidade de 0-20 m. Coletou-se amostras deformadas com auxílio do trado holandês para a determinação das frações granulométricas (areia, silte e argila) pelo método da pipeta. As amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de anéis volumétricos de 0,02 m de altura por 0,04 m de diâmetro para a determinação de porosidade (macroporosidade, microporosidade e porosidade total) e densidade do solo, segundo metodologia da EMBRAPA (1997). Foram feitas análises estatísticas descritivas e geoestatística para a obtenção dos semivariogramas. Os valores de alcance do semivariograma foram utilizados para estabelecer o espaçamento mínimo entre amostras. A partir dos resultados do coeficiente de variação (CV), valor de t de Student (t_{α}) e porcentagem de erro de 5% foi estimada a densidade amostral para cada atributo físico estudado conforme a equação descrita por Cline (1944): $n = \left(\frac{t_{\alpha} \cdot CV}{D} \right)^2$. Outro método utilizado foi o descrito por Chen e Peace (2011): $n = [8 \cdot (CV^2) / E] \times [1 + (1 - E)^2]$, que também utiliza os valores de coeficiente de variação do atributo considerado e permite estabelecer níveis de erro (E) de 5, 10, 15, 20 e 25%. O resultado das duas fórmulas mostra a densidade amostral para a área total, sendo dividido por 32 para a obtenção da densidade em pontos por hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os mapas de variabilidade dos atributos físicos são mostrados na Figura 1. É possível observar que a argila é o atributo mais homogêneo, mostrando-se diferente apenas na porção mais baixa da paisagem. Para os demais atributos, a variabilidade observada pode ter como causa a forma do relevo, sabendo que o fluxo de água pode condicionar as variações observadas. No entanto, o manejo feito na área também poder ter um efeito significativo na variabilidade, principalmente na densidade do solo. Nas áreas com maior valor desse atributo são observados valores menores para os microporos e valores maiores para macroporos, em ambas as profundidades, dando como resultado a compactação do solo. O conhecimento dessa variabilidade existente na área pode auxiliar no gerenciamento das operações agrícolas, nas áreas onde

poderia ser mais necessária a descompactação para melhoria da qualidade do solo. Na Tabela 1 estão descritas os parâmetros do semivariograma, observando-se alcances de 233 a 262 m, que indica a distância máxima em que as amostras estão relacionadas e é utilizado como critério para o espaçamento entre amostras para caracterização dos atributos considerados neste estudo e a partir desses valores foi estabelecida a densidade amostral pelo método da geoestatística mostrados na Tabela 1, junto com os métodos de Cline (1944) e Dien-Cheng e Peace (2011).

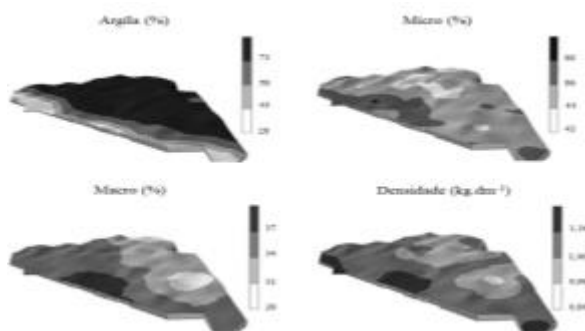


Figura 1. Mapas de variabilidade de atributos físicos em áreas com café no sudoeste de Minas Gerais

As densidades amostrais obtidas para os três métodos se mostram bem diferentes, variando de 1 a 26 amostras por hectare. Assim, o método de Dieng-Chen e Peace (2011) foi o que apresentou a menor densidade amostral com uma média de 0,63 pontos por hectare (1 ponto cada 1.6 hectares), considerando uma relativa homogeneidade na área.

Tabela 1. Densidade amostral para atributos físicos e granulométricos em áreas cultivadas com café no sudoeste de Minas Gerais.

Atributos do solo	Pontos na area total			Pontos por hectare		
	Cline (1944)	Dien-Chen e Peace (2011)	Alcance	Cline (1944)	Dien-Chen e Peace (2011)	Geoestatística
Argila	346,00	21,00	233,18	10,81	0,66	5,44
Micro	120,00	7,00	237,94	3,75	0,22	5,66
Macro	835,00	49,00	255,63	26,09	1,53	6,53
Densidade	44,00	3,00	232,38	1,38	0,09	6,88
Media	336,00	20,00	247,28	10,57	0,63	6,13

*considerando um erro de 5%

No entanto, para os outros métodos considerados a quantidade de amostras são relativamente maiores, sendo mais variável quando o método de Cline (1944) é utilizado. Já o método geoestatístico com base no alcance é mais homogêneo para todos os atributos, e poderia ser considerado o melhor, sendo que considera um componente espacial, que dá uma ideia da variabilidade na área. Por outro lado, utilizando o método do Cline (1944), e simulando vários níveis de erro e porcentagem de coeficiente de variação além do custo da coleta mais a análise das amostras, foi possível estabelecer várias densidades amostrais que poderiam ajustar-se a condição do produtor ou a disponibilidade de recursos. A figura 2 mostra a densidade amostral para argila, considerando em média um custo de 30 reais por amostra.

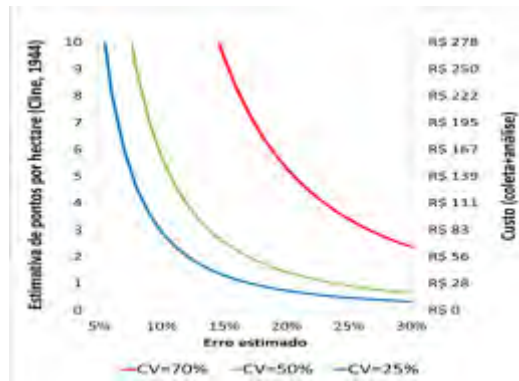


Figura 2. Densidades amostrais para vários níveis de erro e custo por amostragem para argila em áreas cultivadas com café no sudoeste de Minas Gerais

CONCLUSÃO: O conhecimento da variabilidade espacial de atributos físicos do solo auxilia na definição da densidade amostral, devido a que considera o componente espacial no estabelecimento da quantidade de amostras necessárias por hectare. Sendo assim, a densidade amostral proposta pode ser utilizada em áreas de mesma pedologia e geomorfologia, para caracterização de atributos físicos e granulométricos considerados neste estudo.

REFERÊNCIAS:

- CAMARGO, L.A.; MARQUES JR, J.; PEREIRA, G.T.; HORVAT, R.A. Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um latossolo sob diferentes formas de relevo. I – Mineralogia da fração argila. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, n.6, p.2269-2277, 2008.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: Café – Primeiro levantamento, janeiro/2016. Brasília, 2012. 68p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006, 306p
- MANN, K.K.; SCHUMANN, A.W.; OBREZA, T.A.; HARRIS, W.G.; SHUKLA, S. Spatial variability of soil physical properties affecting Florida citrus production. Soil Science, Philadelphia, v.175, n.10, p.487-499, 2010.
- MELLO, G.; BUENO, C.R.P.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.2, p.315-322, 2006.
- MENDONÇA, E.S.; LA SCALA, N.; PANOSSO, A.R.; SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.R.G. Spatial variability models of CO2 emissions from soils colonized with grass (*Deschampsia antarctica*) and moss (*Sanionia uncinata*) in Admiralty Bay, Maritime Antarctica. Antarctic Science, New York, v.23, n.1, p.27-33, 2011.
- MONTANARI, R.; MARQUES Jr., J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.40, n.1, p.69-77, 2005.
- SANCHEZ, R.B.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Variabilidade Espacial de Atributos de Latossolo e da Produção de Café em Diferentes Superfícies Geomórficas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.4, p.489-495, 2005.

CRIAÇÃO DE MAPAS DE PRESCRIÇÃO DE NITROGÊNIO EM DOSES VARIADAS PARA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE DADOS DE SENSOR DE DOSSEL

LUCAS RIOS DO AMARAL¹, NELSON FELIPE OLIVEROS², LAÍS BELLODI ARRUDA³,
MICHEL RUDAN ISAIAS VARGAS³, JOSÉ PAULO MOLIN⁴

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (19) 3521-1067, lucas.amaral@feagri.unicamp.br

² Engº Agrícola, Estudante de mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP,, Fone: (19) 32511082, nfoliverosm@gmail.com

³ Graduando em Engenharia Agrônômica, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP.

⁴ Engº Agrícola, Prof. Associado, Laboratório de Agricultura de Precisão, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba – SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi comparar diferentes formas de criação de mapas de prescrição de aplicação de fertilizante nitrogenado (N) a partir de dados de sensor de dossel e avaliar uma simulação de aplicação em tempo real de N na cultura da cana-de-açúcar. Foram coletados dados usando um sensor de refletância do dossel (CropCircle ACS-430) em dois talhões comerciais de cana-de-açúcar. A partir das informações coletadas foi calculada a recomendação de nitrogênio para cada ponto amostral e gerados os mapas de aplicação pelos métodos: valor médio da célula [CM], inverso do quadrado da distância [IDQ] e krigagem ordinária [KO], para tamanhos de célula de 1,5 e 15 m, e comparados com uma simulação de aplicação em tempo real [TR]. Observou-se menores erros nas doses prescritas de N no método [IDQ], apresentando os melhores resultados para a preparação de mapas de prescrição de fertilizante nitrogenado quando há grande densidade de dados, devido a sua facilidade de implementação. A aplicação de N em tempo real com base nas leituras do sensor se mostra problemática em função do alto tempo de resposta para ajuste de doses das máquinas aplicadoras de fertilizantes nacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Aplicação em tempo real, Fertilizante nitrogenado, Sensor óptico.

METHODS OF PRESCRIPTION MAPS PREPARATION AIMING THE NITROGEN APPLICATION IN VARIABLE-RATE IN SUGARCANE BASED ON CANOPY SENSOR DATA

ABSTRACT: The objective of this study was compare different ways of creating prescription maps of nitrogen (N) fertilizer application through canopy sensor data and evaluate a simulation of real time application of N in the sugarcane culture. Data were collected using a canopy reflectance sensor (CropCircle ACS-430) in two sugarcane commercial areas. From the collected information was calculated the nitrogen recommendation for each sample point and generated the application maps by the methods: average value of the cell [CM], inverse-square-distance [IDQ] and ordinary kriging [KO], for cell sizes of 1,5 and 15 meters, and compared to the simulation of real time application [TR]. Lower errors were observed in the N prescribed doses in the [IDQ] method, presenting the best results for maps preparation of nitrogen fertilizer prescription when there are large data density, due to his implementation facility. The N real time application based in the sensor readings show itself problematical in function of the high response time for adjust doses of fertilizer applying machines of national fertilizers.

KEYWORDS: Real time application, nitrogen fertilizer, optical sensor.

INTRODUÇÃO: A maior motivação para o uso de biocombustíveis é o seu potencial de reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) de forma sustentável (LEITE; LEAL, 2007). Para aumentar a competitividade do setor sucroalcooleiro é preciso aumentar a eficiência dos processos, com incremento na produtividade e redução nos custos de produção. Levando em conta os insumos como

um dos principais custos produtivos, a diminuição do seu uso é fundamental para a competitividade do setor. O nitrogênio (N) é um insumo sobre o qual se está pesquisando amplamente na atualidade devido a importância na fisiologia da cana-de-açúcar e a resposta variável à adubação que frequentemente apresenta (AMARAL; MOLIN, 2014), sendo esse o elemento absorvido em maiores quantidades pela cultura (DE OLIVEIRA *et al.*, 2007). Para uma aplicação mais efetiva, embasada no conceito de agricultura de precisão, a recomendação de aplicação deve considerar a variabilidade espacial da lavoura (CORA *et al.*, 2004); uma solução para tal é o uso de sensores de refletância do dossel (AMARAL; MOLIN, 2014). Essa tecnologia tem o objetivo de direcionar a aplicação de N em doses variadas e em tempo real. No entanto, a implementação de algoritmos que rejam essa aplicação é difícil e, conseqüentemente, é frequente se adotar a abordagem de criação de mapas de prescrição de N baseado nas leituras desses sensores (pós-processamento). Contudo, esse tipo de tecnologia de sensoriamento proximal permite a obtenção de alta densidade de dados e, com isso, surgem dúvidas sobre qual o melhor método de interpolação dos dados e criação dos mapas de prescrição, aliando praticidade e qualidade final da recomendação. Logo, procurou-se avaliar o resultado de diferentes métodos de geração dos mapas de prescrição de N para cana-de-açúcar, oriundo de dados de sensor de dossel, e compará-los ao desempenho da aplicação em tempo real.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em dois talhões comerciais de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto – SP, com cerca de 8,0 ha cada (Figura 1). Quando a cultura apresentava 0,5 m de altura de colmos, em média (AMARAL e MOLIN, 2014), foi realizada a avaliação com um sensor de dossel (CropCircle ACS-430, Holland Scientific, Lincoln, NE, EUA). Quatro unidades sensoras foram acopladas na barra de aplicação de um veículo autopropelido (Uniport NPK 3000, Jacto Máquinas Agrícolas, Pompéia, SP), mensurando linhas de plantio intercaladas e mantendo distância aproximada de 0,8 m entre sensor e dossel das plantas. A máquina deslocou a $\sim 3.89 \text{ m s}^{-1}$ (14 km h^{-1}), realizando coleta de dados pelo sensor na frequência de 1 Hz, com conexão com GNSS L1.

Por meio do índice de vegetação NDRE medido pelo sensor de dossel, calculou-se a dose de fertilizante nitrogenado que deveria ser aplicada em cada leitura do sensor, seguindo algoritmo desenvolvido por Amaral, Molin e Schepers (2015); para tanto, foi assumido produtividade média das áreas de 98 e 65 t ha^{-1} de colmos para os talhões B e D, respectivamente. Na sequência, avaliou-se diferentes formas de criação de uma superfície contínua de informação (mapa interpolado de prescrição) que poderia ser usado para a aplicação de fertilizante em doses variadas, variando o tamanho da célula utilizado (1,5 ou 15 m) e o método de interpolação (Média por célula, Inverso do Quadrado da Distância [IDQ] e Krigagem Ordinária [KO]). O tamanho das células foi escolhido em função do tamanho da barra de aplicação do veículo utilizado (15 m), já que como as células foram orientados no sentido das linhas de plantio, o veículo poderia seguir rigorosamente esse caminhamento e suas doses prescritas; a célula de 1,5 m buscou simular a aplicação de fertilizante individualizada por linha de cana (cenário possível no caso de adubação líquida). Com isso, as combinações dos tratamentos foram os seguintes: 1) dose média por célula de 15 m (CM-15m); 2) interpolação por IDQ e célula de 15 m (IDQ-15m); 3) interpolação por KO e célula de 15 m (KO-15m); 4) interpolação por IDQ e célula de 1,5 m (IDQ-1,5m); 5) interpolação por KO e célula de 1,5 m (KO-1,5m). Os mapas interpolados foram comparados à simulação de uma aplicação em tempo real (TR). Para essa simulação adotou-se células de 15 m de largura, representando a largura de trabalho da máquina, por 4 m de comprimento, representando o tempo percorrido pela máquina em 1 segundo, o qual é a resolução com que o sensor trabalha. Posteriormente, calculou-se a média dos dados presentes dentro de cada célula, conforme ocorreria no caso da máquina realizar o cálculo de um valor médio para os 4 sensores utilizados e, assim, aplicar uma única dose ao longo da barra. Assumindo-se um tempo de resposta de ajuste da dose pela máquina de 3 segundos, três células foram deslocadas para frente. Toda a manipulação de dados foi realizada no SIG QGIS com interface de programação no software R. A efetividade dos tratamentos (valores preditos por célula) foi avaliada tendo os valores de prescrição de N em cada uma das leituras do sensor de dossel como referência (valor real), calculando-se assim o RMSE (Erro médio quadrático) relativo à dose média recomendada para os talhões experimentais.

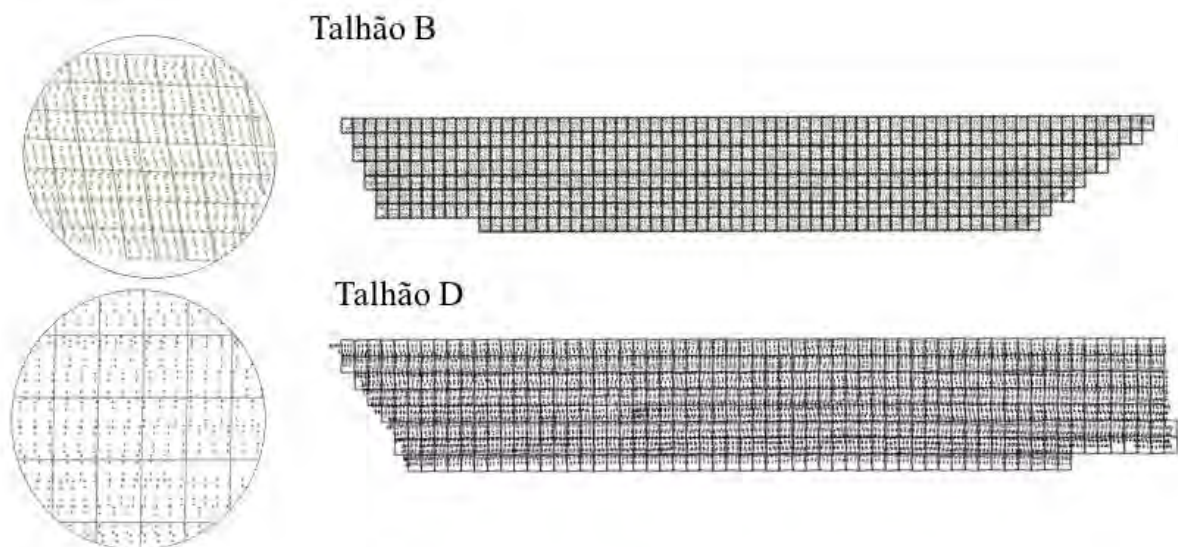


Figura 1. Talhões B e D e os dados coletados pelo sensor de dossel (pontos), mostrando as células de 15 m utilizados

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os métodos de interpolação apresentaram desempenho variável, mas com resultados consistentes nas duas áreas experimentais (Figura 2). Como era esperado, os menores erros nas doses recomendadas foram com a utilização de células de 1,5 m, embora apresentando diferença pouco expressiva em relação às células maiores. A proposta de realizar o cálculo de um valor médio por célula apresentou os maiores erros entre os métodos avaliados. A interpolação por KO apresentou desempenho levemente inferior ao IQD, provavelmente pela não manutenção dos valores observados nos pontos; isso mostra que quando há grande densidade de pontos, a KO não permite grande ganho de informação e o IDQ se apresenta como boa opção pela sua praticidade (LANDIM, 2000). Quando comparando o erro na dose aplicada para a simulação de aplicação em tempo real, observa-se erros duas a três vezes maiores do que quando usado o mapa de prescrição (Figura 2). Esse incremento no erro de dose é ocasionado pelo elevado tempo de ajuste das doses (tempo de resposta), inerente a máquinas aplicadoras de produtos sólidos. Dessa forma, os resultados obtidos aqui indicam que a aplicação de fertilizante em tempo real com as atuais máquinas aplicadoras de fertilizantes disponíveis no mercado pode ser ineficiente. No caso do direcionamento da aplicação baseada em mapa de prescrição, essa defasagem ocasionada pelo tempo de resposta é corrigida automaticamente pelo controlador de aplicação em taxa variável, pois é ajustado um tempo em que o controlador deve iniciar o ajuste de dose antes de chegar ao local estabelecido (função “*look ahead*”). Sendo assim, é preciso mais estudos para avaliar se a aplicação de N em tempo real se adequa à realidade das máquinas utilizadas na agricultura brasileira, sendo que a aplicação de adubo líquido pode ser uma opção mais indicada, já que o ajuste de dose pode ser mais rápido que a aplicação de sólidos, por meio de válvulas solenoides.

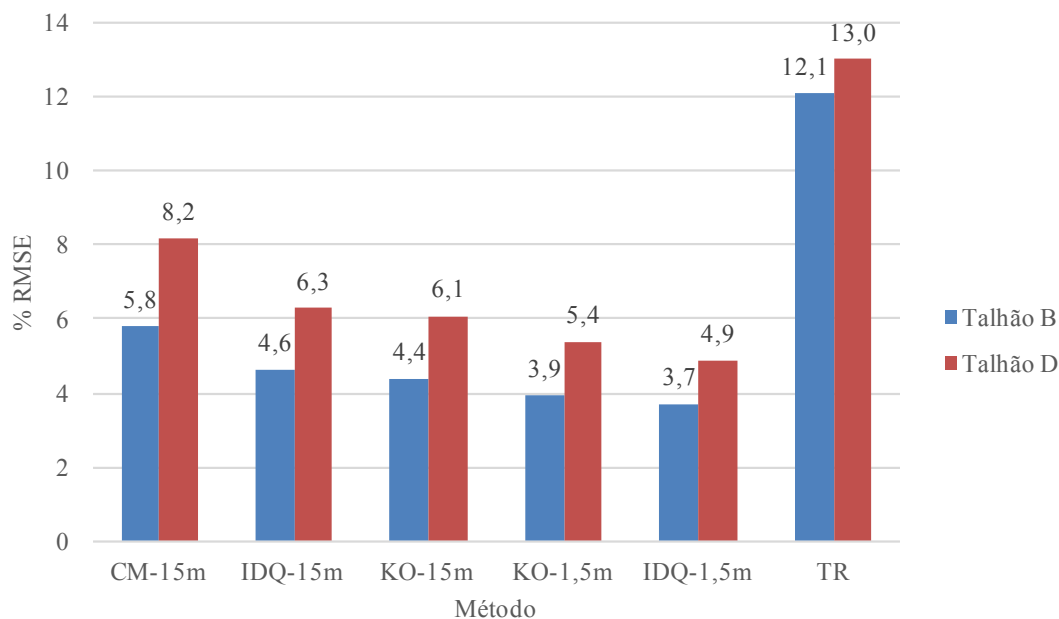


Figura 2. Erro da dose prescrita de nitrogênio (RMSE relativo) em função dos métodos de interpolação nos dois talhões experimentais.

CONCLUSÃO: O método de interpolação pelo Inverso do Quadrado da Distância apresenta os melhores resultados para a preparação de mapas de prescrição de fertilizante nitrogenado quando há grande densidade de dados, sendo que a krigagem ordinária apresenta desempenho muito semelhante, mas maior demanda e complexidade no processamento dos dados. A possibilidade de aplicação de fertilizante em doses variadas e em tempo real por meio de leituras de sensor de dossel é questionável, já que pode causar grande erro na dose aplicada em função do elevado tempo de resposta de máquinas aplicadoras de fertilizantes sólidos disponíveis no mercado brasileiro.

AGRADECIMENTOS: À usina São Martinho pela disponibilização da área e suporte à condução do experimento.

REFERÊNCIAS:

- AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P. The effectiveness of three vegetation indices obtained from a canopy sensor in identifying sugarcane response to nitrogen. *Agronomy Journal*, Madison, v. 106, n. 1, p. 273–280, 2014.
- AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P.; SCHEPERS, J.S. Algorithm for variable-rate nitrogen application in sugarcane based on active crop canopy sensor. *Agronomy Journal*, v. 107, p.1513-1523, 2015.
- CORA, J. E.; et al. Variabilidade espacial de atributos de solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n.6, p. 1013-1021, 2004.
- DE OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. *Informe Agropecuario*, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.
- GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal Of Hydrology*, Michigan, 228, n. 2, 2000. 113-129.
- LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: Unesp, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Depto. Geologia Aplicada, Lab. Geomatemática, 2000. 20 p. (Texto Didático). Disponível em: <<http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/robertowlourenco/dicas-surfer-01.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2010.
- LEITE, R. C. D. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. *Novos Estudos - CEBRAP*, n. 78, p. 15-21, 2007. ISSN ISSN 0101-3300.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO NA ESTIMATIVA DA TAXA DE APLICAÇÃO AGRÍCOLA E DEPOSIÇÃO NA CULTURA DO MILHO

EDER EUJÁCIO DA SILVA¹, FABIO HENRIQUE ROJO BAIO², MARCO ANTÔNIO VRECH³, ALEX ROGERS AGUIAR ZANIN⁴, DIEGO LIMA GASPARELLI⁴

¹ Discente de Agronomia, CPCS, UFMS, Chapadão do Sul – MS, Fone: (67) 99642-4588, eder.e.silva@hotmail.com

² Eng^o Agrônomo, Prof. Associado, CPCS, UFMS, Chapadão do Sul – MS

³ Eng^o Agrônomo, Mestrando, UFMS, Chapadão do Sul – MS

⁴ Discente de Agronomia, CPCS, UFMS, Chapadão do Sul – MS

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A pulverização agrícola é indispensável para o cultivo, visando o controle de plantas daninhas, pragas e doenças, assim como na aplicação de micronutrientes. O objetivo desse trabalho foi modelar matematicamente uma equação para a cultura do milho que indique a deposição de gotas obtida segundo a taxa de aplicação adequada e pelo indicativo do índice de vegetação (IV). A cultura foi implantada em espaçamento de 0,45 m e população de 60 mil plantas ha⁻¹ em sistema de plantio convencional. Para a aquisição do IV, foi utilizado o sensor multiespectral ativo Crop Circle ACS-470 da Holland Scientific. O delineamento experimental aplicado foi em faixas no esquema fatorial 4x4x4 (4 taxas de aplicação; 4 patamares diferentes do IV; e em 4 estádios fenológicos), com quatro repetições para cada tratamento. A deposição foi mensurada por espectrometria e pelo uso de corante amarelo tartrazina. A deposição de calda no terço médio do milho possui uma função quadrática positiva quando relacionada ao IV e a taxa de aplicação. Com o aumento do IV há a necessidade do aumento da taxa de aplicação para a manutenção da mesma deposição de calda no estrato médio da planta. O uso do RedEdge proporcionou o melhor ajuste do modelo matemático desenvolvido do que o NDVI.

PALAVRAS-CHAVE: Taxa de aplicação; NDVI; RedEdge

VEGETATION INDEX TO ESTIMATE APPLICATION RATE AND DEPOSITION IN CORN CROP

ABSTRACT: The agricultural spraying technique is essential to control weeds, pests and diseases in crops, as well as in the application of micronutrients. The objective of this study was to model mathematically an equation to be used on corn crop that indicates the droplet deposition obtained according to the application rate and the vegetation index (VI). The crop was seeded in row spacing of 0.45 m and with 60,000 plants ha⁻¹ in conventional tillage system. The multispectral active sensor Crop Circle ACS-470 Holland Scientific was used to the VI acquisition. The experimental design was applied in a factorial scheme 4x4x4 (4 application rates; 4 different levels of VI; and in 4 stages of plant growth), with four replications for each treatment. The deposition was measured by mass spectrometry and by the use of dye yellow tartrazine. The spray deposition in the middle third of the corn has a positive quadratic function when related to VI and the application rate. The application rate increment is needed when the VI rises in order to maintain the same spray deposition at the medium stratum of the plant. The use of the RedEdge VI provided the best fit of the mathematical model when compared with NDVI.

KEYWORDS: Application rate, NDVI, RedEdge

INTRODUÇÃO: O êxito da tecnologia de aplicação de agrotóxicos no controle de um alvo depende da recomendação de uma taxa de aplicação adequada. Muitos pulverizadores agrícolas são capazes de aplicar agrotóxicos em VRT (Variable Rate Technology), todavia, a recomendação acertada desse parâmetro em campo é subjetiva e dependente da experiência do técnico responsável (ANTUNIASSI & BAIO, 2009). Não se tem hoje uma ferramenta prática para diagnóstico da massa vegetal que por sua vez possa ser utilizada para indicar uma taxa de aplicação que garanta uma certa deposição da calda nos estratos inferiores da cultura. O Índice de

Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é o mais utilizado dentre os vários índices de vegetação (IV) espectrais. Sua sua representação matemática é descrita em diversos trabalhos (PORTZ et al., 2012; WANG et al., 2012). Entretanto, existem outros IV's os quais também possuem uma correlação elevada com a massa vegetal, como reportam RAPER & VARCO (2015). Segundo esses autores, os IV's NDVI e GNDVI (*Green NDVI*) possuem maior correlação com a altura de planta do que os índices de vegetação baseados na borda do vermelho (*RedEdge*). Porém, o *RedEdge* é altamente correlacionado com o conteúdo de N foliar. Devido a correlação forte e positiva entre IV e massa vegetal, e como há uma necessidade de aumento da taxa de aplicação em relação ao aumento da massa vegetal, existe a possibilidade do uso de sensores multiespectrais para estimativa da massa da cultura e determinação da taxa de aplicação na pulverização agrícola em culturas anuais. Por outro lado, a redução da taxa de aplicação requer otimização da tecnologia de aplicação para que mantenha uma qualidade e a eficiência das aplicações (SOUZA et al., 2012). O uso de menor taxa de aplicação aumenta a autonomia e a capacidade de campo operacional dos pulverizadores e diminui o risco de perdas por escorrimento. A busca por técnicas de redução de volume de água deverá ser incrementada e nas regiões de grande potencial agrícola, com distribuição irregular de água, as técnicas de baixo volume deverão ser priorizadas para que não se ampliem a falta deste recurso (GANDOLFO et al., 2011). O objetivo desse trabalho foi modelar matematicamente uma equação para a cultura do milho que indique a deposição de gotas obtida segundo a taxa de aplicação adequada e pelo indicativo do IV.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em na área experimental na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no município de Chapadão do Sul – MS, durante a safra 2015/16. O delineamento experimental aplicado foi em faixas no esquema fatorial 4x4x4 (4 taxas de aplicação; 4 patamares diferentes do VI na cultura do milho, estimulados por fertilização nitrogenada; e em 4 estádios fenológicos da cultura), com quatro repetições para cada tratamento. As parcelas experimentais possuíram dimensões de 2,7 x 5 m, totalizando 64 parcelas. Cada parcela foi cultivada com milho (*Zea mays*), sendo os tratos culturais recomendados para a região. A semeadura foi realizada em novembro de 2015, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e população de 60.000 plantas ha⁻¹. O sensor utilizado para calcular os IV's foi o Crop Circle modelo ACS-470 (Holland Scientific, Lincoln-NE/EUA), o qual possui três canais de medição óptica da refletância, associado ao posicionamento de seu GPS integrado. O sensor mede simultaneamente a refletância da cultura em três comprimentos de onda: 670 nm; 730 nm; e 760 nm. Foi aplicado em cobertura quando o milho atingiu o estágio fenológico V4 o fertilizante nitrogenado Uréia. Esse insumo foi utilizado para obter diferenças vegetativas no milho nos diferentes tratamentos, de modo a proporcionar diferenças nos índices vegetativos mensurados pelo sensor multiespectral. Assim, foi possível em uma mesma aplicação obter diferentes recuperações de calda depositada no estrato médio da cultura. Foram aplicadas 4 doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 240 kg ha⁻¹) as quais proporcionaram quatro zonas de índices de vegetação, classificadas segundo a metodologia de ANTUNIASSI et al. (2011). Foram pulverizadas quatro taxas de aplicação (40, 60, 80 e 100 L ha⁻¹) por meio do pulverizador costal pressurizado por CO₂ da Herbicat. O padrão do tamanho de gotas aplicado foi de gotas médias, com 250 µm de diâmetro mediano volumétrico (DMV). A análise da deposição das diferentes taxas de aplicação foi realizada por meio de soluções de calda contendo 4 concentrações do corante industrial amarelo de tartrazina FDC 5 (6.200, 4.133, 3.100, 2.480 mg L⁻¹), de modo a proporcionar a mesma deposição por área aplicada. Após a aplicação foi realizada a coleta de três folhas amostrais em cada parcela, as quais foram armazenadas em sacos plásticos de 0,30 m x 0,20 m e devidamente identificados (PETTENAN, 2012). As folhas foram lavadas com 30 mL de água destilada e escaneadas para determinação da área foliar pelo programa IMAGE J. A concentração final de cada amostra foi determinada pelo uso do espectrofotômetro SP-22 da Biospectro, com absorvância na faixa de ondas de 427 nm do espectro. Foram analisadas as deposições de calda contendo o corante nas folhas do estrato médio da planta. Foram realizadas 4 aplicações em diferentes estádios fenológicos do milho (V4, V6, V8 e V10). Os dados coletados foram analisados estatisticamente pelo programa estatístico SigmaPlot 11 pelo uso de regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 apresenta o modelo matemático ajustado pelo uso do IV NDVI. A partir da equação modelada é possível inferir que a deposição de calda no terço médio do milho possui uma função quadrática positiva quando relacionada ao NDVI e a taxa de aplicação. O aumento da taxa de aplicação e a diminuição do NDVI aumenta a deposição. Assim, como o desenvolvimento da cultura aumenta a massa vegetal, inferida pelo aumento do NDVI, há a necessidade do aumento da taxa de aplicação para a manutenção da mesma deposição de calda no estrato médio da planta de milho. Dessa forma, a aplicação em VRT de agrotóxicos pode ser realizada na cultura do milho variando-se a taxa de aplicação, conforme as leituras do NDVI, o qual pode ser mensurado em tempo real ou por mapeamento prévio. Quando o NDVI é menor, pode-se reduzir a taxa de

aplicação, aumentando-se a capacidade de campo operacional do pulverizador, sem comprometer a deposição. BAIIO et al. (2015) reportam sobre o procedimento necessário para a obtenção do mapa de prescrição de regulador de crescimento em VRT no algodoeiro pelo uso de um IV. BAIIO & ANTUNIASSI (2015) recomendam que essa variação da taxa de aplicação não seja superior a 20% ao redor da taxa média, para não comprometer o tamanho de gota em função da variação da pressão no circuito hidráulico do pulverizador.

$$Dep = 0,2871 + (0,0006 * Tx) - (0,6418 * NDVI) + [(1,1613 * 10^{-5}) * Tx^2] + (0,3613 * NDVI^2)$$

Equação: $p < 0,0001 \rightarrow r = 0,65$
 Parâmetros: $p < 0,05$

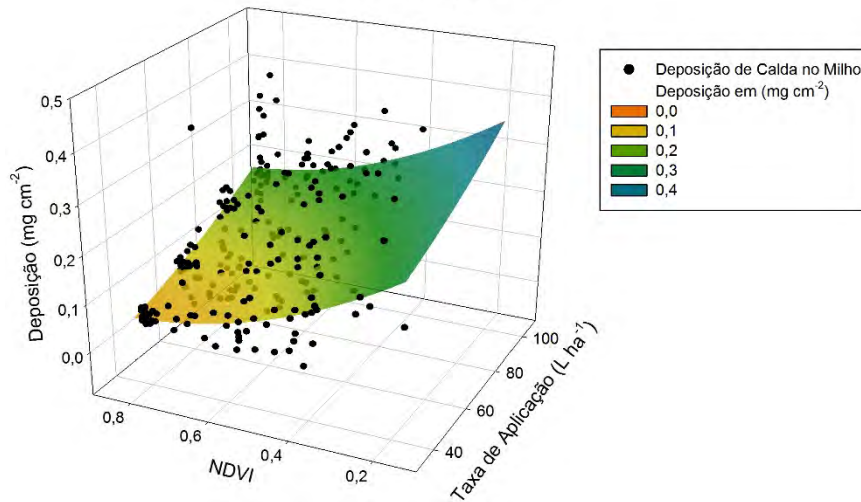


FIGURA 1. Interação entre deposição de calda, IV pelo NDVI e taxa de aplicação (Tx).

A Figura 2 apresenta o modelo matemático ajustado pelo uso do IV *RedEdge*. O modelo apresenta que variação de deposição de calda no terço médio do milho também possui uma função quadrática positiva quando relacionada ao *RedEdge* e a taxa de aplicação.

$$Dep = 0,2421 + (0,0002 * Tx) - (0,0060 * Red) + [(1,5059 * 10^{-5}) * Tx^2] + [(3,8819 * 10^{-5}) * Tx^2]$$

Equação: $p < 0,0001 \rightarrow r = 0,68$
 Parâmetros: $p < 0,05$

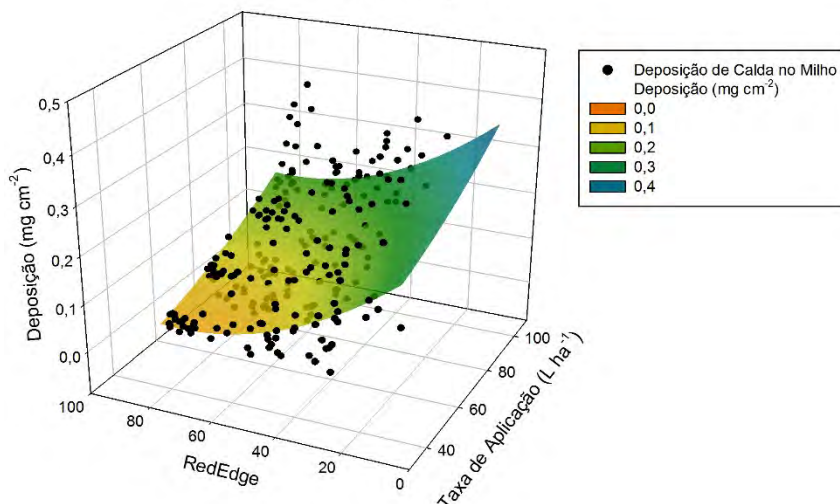


FIGURA 2. Interação entre deposição de calda, IV pelo *RedEdge* e taxa de aplicação (Tx).

O uso do sensor multiespectral Crop Circle mensurando o IV *RedEdge* proporcionou o melhor ajuste estatístico do modelo, com coeficiente de determinação de 0,68, contra os 0,65 do NDVI. SHARMA et al. (2016) apresentam que as leituras do IV na cultura do milho podem ser melhoradas pelo uso em concomitância do sensor de ultrassom medindo a altura da planta.

CONCLUSÃO: A deposição de calda no terço médio do milho possui uma função quadrática positiva quando relacionada ao IV e a taxa de aplicação. Com o aumento do IV há a necessidade do aumento da taxa de aplicação para a manutenção da mesma deposição de calda no estrato médio da planta. O uso do RedEdge proporcionou o melhor ajuste do modelo matemático desenvolvido do que o NDVI.

AGRADECIMENTOS: À Fundect e ao CNPq pelo aporte financeiro.

REFERÊNCIAS:

- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R.; SHARP, T. Agricultura de Precisão. In: Freire, E.C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2.ed., Aparecida de Goiânia: Mundial Gráfica, 2011, p. 1051-1082.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Org.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009, p. 173-212.
- BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R. Pulverização automática. **Cultivar Máquinas**, v.8, n.158, p.16-18, 2015.
- BAIO, F.H.R.; LEAL, A.J.F.; NEVES, D.C.; SOUZA, H.B.; GASPARELLI, D.L. Resposta imediata: Aplicação localizada de insumos em taxa variável em si já é um grande avanço tecnológico para as lavouras. **Cultivar Máquinas**, v. 8, n. 154, p. 12-18, 2015.
- GANDOLFO, M. A.; RODRIGUES, E. B.; ABI SAAB, O. J. G.; Cana-de-açúcar: avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola Ambiental**, v.15, nº.1, Campina Grande, jan., 2011.
- MARCHI, S. R.; MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; NEGRISOLI, E. Degradação luminosa e retenção foliar dos corantes azul brilhante FDC-1 e amarelo tartrasina FDC-5 utilizados como traçadores em pulverizações. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 287-294, 2005.
- PETTENAN, A. L. **Avaliação da deposição da calda com o uso de adjuvante em dois estádios fenológicos da soja**. Chapadão do Sul, 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, 2012.
- PORTZ, G.; MOLIN, J. P.; JASPER, J., Active crop sensor to detect variability of nitrogen supply and biomass on sugarcane fields. **Precision Agriculture**, v. 13, p. 33-44, 2012.
- RAPER T. B.; VARCO J. J. Canopy-scale wavelength and vegetative index sensitivities to cotton growth parameters and nitrogen status. **Precision Agriculture**, v.16, p.62-76, 2015.
- SHARMA, L. K.; BU, H.; FRANZEN, D. W.; DENTON, A. Use of corn height measured with an acoustic sensor improves yield estimation with ground based active optical sensors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.124, p.254-262, 2016.
- SOUZA, L. A.; CUNHA, J. P. A. R.; PAVANIN, L. A. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 78-85, jan-mar, 2012.
- WANG, Y. P.; CHEN, S. H.; CHANG, K. W.; SHEN, Y. Identifying and characterizing yield limiting factors in paddy rice using remote sensing yield maps. **Precision Agriculture**, v. 13, p. 553-567, 2012.

PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO CULTIVADO SOB SUCESSÃO SOJA-MILHO EM SEMEADURA DIRETA POR 11 ANOS

RENAN TAVANTI¹, ONÁ DA SILVA FREDDI², MATHEUS BORTOLANZA SOARES¹, TAUAN TAVANTI¹, LETÍCIA CAROLINA COSTA³

¹ Engº Agrônomo, Mestrando em Agronomia, Programa de pós graduação em Agronomia, UFMT, Sinop-MT. E-mail: renan.tavanti@hotmail.com.br

² Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, UFMT, Sinop-MT.

³ Estudante, discente do curso de Agronomia, UFMT, Sinop-MT

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A sucessão soja-milho em semeadura direta (SSD) é a prática de cultivo mais comum no estado de Mato Grosso. Os solos submetidos a este tipo de sistema estão propensos à formação de gradientes de compactação superficial, restringindo a produtividade das culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos do Latossolo Vermelho-Amarelo após 11 anos de sucessão contínua de soja e milho em semeadura direta, utilizando técnicas de agrupamentos e análise geoestatística. O experimento foi conduzido na fazenda Chão Nativo, localizada no município de Sinop-MT, ecótono Cerrado-Amazônia. Instalou-se uma malha retangular com 103 pontos amostrais distribuídos em uma área de 7,02 ha⁻¹, nos quais se determinou a produtividade de grãos da soja (Pg) e os atributos físicos de resistência do solo à penetração (Rp), umidade gravimétrica (Ug) e teor de argila do solo (Arg) na camada de 0-0,10 m de profundidade. A soja apresentou amplitude na produtividade de grãos entre 2,83 e 3,70 Mg ha⁻¹, que foi correlacionada com a distribuição espacial da resistência do solo à penetração e o teor de argila. A técnica de agrupamentos não-hierárquica *k-means* separou 3 classes de clusters regiões de baixa, média e alta produtividade de grãos.

PALAVRAS-CHAVE: Glycine max; resistência do solo à penetração; geoestatística.

PHYSICAL PROPERTIES OF AN UDOX CULTIVATED IN SUCCESSION SOYBEAN-CORN IN NO-TILLAGE FOR 11 YEARS

ABSTRACT: The succession soybean-corn in no-tillage system (SSD) is the most common practice crop in the state of Mato Grosso. Soils subjected to this type of system are prone to develop surface compression gradients restricting crop yields. The objective was to evaluate the physical attributes of Udox after 11 years of succession continues soybean and corn in direct sowing, using techniques clusters and geostatistical analysis. The experiment was conducted at the farm Chão Nativo, located in the Sinop-MT, ecotone Cerrado-Amazon. Installed a rectangular grid with 103 sampling points distributed in an area of 7.02 ha⁻¹, in which it was determined the soybean grain yield (Pg) and the physical attributes of penetration soil resistance (Rp), humidity gravimetric (Ug) and clay content (Arg) in the soil layer of 0-0.10 m deep. Soybean showed amplitude in grain yield between 2.83 and 3.70 Mg ha⁻¹, which was correlated with the spatial distribution of soil penetration resistance and the clay content. The technique k-means separated three clusters of classes indicating low regions, medium and high grain yield.

KEYWORDS: *Glycine max*; soil penetration resistance; geostatistics.

INTRODUÇÃO: A sucessão soja-milho em semeadura direta associada às aplicações de fertilizantes e corretivos a lanço é o sistema de produção agrícola mais difundido no estado de Mato Grosso. O incessante uso destas práticas pode promover danos à estrutura do solo. Como por exemplo, a indesejável formação de gradientes de compactação no solo (VALADÃO et al., 2015), devido principalmente ao tráfego intenso de maquinários e revolvimento do solo apenas em linhas de semeadura (BERGAMIN et al., 2010). As operações de colheita da soja e semeadura do milho normalmente são realizadas no período chuvoso, início de fevereiro. Estes

procedimentos tendem a compactar os solos, pois a água reduz a coesão e atua como lubrificante entre as partículas de solo, permitindo o deslizamento e o empacotamento das partículas quando submetido a algum tipo de pressão (LUCIANO et al., 2012). Para manejar adequadamente os solos agrícolas faz-se necessário o conhecimento dos padrões de distribuição das propriedades físicas do solo que são úteis nas tomadas de decisões. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos do solo após 11 anos de sucessão contínua de soja e milho em semeadura direta por meio da geoestatística multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido na fazenda Chão Nativo, situada no município de Sinop-MT, nas coordenadas 11°48'14,64"S, 55°34'55,93"O, ecótono Cerrado-Amazonia. O clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw, segundo a classificação proposta por Köppen), com duas estações bem definidas. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Udox – Soil Survey Staff, 2014), com valores de 501 g kg⁻¹ de argila, 143 g kg⁻¹ de silte e 356 g kg⁻¹ de areia na camada de 0-0,20 m. A área de estudo vem sendo cultivada em sucessão contínua com soja (*Glycine max*) e milho safrinha (*Zea mays*) e sistema de semeadura direta (SSD) desde o ano 2000. No dia 20 de outubro de 2010, realizou-se a semeadura da soja, cultivar transgênica Pioneer 98Y70, no espaçamento de 0,55 m e densidade de 10,5 plantas por metro. As práticas de manejo da cultura foram procedidas homoganeamente em toda a área experimental seguindo as recomendações técnicas para o cultivo da soja na região. No mapeamento dos atributos físicos do solo construiu-se uma malha de amostragem retangular, contendo 6 linhas e 13 colunas espaçadas de 30 em 30 m em ambos os eixos, totalizando 78 pontos amostrais distribuídos em uma área de 7,02 ha⁻¹. Além disso, foram alocados dentro da malha mais 25 pontos de refinamento entre os pontos de 30 m, visando detalhar a dependência espacial dos atributos do solo. Em 26 de fevereiro de 2011 foram retiradas amostras de estrutura deformada na camada de 0-0,10 m de profundidade em cada ponto da malha para determinação da umidade gravimétrica (Ug) e teor de argila do solo (Arg) conforme Embrapa (1997). A determinação da resistência do solo à penetração (Rp) foi realizada por meio de um penetrômetro de impacto em cada ponto amostral, considerando-se a camada de 0-0,10 m. A produtividade de grãos (Pg) foi determinada através das plantas coletadas no entorno de cada ponto amostral, em uma área útil de 4,4 m² (1,1 x 4 m). Posteriormente foi calculada para a área de um hectare e corrigida a umidade para 13%. Foram realizados três métodos estatísticos, inicialmente procedeu-se a análise descritiva dos dados para estudo explanatório das variáveis e normalidade pelo teste de Shapiro Wilk a 0,05 de probabilidade. Posteriormente os dados foram submetidos à análise geoestatística, a qual constituiu-se da modelagem dos semivariogramas. A obtenção do semivariograma cruzado foi testada entre a Pg e os atributos físicos do solo. Os dados foram padronizados para apresentar variância 1 e média 0 e então submetidos a análise de agrupamentos não-hierárquica k-means para definição de zonas de manejo. Ao final, realizou-se a interpolação por krigagem ordinária dos dados de produtividade, dos atributos físicos do solo e dos clusters obtidos na análise multivariada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio da análise descritiva observa-se que a produtividade grãos média foi de 3,28 Mg ha⁻¹ (Tabela 1), valor superior a média nacional na safra de 2015/2016 que foi de 2,92 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2016). Embora a média seja considerada elevada, verifica-se que a Pg variou entre 2,83 e 3,70 Mg ha⁻¹ evidenciando que existem locais na área com produtividades inferiores à média nacional, e que precisam de uma investigação local. Com relação aos atributos físicos do solo, verifica-se que o Latossolo apresentou Rp média de 5,47 MPa acima do limite crítico de 2 MPa caso seja considerado como restritivo ao crescimento de raízes e parte aérea das plantas (TORMENA et al., 1998).

TABELA 1. Análise descritiva dos atributos físicos do Latossolo Vermelho-Amarelo e da produtividade de grãos da soja em sistema de semeadura direta. **Descriptive analysis of the physical attributes of Udox and the soybean yield in no-tillage system.**

Atributos	Pg (Mg ha ⁻¹)	Rp (MPa)	Ug (kg kg ⁻¹)	Arg (dag kg ⁻¹)
Média	3,28	5,47	0,25	47,84
Mínimo	2,83	2,39	0,17	35,80
Máximo	3,70	9,37	0,34	59,10
Dp ¹	0,18	1,61	0,02	5,20
Cv ²	5,48	29,43	8,00	10,86
Pr>w ³	0,09 ^N	0,02 ^T	0,01 ^T	0,53 ^N

¹ Dp: desvio padrão; ² Cv: coeficiente de variação (%); ³ Pr>w: teste de Shapiro Wilk a 0,05 de probabilidade, sendo ^N distribuição normal de frequências e ^T distribuição tendendo ao normal.

Contudo, verifica-se que o coeficiente de variação foi acima de 25%, resultando em uma amplitude de resistência entre 2,39 e 937 MPa. Para determinação da Rp com penetrômetro de impacto, recomenda-se que o solo esteja com umidade próxima à capacidade de campo, o que foi atendido com a Ug média de 0,25 kg kg⁻¹. Em relação a argila, observou-se uma amplitude nos teores entre 35,80 e 59,10 dag kg⁻¹. Sabe-se que a classe textural do solo pode modificar as propriedades físicas e químicas do solo, como por exemplo, agregação, porosidade e a densidade do solo. Com isso o volume de água retida e a resistência do solo à penetração são diretamente afetados (LUCIANO et al., 2012). O teste de Shapiro Wilk confirmou a distribuição do tipo normal para a Pg e Arg, e tendendo ao normal para Rp e Ug. A análise geoestatística indicou elevada dependência espacial para todos os atributos avaliados ajustando-se aos modelos esférico e exponencial (Tabela 2).

TABELA 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para produtividade de grãos da soja e dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Semivariogram parameters adjusted for grain yield of soybean and physical attributes of an Udox.**

Atributo ¹	Parâmetros do ajuste							Validação cruzada		
	Mod ¹	Co	Co+C	Ao ²	SQR ³	r ²	ADE ⁴	a	b	r
	Pg	exp	0,00	1,3x10 ⁻²	132,30	0,00	0,15	78	0,18	0,94
Arg	exp	2,93	24,47	64,80	107,00	0,30	88	-0,33	1,00	0,54
Rp	exp	0,60	2,87	198,90	2,05	0,61	79	0,23	0,96	0,60
Ug	exp	0,00	8,4x10 ⁻⁴	128,70	1,6x10 ⁻⁴	0,81	77	0,01	0,96	0,56
Pg f(Rp)	esf	0,00	1,2x10 ⁻²	73,20	0,02	0,49	99	2,18	0,34	0,35
Pg f(Arg)	esf	0,00	-6,5x10 ⁻²	262,30	0,01	0,27	99	2,23	0,32	0,33
Cluster	esf	0,30	0,74	166,80	0,21	0,53	59	0,10	0,95	0,54

¹ Mod: corresponde aos modelos esférico (esf), exponencial (exp) e efeito pepita puro (epp); ² Ao: corresponde ao alcance (m); ³ SQR: soma de quadrados do resíduo; ⁴ ADE: avaliador de dependência espacial (%).

A Rp apresentou o maior alcance de 198,90 m indicando maior continuidade deste atributo no espaço em relação a Pg. Por meio da validação cruzada pode-se constatar a qualidade dos ajustes dos semivariogramas com coeficientes angulares (b) acima de 0,75, referentes ao modelo linear entre os valores observados e estimados. A correlação espacial foi obtida através do semivariograma cruzado entre os atributos Rp e Arg versus a Pg. Com isso, verificou-se que a variabilidade espacial da Pg se correlacionou de forma direta com a distribuição espacial dos atributos físicos do solo. Os semivariogramas cruzados ajustaram-se ao modelo esférico, com elevada dependência espacial e alcances variando entre 73,20 e 262,30 m. Conforme descrito no material e métodos, para a análise de cluster não-hierárquica foi considerado a separação dos dados em três grupos homogêneos para estabelecimento de zonas de manejo, nomeadas como zona de alta, média e baixa produtividade (Figura 2).

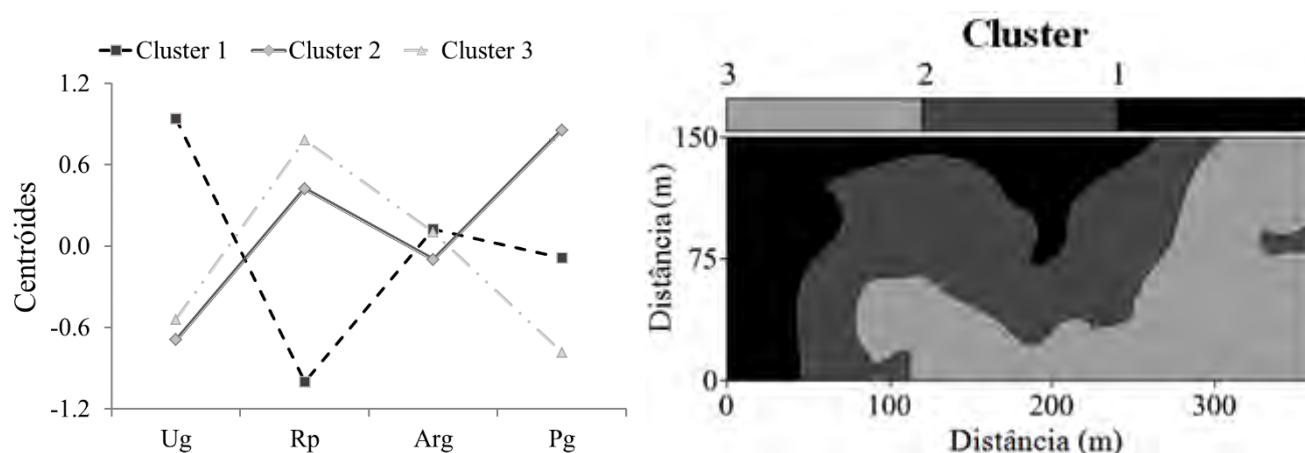


FIGURA 2. Perfil dos centroides obtidos na análise de agrupamentos não-hierárquica *k-means* e mapa de distribuição espacial dos clusters. **Profile of centroids obtained in the non-hierarchical clustering analysis *k-means* and spatial distribution map of clusters.**

Conforme os coeficientes obtidos para Ug, Rp, Arg e Pg nos centroides, observou-se que o primeiro cluster (Cluster 1) indicou ser a melhor condição física do solo. Este representou 24,73% da área com valores de Ug, Rp

e Arg variando entre 0,25 e 0,32 kg kg⁻¹, 2,38 e 4,2 MPa, e 44,17 e 56,18 dag kg⁻¹, respectivamente. O coeficiente da Pg no centroide foi de -0,09, e indicou produtividade de grãos entre 3,3 e 3,4 Mg ha⁻¹, comprovando ser a zona de média produtividade. Em relação ao segundo cluster (Cluster 2), este representou 33,04% da área com elevado coeficiente no centroide para Pg. Os valores de produtividade nesta área estiveram entre 3,41 e 3,7 Mg ha⁻¹ indicando ser zona de alta produtividade. Os baixos coeficientes obtidos no centroide para Ug e Arg indicaram amplitude de valores entre 0,23 e 0,25 kg kg⁻¹ e 35,80 e 44,89 dag kg⁻¹, respectivamente. O terceiro cluster (Cluster 3) representou a pior condição física do solo na área em 42,21%. Devido ao coeficiente de Rp ser elevado no centroide, este atributo apresentou amplitude entre 5,7 e 9,37 MPa. Os valores médios de Ug e Arg nesta classe foram de 0,2 kg kg⁻¹ e 50,19 dag kg⁻¹, respectivamente. A produtividade de grãos nesta área esteve entre 2,83 e 3,29 Mg ha⁻¹, indicando ser a zona de baixa produtividade. A análise multivariada associada à geoestatística permitiu resumir, mapear e interpretar as condições físicas do solo, delimitando assim zonas de manejo em função da produtividade de grãos. Evidenciando a importância da agricultura de precisão para o manejo de grandes propriedades agrícolas, como as do norte de Mato Grosso, nas quais é observada nos talhões uma variabilidade nos atributos físicos, principalmente com relação à textura.

CONCLUSÃO: A prática da semeadura direta associada a sucessão soja-milho por 11 anos causaram mudanças na estrutura da variância e covariância dos atributos físicos sendo detectadas pela análise de agrupamentos não-hierárquica. Os atributos do solo e a produtividade de grãos da soja foram resumidos em 3 clusters. Os elevados valores de resistência do solo à penetração corresponderam aos locais de baixa produtividade da soja. O uso da análise de componentes principais associado a geoestatística demonstrou por meio dos mapas de krigagem que tem potencial para ser usado como uma ferramenta na definição de áreas homogêneas de manejo, principalmente para recuperação de solos degradados.

REFERÊNCIAS: BERGAMIN, A.C., VITORINO, A.C.T., FRANCHINI, J.C., SOUZA, C.M.A., SOUZA, F.R. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 681-691, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos: safra 2015/2016: Oitavo levantamento**, 2016 p. 1-178. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 20 de junho de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

LUCIANO, R. V., ALBUQUERQUE, J. A., COSTA, A., BATISTELLA, B., WARMLING, M. T., Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1733-1744, 2012.

TORMENA, C. A.; SILVA, AP da; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.

VALADÃO, F. C. A., WEBER, O. L. S., JÚNIOR, D. D. V., SCAPINELLI, A., DEINA, F. R., BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE (CEa) COMO INDICADOR DE LA VARIABILIDAD DE UN SUELO CULTIVADO CON ARROZ EN CONDICIONES TROPICALES

JUAN QUIRÓS¹, JOSÉ P. MOLIN², RAFAEL MATA³

¹ Eng° Agrônomo, Pós-Graduando, ESALQ-USP, Piracicaba –SP, juanquiros2@gmail.com

² Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, jpmolin@usp.br

³ Eng° Agrônomo, Prof. M.Sc., Centro de Investigaciones Agronómicas, CIA, UCR, San José – CR, rafael.mata@ucr.ac.cr

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Se estudió la Conductividad Eléctrica Aparente (CEa) como indicador de la variabilidad de un suelo cultivado con arroz (*Oryza sativa*), en condiciones tropicales. Antes de medir la CEa en todo el terreno, se realizó un análisis de semivarianza en una parcela de 2500 m² para determinar la mínima densidad que se debería colectar en el muestreo final, en el cual se tomaron 10 datos de CEa por hectárea. Los datos fueron colectados con un equipo Landmapper ERM-02. Se identificaron tres puntos representativos de zonas homogéneas del terreno, en los cuales se realizaron observaciones de campo y se tomaron muestras a 30 y 60 cm de profundidad para su respectivo análisis en laboratorio. Se analizaron propiedades tanto químicas como físicas, y los resultados se correlacionaron con los valores de CEa, de tal manera que aquellas variables que muestren alta correlación serían las que determinan la heterogeneidad del suelo. En este caso las variables que correlacionaron con la CEa, y por tanto las variables que definen la heterogeneidad del terreno, fueron el contenido de Mg, la CEe, la profundidad del horizonte C, el contenido de limos y arenas y el contenido de MO.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeo de suelos, conductividad eléctrica aparente, zonas homogéneas.

APPARENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY (ECa) AS INDICATOR OF VARIABILITY IN A SOIL CULTIVATED WITH PADDY UNDER TROPICAL CONDITIONS

ABSTRACT: Apparent Electrical Conductivity (ECa) was analyzed as an indicator of variability in a soil cultivated with paddy (*Oryza sativa*) in tropical conditions. Before measuring ECa in the complete area, an analysis of semivariance was performed in a plot of 2500 m², in order to determine the minimum number of samples per hectare that should be collected in the final sampling, for which 10 measurements of ECa per hectare were taken. Data were collected with a Landmapper ERM-02 system. Three representative points of homogeneous areas of low, medium and high ECa were identified; on each point field observations were made, and soil samples were taken at 30 and 60 cm depth for its laboratory analysis. Both, physical and chemical properties were evaluated and the results were correlated with ECa values, such that the variables showing high correlation, would determine soil heterogeneity. In this case, the variables correlating with ECa, therefore the variables defining field heterogeneity, were Mg content, the ECe, depth of horizon C, silt, sand, and OM content.

KEYWORDS: Soil mapping, apparent electrical conductivity, homogeneous zones.

INTRODUÇÃO: Conocer y manejar la variabilidad de un terreno es fundamental para obtener aumentos de productividad. Por lo general, el método utilizado para determinar esa variabilidad se basa en intensos muestreos de suelo que conllevan altos costos (Pozdenyakova, 1999). Además, estos estudios no suelen ser precisos debido a que una muestra debe representar una grande área, con lo que métodos de interpolación para generar mapa presentan mayor error. La medición de la CEa es determinada por un impulso eléctrico enviado a través del suelo, que sigue tres vías: [1] la Conductividad Eléctrica (CE) de una vía que pasa de la fase líquida a la sólida de manera intermitente, [2] la CE de la fase líquida del suelo, y [3] la CE de sus partículas sólidas (Corwin y Lesch, 2005). Muchos estudios han demostrado que mapeos de CEa reproducen la heterogeneidad del terreno de una manera práctica, y con bajo costo y buena precisión (Tabbagh y Cosenza, 2007). Los mapas de CEa permiten identificar

zonas homogéneas en el suelo, en las cuales se realizan análisis de propiedades físicas y químicas para determinar las características edáficas que diferencian a cada zona. Los resultados de esos análisis se pueden correlacionar con los datos de CEa y rendimiento, y así llegar a definir zonas de manejo específico (Kitchen et al., 2005). Este es el principio de la agricultura de precisión, y entre sus principales beneficios se pueden citar: redistribución optimizada de gastos en insumos, aumento en la producción, y disminución del impacto ambiental, entre otros (Shoup et al., 2004). El objetivo de este trabajo fue estudiar las ventajas y limitaciones del estudio de la CEa como indicador de la variabilidad de un terreno de arroz bajo riego por inundación en condiciones tropicales.

MATERIAL E MÉTODOS: Se midió la CEa utilizando el equipo Landmapper ERM-02 (Landviser, Houston, Texas, Estados Unidos), operado manualmente e cuya sensibilidad llega hasta 1m de profundidad. Para eso, los electrodos fueron espaciados a 30 cm entre ellos. El terreno, de 25 ha, cultivado con arroz bajo riego, se localiza en Bagaces, Guanacaste, Costa Rica (10.425597° Lat. Norte, y -85.164486° Long. Oeste). El área colinda al Oeste con el Río Tenorio, en dirección al cual se presenta una pendiente cercana al 1 %.

Se realizó un análisis previo de semivarianza en una parcela de 2500 m² localizada en un sector representativo del terreno, con el cual se definió la densidad de muestras a tomar posteriormente en el muestreo definitivo del área total de 25 ha. La parcela de 2500 m² se dividió en 5 filas distanciadas a 5 m, y en cada fila se tomaron 10 mediciones también a cada 5 m; en total se obtuvieron 50 datos. Dicho análisis de semivarianza se realizó con el módulo de análisis geoestadístico del programa ArcGIS 9.3, y se basó en el procedimiento expuesto por Johnston et al. (2001). Dicho análisis siguió los siguientes pasos: (1) Incorporación de los datos a ArcGIS 9.3. Los datos recolectados fueron digitalizados y transformados a un formato legible para este *software*. (2) Creación de la superficie del mapa. Con los datos digitalizados se generó la superficie sobre la cual se trabajaría posteriormente el análisis geoestadístico. (3) Ajuste del semivariograma. Para esto se realizaron los siguientes pasos: (3a) ajuste de los datos a una distribución normal; (3b) identificación y eliminación de tendencias; (3c) eliminación de puntos con información errónea; (3d) selección del mejor modelo para el semivariograma; (3e) ajuste de la influencia direccional; (3f) validación del semivariograma. Para esto se utilizó un análisis de validación cruzada. (4) Ajuste del mapa al área de interés. Se extrapolaron datos a los sectores que no alcanzó la interpolación, y se eliminó el área mapeada que sobrepasaba los límites del terreno.

Con los resultados del análisis de semivariância se fijó una densidad de 10 puntos de muestreo por ha para el muestreo definitivo en el área total de 25 ha, es decir, 250 puntos de muestreo en total. La información colectada se procesó en el programa ESAP (2.35, USDA, Estados Unidos). Con este se identificaron tres puntos de muestreo en el terreno; en cada uno se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (30 y 60 cm). Para cada muestra se analizaron las siguientes propiedades: Concentración de bases, pH, acidez, materia orgánica (% MO), conductividad eléctrica de la solución del suelo (CEe), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), textura y porosidad. Además, se expuso 1 m del perfil del suelo en cada punto. Para esto se realizó una microcalicata de 40 cm de ancho x 50 cm de largo y 60 cm de profundidad; en el fondo de esta se introdujo el barreno a 40 cm para completar la observación a la profundidad predefinida. El perfil se expuso y se marcaron los horizontes. Con los resultados obtenidos en los análisis se estudió la correlación entre la CEa y cada una de las variables. Se identificaron las variables de alta correlación con la CEa como las que más influyen en la heterogeneidad del terreno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Con los datos obtenidos en la parcela de 2500 m² ubicada en un sector representativo del terreno, se generó un semivariograma con el módulo de análisis geoestadístico (Figura 1a). Se nota que los puntos ubicados a una distancia menor de 20 m son dependientes espacialmente (se encuentran bajo el límite de dependencia espacial), mientras que aquellos ubicados a una mayor distancia pierden toda relación. Cada punto de medición en el muestreo final debe estar ubicado máximo a 20 m de su vecino más próximo. El mapa generado con los 250 datos colectados (Figura 1b) muestra dos secciones de alta CEa ubicadas al Noreste y Suroeste del terreno; los valores del parámetro en esas zonas son mayores a 30 mS m⁻¹. Por su parte, en el centro del terreno la CEa adopta valores de medios a bajos, que se ubican en un rango de 15 a 30 mS m⁻¹. Los sectores con mayor CEa en la parte Noreste y Suroeste abarcan un área aproximada de 7 ha, lo cual es cerca de un 28 % del área total. Los valores bajos de CEa cubren una zona de 9 ha (36 %), de la misma manera que el espacio ocupado por valores medios. Los datos obtenidos en el muestreo identificaron los puntos en los que se debía realizar las observaciones del suelo. Se realizó el muestreo en tres puntos localizados al Norte, Suroeste y Noreste

del terreno, que representaban valores de CEa altos (punto 1), medios (punto 2) y altos (punto 3) respectivamente. Al obtener el coeficiente de determinación (R^2) de las relaciones entre los valores obtenidos en los análisis de suelo y los valores de CEa de cada punto, se detectaron algunas variables con buena correlación. En el caso de la cantidad (%) de partículas grandes (arenas y limos) y la concentración de Mg se encontró una alta correlación a ambas profundidades.



FIGURA 1. (a) Semivariograma generado con los datos obtenidos en el pre-muestreo; (b) mapa de CEa (mS/m) con localización de puntos de observación de suelo identificados. **(a) Variogram of the pre-sampling data. (b) ECa map (mS m⁻¹) with the locations of observation points identified.**

La correlación con la CEe fue alta solamente a los 30 cm. Por su parte el % MO mostró alta correlación solamente a 60 cm de profundidad. No existió correlación entre la CEa y las demás variables, siendo que el R^2 fue menor a 0.85 en esos casos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones entre las variables analizadas y la CEa. **Correlations between the variables analyzed and the ECa.**

Profundidad (cm)	Correlación con CEa (5% de significancia.)											
	Arena	Limo	Arcilla	% poros.	CEe	pH	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	%MO
30	0.96	0.90	0.20	0.25	0.98	0.04	0.44	0.12	0.91	0.04	0.05	0.27
60	0.98	0.95	0.44	0.44	0.28	0.10	0.56	0.58	0.86	0.10	0.09	0.98

% MO = materia orgánica. CEe = conductividad eléctrica de la solución del suelo. CICE = capacidad de intercambio catiónico efectiva. CIC = capacidad de intercambio catiónico.

En los tres puntos observados se encontró un epipedón ócrico. Las características que ayudaron a identificar ese suelo fueron el bajo contenido de MO, la carencia de estructura (estructura masiva) y la dureza en seco. También se encontró un endopedón cámbico, que se identifica por no presentar las propiedades diagnósticas de otros endopedones, como el contenido de MO y estructura de los mólicos o úmbricos. El suelo fue clasificado como un Vertic Haplustepts, pertenece al orden de los Inceptisoles por presentar un epipedón ócrico sobre un endopedón cámbico, como Ustepts por el regimen de humedad ústico, como Haplustepts por tener una alta saturación de bases y como Vertic Haplustepts por presentar grietas en la época seca. Se desarrolló a partir de sedimentos aluviales y coluvio aluviales altos en Ca, Mg y Si, depositados sobre la meseta de ignimbritas de Liberia. La principal diferencia entre los perfiles de los tres puntos modales es que en el punto 1 el horizonte C se encontró a 45 cm de profundidad, mientras que en los puntos 2 y 3 el mismo horizonte se detectó a 80 cm de profundidad (Figura 3). Otra diferencia entre los perfiles fue el color, ya que en el punto 1 el color predominante fue pardo, y en los puntos 2 y 3 prevalecieron los colores rojos claros y rojos muy oscuros respectivamente. En el punto 1 se identificaron los horizontes Ap-Bw1-Bw2-C1-C2-C3. Los horizontes Bw se caracterizaron por presentar color y estructura diferente al horizonte Ap. El Bw1 presentó más concreciones de Mn. En los horizontes C2 se detectó la presencia de manchas de Fe oxidado; a su vez, el C3 se separó del C2 por tener nódulos de Mn de mayor tamaño (Figura 3a).

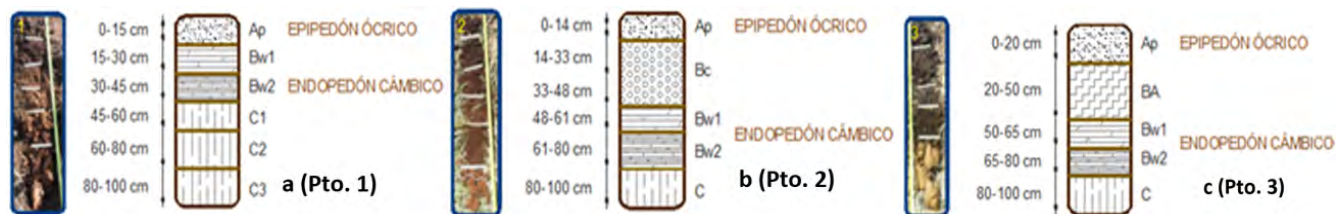


Figura 3. Principales datos asociados a cada perfil en los puntos 1, 2 y 3. **Main data associate with each profile in the points 1, 2 and 3.**

La textura en el punto 1 fue arcillosa para casi todos los horizontes, únicamente en el horizonte Ap esta fue arcillo-arenosa. La estructura fue débil a masiva para los horizontes Ap, C1, C2 y C3, mientras que para los horizontes Bw fue blocosa subangular (Figura 3a). A partir de 30 cm de profundidad, en los horizontes B y C se detectó una presencia muy leve de restos de cenizas volcánicas. En el punto 2 los horizontes identificados fueron Ap-Bc-Bw1-Bw2-C. Los primeros 30 cm de este perfil fueron muy similares a los del perfil del punto 1, la principal diferencia fue en el color, ya que en este caso prevalecieron tonalidades rojizas claras. Se encontraron horizontes Bw identificados por los mismos parámetros por los que se identificaron los horizontes Bw del primer punto (Figura 3b). Los horizontes Bw1 y Bw2 se diferenciaron entre sí, básicamente por un cambio de color en húmedo, ya que las otras propiedades como textura, estructura, plasticidad, etc. fueron iguales. El color del Bw1 fue pardo amarillento oscuro y el del Bw2 fue pardo fuerte. El horizonte C se diferenció por un cambio abrupto de color y estructura, y por la presencia de manchas de Fe oxidado. Se detectó una débil presencia de ceniza volcánica a partir de 48 cm de profundidad (al igual que el punto 1). En el punto 3, a diferencia de los dos anteriores, la textura fue arcillosa desde el primer horizonte. Además, los horizontes identificados fueron Ap-BA-Bw1-Bw2-C (Figura 3c). Al segundo horizonte se le designó como BA debido a que presenta predominantemente características del B, pero siempre posee algunas características del A; en este caso la textura y estructura que presenta el horizonte BA son iguales a las del B, sin embargo, conserva el color del A. Los horizontes Bw del punto 3 también fueron diferenciados entre sí por el color en húmedo, siendo un poco más claro el color del horizonte Bw1. El horizonte C en este perfil fue muy similar al de los perfiles de los puntos 1 y 2. La distribución espacial de las características pedológicas descritas debe ser analizada junto con información de rendimiento (por medio de monitores de cosecha) y biomasa (por medio de sensoramiento remoto); eso, con el objetivo de definir zonas homogéneas de gestión diferenciada (Molin et al., 2015), llegando así a la aplicación práctica de la metodología aquí presentada.

CONCLUSÃO: Las variables que definen la heterogeneidad del terreno estudiado terreno fueron el contenido de Mg, la CEe, la profundidad del horizonte C, el % de limos y arenas y el % de MO.

AGRADECIMENTOS: Se agradece a Hacienda Mojica, lugar donde se realizó el estudio, y AgriCien S.A. por haber ejecutado los contratos dentro del cual se realizó esta investigación.

REFERÊNCIAS:

- CORWIN, D.; LESCH, S. Aparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 46, p. 11-43, 2005.
- MOLIN, J.; M.; AMARAL, L.; COLAÇO, A. Agricultura de precisão. Oficina de Textos. SP, Brasil. 238 pp. 2015.
- KITCHEN, N.; et al. Delineating productivity zones on claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 46, p. 285-308, 2005.
- POZDENYAKOVA, L. Electrical properties of soils. Tesis Ph. D. Wyoming University, Natural Resources Department. 138 pp, 1999.
- SHOUP, W.; LEE, W.; HARRISON, T. Agricultural systems management: Precision technologies for precision management. Taylor & Francis Group. 32 pp, 2004.
- TABBAGH, A.; COSENZA, P. Effect of microstructure on the electrical conductivity of clay-rich systems. **Physics and Chemistry on the Earth**. v. 32, p. 154-160, 2007.

EFEITO DA SISTEMATIZAÇÃO POR DECLIVIDADE VARIÁVEL NO MICRORRELEVO DE TALHÃO CULTIVADO COM ARROZ NO PACÍFICO CENTRAL DA COSTA RICA

JUAN QUIRÓS¹, MAURÍCIO MARTELLO², TIAGO R. TAVARES³

¹Engº Agrônomo, Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba-SP, Fone: (19)9955248483, juanquiros2@gmail.com

² Engº Ambiental, Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

³ Engº Agrônomo, Pós-Graduando, Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A produção de arroz em áreas de planície no pacífico central da Costa Rica é limitada pela ocorrência de leves ondulações presentes em seu microrrelevo que dificultam a irrigação por superfície. A principal forma de correção dessas irregularidades é por meio da sistematização do terreno, que baseia-se em cortes e aterros visando a adequação do terreno para irrigação de superfície. Sendo a técnica da sistematização por declividade variável uma alternativa para não se alterar drasticamente o solo agrícola. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da sistematização pela técnica da declividade variável sobre o microrrelevo de um talhão de arroz. Para levantamento da altimetria da área foi utilizado um sistema GNSS com correção RTK manejado através do programa AGForm-3D, onde também realizou-se o planejamento da sistematização em declividade variável. A aplicação do planejamento em campo foi realizada com um trator acoplado a uma caçamba raspadora tipo *scraper* controlados automaticamente pelo Sistema 310 da Topcon, responsável pelo controle da operação por meio de correção RTK. Observou-se que a sistematização do relevo por declividade variável evitou grandes movimentações de terra, direcionando as mudanças às áreas mais acidentadas do talhão. Técnica também foi eficiente em direcionar o fluxo de água para fora do talhão, evitando pontos de encharcamento.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Digital do Terreno, SIG, GNSS.

EFFECT OF VARIABLE SLOPE LAND LEVELING OVER THE MICRO-RELIEVE OF A PADDY FIELD IN CENTRAL PACIFIC REGION OF COSTA RICA

ABSTRACT: Paddy production under irrigation in the Central Pacific region of Costa Rica is affected by the slight ripples in the micro-relief of the fields. The main way to correct those issues is through land leveling, which is an operation based on cuts and fills in knolls and puddles, respectively. Variable slope technique seeks to cut and fill only in the high and low points of the microrelief where water flow is hindered. The objective of this study is to evaluate the impact of variable slope land leveling over the spatial variability of micro-relief of a plot cropped with rice. Topography was surveyed using a GNSS-RTK system managed through the programa AGForm-3D, which was also used to create the variable slope land leveling design. A tractor coupled with scraper was used to execute the leveling operation on field using the GNSS-RTK Topcon System 310, responsible for the control of the automatic control of the operation. In addition, we used a GIS (Geographic Information System), where the DTMs (digital terrain model) of the original and the leveled topographies were generated in order to evaluate the effect of the leveling. Land leveling operation based in variable slope technique avoided excessive earth movements, directing cuts and fills to the most problematic points the field; It was also efficiently directing the flow of water out of the field.

KEYWORDS: Digital Terrain Model, Geographic Information System, Global Navigation Satellite System.

INTRODUÇÃO: Áreas cultivadas com arroz na região do Pacífico Central da Costa Rica são caracterizadas por apresentarem microrrelevo plano (< 0,75 % de declividade) e com a presença de ligeiras ondulações. Esta forma de relevo dificulta a irrigação por superfície, pois suas irregularidades interrompem o fluxo contínuo da água, promovendo encharcamento em locais específicos do talhão. Uma solução é a aplicação da sistematização do relevo, técnica que consiste na modificação do microrrelevo original visando criar uma declividade que possa garantir o fluxo constante da água na direção do declive principal do talhão, para tal promove cortes nas partes

mais altas e aterro nas depressões (KHAN *et al.*, 2007). No entanto, esta movimentação de terras alteram as propriedades físicas, químicas e biológicas das camadas superficiais dos solos e, por consequência, traz efeitos a produção vegetal (PARFITT *et al.*, 2014). Estudos de Ferreira *et al.* (2003) comprovaram o efeito negativo da sistematização sobre o rendimento de culturas agrícolas, principalmente nas áreas de corte. Os autores sugeriram, ainda, que apenas quantidades mínimas de terra devem ser movidas, evitando excessivas alterações nas propriedades das camadas superficiais do solo. Uma alternativa é a utilização da sistematização utilizando a técnica de declividade variável, técnica que evita cortes profundos e grandes movimentações de terra, direcionando estas intervenções especificamente aos pontos problemáticos do terreno, o que leva uma movimentação 80% menor em comparação à técnica por declividade fixa. O resultado é uma superfície uniforme com declives variáveis, dentro dos limites de declive máximo e mínimo aceitáveis estabelecidos no processo de planejamento da operação, garantindo o fluxo permanente de água ao longo do terreno. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da sistematização por declividade variável sobre o microrrelevo de um talhão cultivado com arroz no Pacífico Central da Costa Rica.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado em um talhão de 17,5 hectares da Fazenda La Ligia, em Puntarenas, região Pacífico Central da Costa Rica (9°30'55.48"N e 84°20'23.26"W). Área é caracterizada por apresentar microrrelevo plano e com a presença de ligeiras ondulações, com declividade oscilando entre 0,2 e 0,4%. O talhão se encontra sobre a planície do Rio Parrita, região com predominância do solo Cambissolo flúvico. O trabalho foi realizado em três etapas: (1) levantamento planialtimétrico do relevo, (2) planejamento da sistematização pela técnica de declividade variável, e (3) execução da sistematização em campo. Para o levantamento planialtimétrico do relevo (etapa 1) utilizou-se o sistema GNSS AGForm-3D da Topcon, composto por dois receptores Topcon HiperAG (base e rover) com correção em tempo real (RTK) e o programa AGForm-3D (Figura 1).

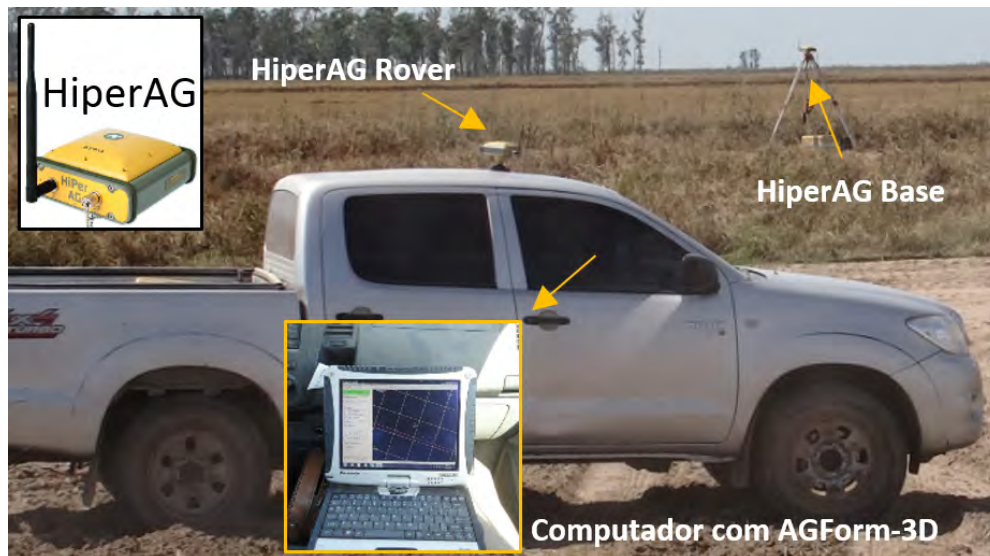


FIGURA 1. Equipamentos utilizados para levantamento planialtimétrico do relevo. **Parts of the equipment utilized in the data collection. Source: personal file of 1st author.** (Fonte: arquivo pessoal do 1º autor).

O sistema possui acurácia inferior a 0,02 m no plano horizontal e a 0,03 m no plano vertical. O GNSS *rover* foi posicionado sobre um veículo 4x4, o qual foi utilizado para o deslocamento em campo. Os pontos foram coletados a cada 5 m em passadas distanciadas a 20 m, gerando uma densidade amostral de 119 pontos ha⁻¹ (Figura 2).

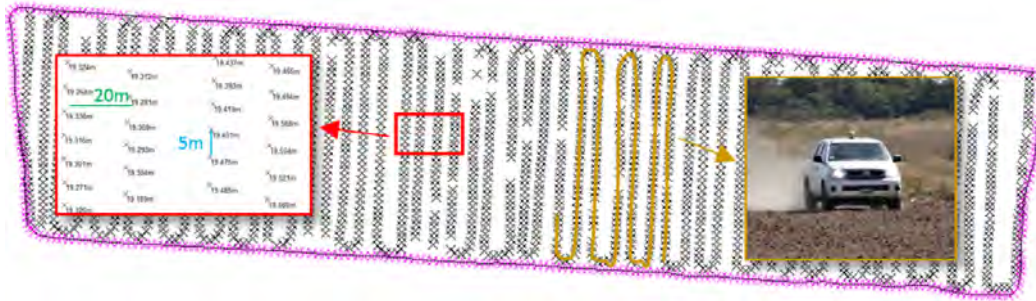


FIGURA 2. Forma de coleta de dados em campo. **Pattern followed for data collection on field.** Source: personal file of 1st author. (Fonte: arquivo pessoal do 1º autor).

Foi planejada a sistematização por declividade variável utilizando o módulo de planejamento do programa AGForm-3D (etapa 2). Ao programa são indicados como entrada: a direção do declive, a magnitude máxima e mínima do declive na direção dos sulcos e a relação corte-aterro. A partir destes critérios e do MDT original do terreno é gerado o arquivo com as informações dos locais onde deve se realizar corte ou aterro no terreno. Para execução da sistematização em campo foi utilizado o Sistema 310 da Topcon, composto de um receptor GNSS PGA-3, um controlador MC-R3 e um monitor X30, os quais foram instalados em um trator equipado com caçamba raspadora tipo *scraper* (Figura 3).

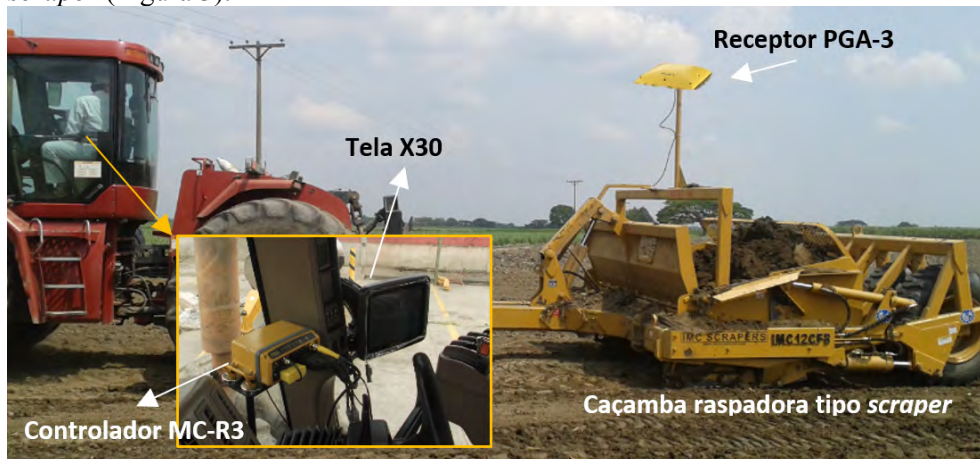


FIGURA 3. Equipamentos utilizados para a execução da sistematização planejada. **Land leveling operation.** Source: personal file of 1st author. (Fonte: arquivo pessoal do 1º autor).

Para avaliação do efeito da sistematização foram gerados os MDTs do relevo original e do sistematizado, com suas respectivas curvas de nível a cada 0,10 m. Gerou-se também o mapa resultante da operação matemática de diferença entre ambos MDTs, o qual foi utilizado para avaliação dos locais de corte e aterro. O resultado da diferença foi representado em um mapa de sete classes, de forma a agrupar as áreas com profundidades de corte e aterro semelhantes. Para melhor avaliação do direcionamento da sistematização, gerou-se também o gráfico com as frequências de cada uma das classes observadas no mapa. Para observação dos caminhos preferenciais da água foram gerados os mapas com as linhas de fluxo d'água antes e após a sistematização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando os mapas das Figura 4A e B, nota-se semelhança entre ambos, inferindo que a técnica não atuou mudando drasticamente a declividade local do terreno. Apenas em locais específicos (áreas em destaque) é possível observar modificações mais notórias do relevo, anteriormente caracterizados por apresentar microrrelevo mais inclinado, conforme apresentado na Figura 4A. A Figura 4C apresenta o mapa de diferença entre o MDT original e o sistematizado, de forma a facilitar a interpretação dos locais de corte (vermelho) e aterro (azul), assim como as profundidades aplicadas. A maior parte da área sofreu alterações mínimas em sua elevação, com alterações menores que 0,02 m de profundidade (área mais clara). Os pontos mais modificados com cortes e aterros sofreram alterações médias de 0,26 m e 0,22 m, respectivamente. Porém foram modificações em locais específicos, com frequência bem menor que as demais modificações no terreno (Figura 4F).

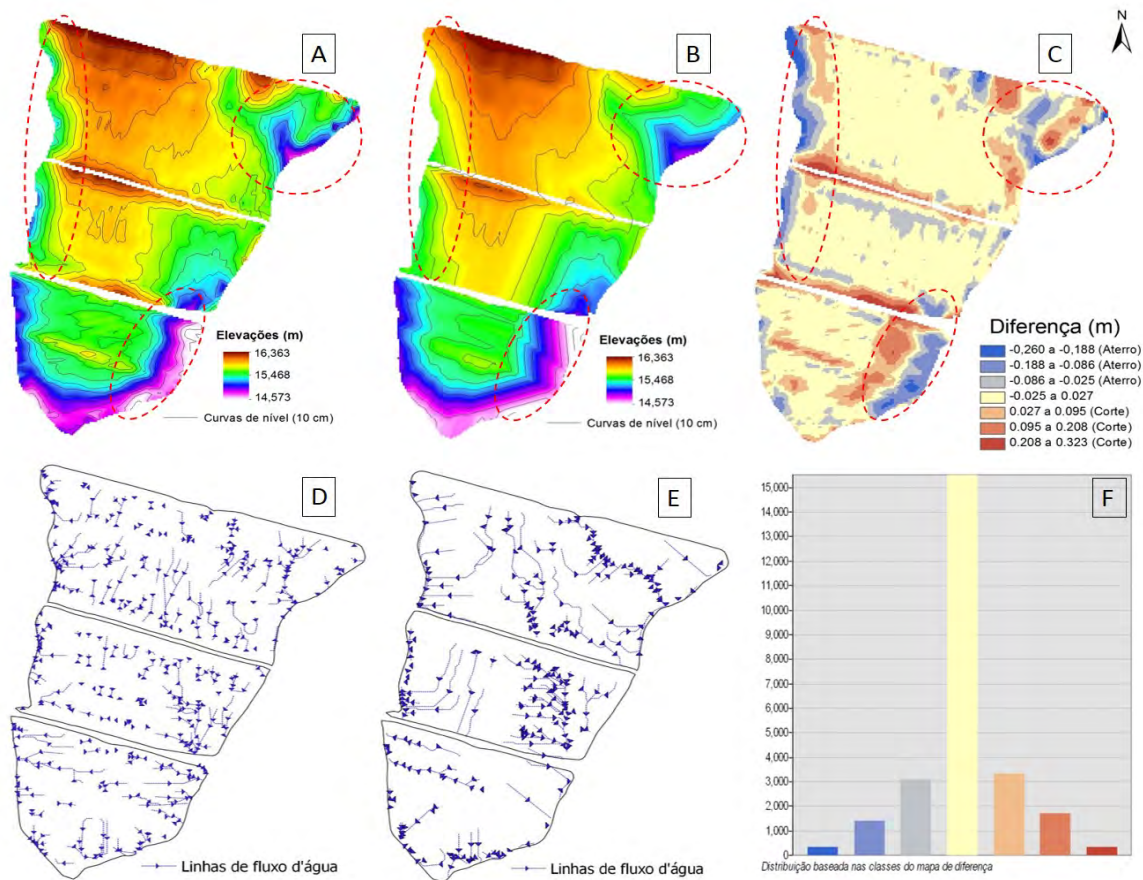


FIGURA 4. MDT do terreno original (A). MDT do terreno após sistematização (B). Mapa da diferença entre os MDTs (C). Mapa com linhas de fluxo d'água antes da sistematização (D). Mapa com linhas de fluxo d'água após a sistematização (E). Histograma de frequência das classes do mapa de diferença (F). **Original DTM (A). DTM of the surface leveled (B). Difference map between both DTMs (C). Water flow lines before land levelling (D). Water flow lines after land levelling (E). Frequency histogram of the classes from difference map (F)**

A Figura 4D e E apresentam o fluxo de água nos talhões antes e depois da sistematização, respectivamente. Após a sistematização, o fluxo de água dentro do talhão passou a ser contínuo e direcionado para fora de sua área, o que evitou pontos de enchimento. Além disso, também é importante frisar que esta adequação do relevo permitiu, ao produtor desta área onde foi realizado o estudo, a execução da irrigação por superfície - que era impossibilitada devido aos enchimentos - permitindo assim realizar o cultivo de arroz no verão, estação do ano caracterizada por baixa disponibilidade pluviométrica nesta região.

CONCLUSÃO: A sistematização do relevo utilizando a técnica da declividade variável evitou movimentações de volume excessivo de terra, direcionando tais mudanças às áreas mais acidentadas do talhão. A técnica também mostrou-se eficiente em direcionar o fluxo de água para fora do talhão, evitando locais de acúmulo de água.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a empresa AgriCien e aos proprietários da Fazenda La Ligia pela disponibilização dos dados do trabalho.

REFERÊNCIAS:

KHAN, F., SARIR, M., KHATTAK R.; Effect of land leveling on some physico-chemical properties of soil in district DIR lower. **Journal of Agriculture**, v. 23, n. 1, p. 107-114, 2007.
 PARFITT, J.M.B.; SILVA, C.A.S.; PETRINI, J.A. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR, A.M. (eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. 1º ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 23-44
 QUIROS, J.; AGUERO, J.; PETERSON, R. Melhoramento da drenagem através da técnica de nivelamento por declividade variável em uma área de algodão com o sistema GNSS-RTK_AGForm-3D. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 44, 2015, São Paulo. **Anais eletrônicos: CONBEA**. Acesso em: 02 set. 2016.

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS DO SOLO BASEADA NO COMPORTAMENTO ESTOCÁSTICO ESPACIAL DOS ESFORÇOS ATUANTES EM UMA HASTE SUCALDORA ESTREITA

ANDRÉ L. JOHANN¹, AUGUSTO G. DE ARAÚJO², HEVANDRO C. DELALIBERA³,
ANDRÉ R. HIRAKAWA⁴

¹ Eng^o Agrícola, Pesquisador, Área de Engenharia Agrícola, IAPAR, Londrina – PR, Fone: (XX43)33762491, andre.johann@iapar.br

² Eng^o Agrícola, Pesquisador, Área de Engenharia Agrícola, IAPAR, Londrina – PR.

³ Eng^o Agrônomo, Pesquisador, Área de Engenharia Agrícola, IAPAR, Londrina – PR.

⁴ Eng^o Eletricista, Prof. Livre Docente, Depto. de Engenharia Elétrica, POLI, USP, São Paulo – SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: As propriedades físicas do solo apresentam marcante variabilidade temporal e espacial, e frequentemente influenciam a produtividade das culturas. A função do erro autorregressivo (AREF) permite estimar parâmetros do solo pela quantificação da complexidade dos padrões de flutuação dos esforços atuantes em uma ferramenta. A AREF é obtida a partir de uma série temporal e é fortemente influenciada pela velocidade quando associada ao domínio do tempo. A proposta desta pesquisa é o estudo da AREF substituindo-se o domínio do tempo pelo domínio do espaço visando maior generalização. Foi conduzido um experimento em Latossolo Vermelho distroférico típico, com cobertura morta de mucuna preta (*Mucuna aterrima*), utilizando um dispositivo para medição dos esforços em uma haste, usada em semeadoras diretas, sob duas condições de umidade do solo. A análise da distribuição dos parâmetros da AREF dentro do espaço de estados mostrou que a mudança de domínio retirou a influência da velocidade nos tratamentos em solo úmido permanecendo, contudo, em solo seco. Também foi verificada redução da dispersão dos parâmetros, segundo os tratamentos em cada condição de umidade, com consequente aumento na distinção dos clusters. Isto pode melhorar a acurácia da AREF associada a lógicas computacionais na estimativa de parâmetros do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Física do solo, Sensores de força, Tempo real.

SOIL PARAMETERS ESTIMATION BASED ON STOCHASTIC SPATIAL BEHAVIOUR OF FORCES ON A NO-TILL CHISEL OPENER

ABSTRACT: Soil physical properties have outstanding temporal and spatial variability which influences crop yield. The auto-regressive error function (AREF) enables soil parameters estimation by quantifying the complexity of fluctuation patterns of forces acting on a tool. The AREF is obtained from a time series and is strongly influenced by the speed when associated to time domain. The hypothesis of this research is to study if replacing time domain by space domain results in better AREF generalization. A experiment was conducted in a Eutroferric Red Latosol soil type with cover of Florida Bean (*Mucuna aterrima*), using a device to measure the forces acting on a chisel opener used in no-till seeders under two soil moisture conditions. Analysis of AREF parameters distribution in the state space graph showed that changing the domain the influence of speed in the treatments was removed in moist soil, but remained in dry soil. It was also observed a reduction of dispersion between treatments for each moisture conditions, with a consequent increase in clusters distinction between each of experimental conditions. This can improve the accuracy of AREF associated with computational logic for soil parameters estimation.

KEYWORDS: Soil physics, Force sensors, On-the-go.

INTRODUÇÃO: As propriedades físicas do solo, tais como teor de umidade e nível compactação, apresentam marcante variabilidades temporal e espacial a quais influenciam a produtividade das

culturas agrícolas e o comportamento mecânico do solo, sendo sua determinação, em geral, demorada e cara. O avanço da microeletrônica viabilizou o uso de sistemas agrícolas embarcados a custos acessíveis, permitindo o surgimento de estudos visando à medição contínua (on-the-go) das propriedades do solo. Sakai et al. (2005) analisaram o espectro de potência espacial e a função de distribuição do erro autorregressivo (AREF) e verificaram a existência de autossimilaridade nos padrões de flutuação dos esforços atuantes na ferramenta de ataque ao solo. Eles estudaram a relação entre as propriedades do solo e os parâmetros da AREF, os quais quantificam a complexidade dos padrões de flutuação da força de corte do solo. A função de erro autorregressivo (AREF) é definida pela relação entre $\log \tau$ e $\log \sigma(\tau)$, no qual $\sigma(\tau)$ é o desvio padrão das diferenças das forças para diferentes atrasos de tempo (τ). Trata-se de um método estocástico, cujo equacionamento apresenta similaridade com o utilizado em uma análise de semivariância. Em Johann et al. (2016) foi proposta sua utilização, associada a lógicas computacionais, para predição da umidade do solo, com nível de acurácia superior ao obtido com funções polinomiais. No entanto, a AREF é calculada a partir de uma série temporal e, assim, fortemente influenciada pela velocidade por estar no domínio do tempo. O objetivo é verificar se a influencia da velocidade é eliminada caso utilizada no domínio do espaço, simplificando a lógica computacional associada e também elevando o nível de acurácia.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho utiliza o ensaio descrito em Johann et al. (2016), o qual foi conduzido em solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico, com 82% de argila, 13% de silte e 5% de areia. O solo apresentava cobertura de *Mucuna Preta* (*Mucuna aterrima*), com 9,7 t.ha⁻¹ de massas seca de cobertura vegetal. A cobertura foi manejada com triturador de restos culturais e, após rebrota, com Gifosato (30 mL.m⁻²) dez dias antes da instalação do experimento.

O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições, sendo cada tratamento formado pela combinação de dois níveis de umidade do solo (U1 = solo seco e U2 = solo úmido) e três níveis de velocidade de operação (V1 = 3 km.h⁻¹, V2 = 6 km.h⁻¹ e V3 = 8 km.h⁻¹). A nomenclatura dos níveis adotados para os tratamentos está descrita na Tabela 1.

Para as medidas dos esforços atuantes foi utilizado um conjunto, descrito em Johann et al. (2016), equipado com células de carga comerciais da Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), modelo HLCA1C3, sendo duas células de 4,4 Mg para medir o esforço horizontal e um célula de 1,76 Mg para o vertical. Este conjunto estava fixado a um dispositivo especialmente projetado e acoplado ao engate de três pontos do trator e que possui duas rodas laterais para apoio no solo e regulagem da profundidade de operação, e um disco de corte foi colocado à frente de uma haste sulcadora estreita de modo similar ao usado em semeadoras diretas. A haste sulcadora era comercial de aço endurecido com área da secção transversal retangular, ponteira comercial removível de aço temperado com as seguintes características: ângulo de ataque $\alpha = 24^\circ$, espessura da ponteira da haste = 24 mm, espessura o corpo da haste = 13 mm, sendo ajustada para operar na profundidade média de 100 mm. Foi usado um datalogger modelo eDAClite da HBM, para aquisição e gravação dos sinais provenientes das células de carga, bem como para as medidas de velocidade via GPS, sendo utilizado um GPS18-5Hz da Garmin.

Nesta pesquisa é proposto o cálculo da AREF no domínio espacial, ou seja, calculando-se os desvios padrão das diferenças das forças para diferentes deslocamentos (ϵ). Uma vez que a taxa de aquisição de um *datalogger* normalmente é constante, os dados de força foram inicialmente coletados a 10kHz, sendo posteriormente filtrados para diferentes taxas, as quais estão descritas na Tabela 2. As taxas de aquisição para as análises no domínio do espaço, são proporcionais a velocidade, resultando em uma janela espacial $\Delta\epsilon$ média de aproximadamente $1,66 \cdot 10^{-2}$ m.

TABELA 2. Taxas de aquisição adotadas para a análise dos dados de força.

Análise	Taxa (Hz)
Cálculo da AREF no domínio do tempo	100
Cálculo no domínio do espaço a 3km.h ⁻¹	51
Cálculo no domínio do espaço a 6km.h ⁻¹	100
Cálculo no domínio do espaço a 8km.h ⁻¹	132

A umidade do solo foi determinada utilizando anéis volumétricos com 100 cm³ (50 mm de diâmetro e 50 mm de altura), em oito repetições igualmente espaçadas em cada parcela, na profundidade de 25 a

75 mm, logo após a passagem da haste. As amostras foram pesadas logo após sua coleta, posteriormente encaminhadas para secagem em estufa por 24 h a 100°C e pesadas novamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores médios de umidade nas condições seca e úmida encontram-se na faixa recomendada para a semeadura direta neste tipo de solo. A profundidade média da haste sulcadora foi influenciada pela umidade do solo e o desvio padrão foi similar em ambas às condições de umidade.

Tabela 3. Resultados médios do experimento.

Trat.	Umidade (%)		Velocidade (km.h ⁻¹)		Profundidade (cm)	
U1V1	26,63	a	3,094	a	52,39	ab
U1V2	26,23	a	6,081	b	46,24	b
U1V3	25,63	a	8,002	c	56,25	ab
U2V1	31,22	b	3,103	a	71,13	a
U2V2	30,82	b	6,033	b	73,17	a
U3V3	31,47	b	7,992	c	75,04	a

OBS: Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 1 é apresentado o gráfico do espaço de estados dos coeficientes da AREF obtidos a partir da metodologia descrita por Sakai et al. (2005). Nele é possível observar a influência da velocidade sobre os coeficientes α e β , que faz com que o α aumente e o β diminua, na medida em que a velocidade aumenta. Esse comportamento é representado pelas flechas presentes no gráfico.

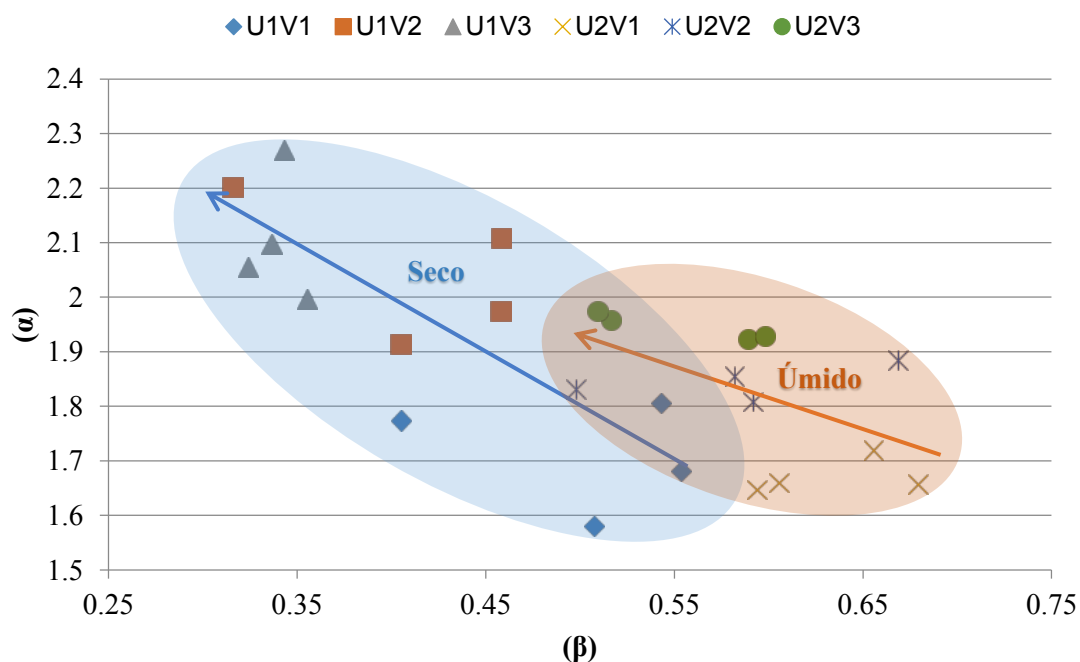


FIGURA 1. Distribuição dos parâmetros da AREF (α e β), obtidos a partir do equacionamento no domínio do tempo, em função da umidade do solo e velocidade de operação.

O mesmo gráfico obtido no domínio do espaço (Figura 2) indica que não há influência da velocidade nos tratamentos na condição de solo úmido. Embora ainda permaneça na condição de solo seco, a influência da velocidade sobre o parâmetro β é menor que a observada no domínio do tempo. Em solo seco, a menor profundidade de operação submeteu a ferramenta a uma condição heterogênea quanto aos tamanhos dos agregados do solo, determinando aumento na variabilidade dos padrões de flutuação de força.

Também se pode observar que os pontos representados pelos tratamentos encontram-se menos dispersos em relação à Figura 1, facilitando a distinção entre as condições seca e úmida. Como consequência as áreas representadas pelas duas condições não se sobrepõem.

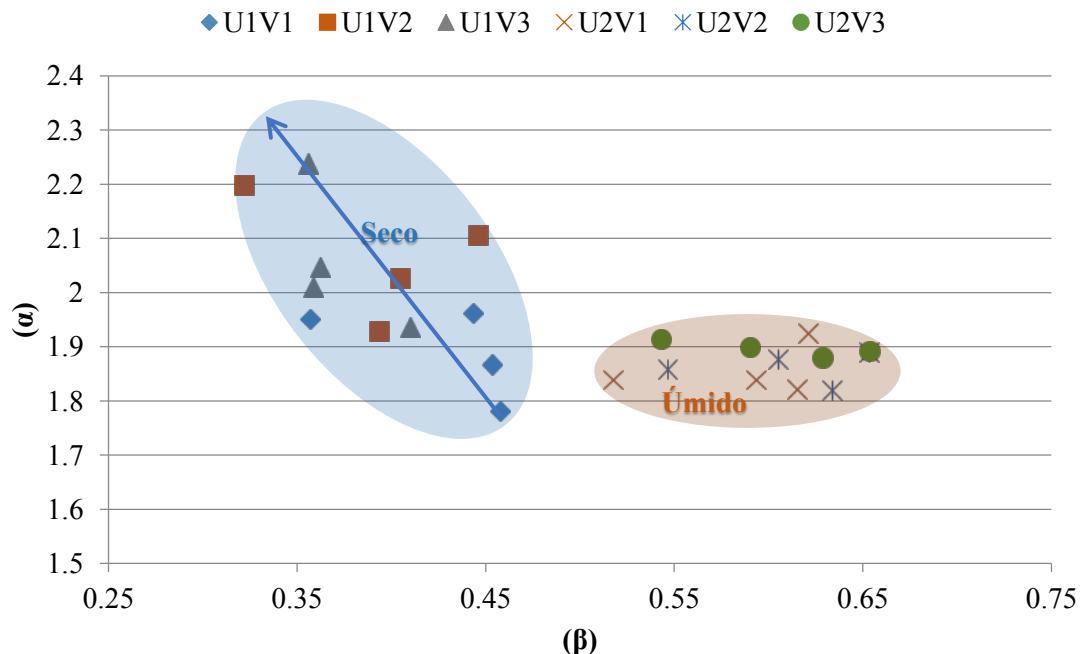


FIGURA 2. Distribuição dos parâmetros da AREF, obtidos a partir do equacionamento no domínio do espaço, em função da umidade do solo e velocidade de operação.

CONCLUSÃO: A menor dispersão dos dados e a maior distinção entre os tratamentos em solo seco e úmido é um comportamento desejável no que se refere à utilização da AREF para a predição da umidade, pois traz um potencial aumento no desempenho do treinamento de modelos para a classificação de dados, como as redes neurais e a neuro-fuzzy, podendo elevar a acurácia de suas estimativas.

A influência da velocidade, que permanece para a condição de solo seco, impossibilita que este parâmetro deixe de ser considerado como entrada em uma lógica computacional, o que ainda impede que esta possa ser simplificada. A profundidade de operação apresentou valores médios inferiores aos 100mm originalmente regulados, bem como apresentou diferenças entre os ensaios em solo seco e úmido. Esta variação pode estar influenciando os resultados e impedindo que a influência da velocidade fosse eliminada na condição de solo seco. Portanto, ainda é preciso aprofundar os estudos o que incluí a condução de novos experimentos. Também, é necessário o estudo da função em outras áreas, com diferentes tipos de solo, para se avaliar as possibilidades de uso da AREF, bem como da sua associação a outros modelos, como as lógicas computacionais, permitindo a predição de outros parâmetros do solo.

AGRADECIMENTOS: Esta pesquisa foi subvencionada pelo MCT (Ministério de Ciência e Tecnologia) / FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) / Projeto CT-Agro Agricultura de Precisão 01/2008.

REFERÊNCIAS:

JOHANN, A. L., ARAÚJO, A. G., DELALIBERA, H. C., HIRAKAWA, A.R. Soil moisture modeling based on stochastic behavior of forces on a no-till chisel opener. **Computers and Electronics in Agriculture**. v.121, p.420 - 428, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.12.020>

SAKAI, K.; ANDRADE-SANCHES, P.; UPADHYAYA, S. K. Periodicity and stochastic hierarchical orders of soil cutting force data detected by an auto-regressive error distribution function (AREF). **Transactions of the ASAE**, v. 48, n. 6, p. 2039–2046, 2005. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.20080>

QUALIDADE DA OPERAÇÃO DE SEMEADURA DO MILHO EM FUNÇÃO DE ENGRENAGEM DA UNIDADE DE DEPOSIÇÃO DE SEMENTES

VICENTE FILHO ALVES SILVA¹, DAIANE RODRIGUES DA SILVA PINTO², GISLAYNE FARIAS VALENTE³, JOSÉ NILTON DA SILVA⁴, JUSCIANE SOUZA MATOS⁵

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Máquinas e Mecanização Agrícola, UFRA, Parauapebas – PA, Fone: (91) 982119729, vicentedelta@yahoo.com.br

² Graduanda de Agronomia, UFRA-Parauapebas-PA,

³ Graduanda de Agronomia, UFRA-Parauapebas-PA,

⁴ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, UFRA, Parauapebas – PA,

⁵ Graduanda de Agronomia, UFRA-Parauapebas-PA.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A qualidade da operação de semeadura é determinante para o estabelecimento adequado da cultura do milho. Diante do exposto o presente trabalho visa avaliar a qualidade da operação de semeadura do milho em função de engrenagem da unidade de deposição de sementes, por meio do controle estatístico de processo. O experimento foi realizado no Centro Tecnológico da Agricultura Familiar (CETAF) no município de Parauapebas, Pará. O delineamento estatístico utilizado foi em faixa contínua, com 200m de comprimento x 18,7 5m de largura. Os tratamentos foram constituídos por cinco densidades provenientes da combinação de diferentes engrenagens movidas 12, 8,10, 15 e 17 (T1, T2, T3, T4, T5) com a motora (7) da unidade de deposição de sementes da semeadora adubadora, com 20 repetições por tratamento, totalizando 100 unidades experimentais. As variáveis avaliadas foram: altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo e número de espigas. Para variável altura de plantas todas as engrenagens apresentaram bom desempenho e estiveram dentro dos limites de controle. Os tratamentos T2 e T4 estiveram mais vezes fora dos limites de controle da qualidade. O controle estatístico mostrou-se como ferramenta adequada para o acompanhamento do processo de operação de semeadura do milho em função de engrenagem da unidade de deposição de sementes.

PALAVRAS-CHAVE: Cartas de controle, densidade populacional, *Zea mays* L.

QUALITY OF OPERATION IN CORN SEED DEPOSITION UNIT GEAR FUNCTION SEEDING

ABSTRACT: The quality of the sowing operation is essential for the proper establishment of the corn crop. Given the above the present study aims to evaluate the quality of the corn sowing operation in gear function of seed deposition unit, through statistical process control. The experiment was conducted at the Technology Center of Family Agriculture (CETAF) in the municipality of Parauapebas, Para. The statistical design was a continuous band, with 200m long x 18,75m wide. The treatments consisted of five densities from the combination of different gears moved 12, 8.10, 15 and 17 (T1, T2, T3, T4, T5) with the motor (7) of seed deposition moisture seeder fertilizer, 20 replicates per treatment, total of 100 experimental units. The variables evaluated were: plant height, ear height, stem diameter and number of ears. For variable plant height all gears performed well and were within the control limits. T2 and T4 were more often outside the quality control limits. The statistical control proved to be a suitable tool for monitoring corn sowing operation process in gear function of seed deposition unit.

KEYWORDS: Control charts , population density , *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO: A cultura do milho apresenta alto potencial produtivo, podendo alcançar altas produtividades. No entanto, as baixas produtividades podem estar relacionadas a tecnologias inadequadas de manejo. Aliado a isso, a qualidade da operação de semeadura pode ser um dos diferenciais para o estabelecimento adequado da

cultura (SILVA, 2013). Uma das dimensões da qualidade é conseguir a execução do que foi planejado para atender aos requisitos dos clientes em relação a um determinado produto ou serviço (ALBIEIRO, et al., 2012). As semeadoras-adubadoras disponíveis no mercado brasileiro, muitas vezes, não conseguem fazer a correta distribuição de sementes ao longo da linha de semeadura, principalmente devido às condições do terreno e à regulagem inadequada por parte dos operadores ou, ainda, por inadequação do mecanismo dosador de sementes a algumas condições de trabalho (CANOVA, et al., 2007). Sendo assim, para que sejam obtidas diferentes densidades de semeadura e, por conseguinte, populações de plantas, são necessárias variações na regulagem da semeadora adubadora, o que pode interferir na qualidade da dosagem de sementes (DIAS, et al., 2009). Diante do exposto o presente trabalho visa avaliar a qualidade da operação de semeadura do milho em função de engrenagem da unidade de deposição de sementes, por meio do controle estatístico de processo.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado no Centro Tecnológico da Agricultura Familiar (CETAF) no município de Parauapebas, Pará, com localização geográfica 49°51'19" W latitude, 06°12'58" S longitude, com altitude de 197m. Utilizou-se uma semeadora adubadora da marca Jumil 2040 com linhas espaçadas em 0,75m, tracionada pelo trator da marca Massey Ferguson 275, 4x2, operando na 4ª marcha reduzida a 1700RPM. A variedade de milho semeada foi a cultivar BR 205 híbrido duplo, lote 015/2015, safra 2014/2015, categoria S1, pureza mínima de 98% e germinação mínima de 85%. O delineamento estatístico utilizado foi em faixa contínua, com 200m de comprimento x 18,75m de largura. Os tratamentos foram constituídos por cinco densidades provenientes da combinação de diferentes engrenagens movidas 12, 8,10, 15 e 17 (T1, T2, T3, T4, T5) com a motora (7) da unidade de deposição de sementes da semeadora adubadora, com 20 repetições por tratamento, totalizando 100 unidades experimentais. Avaliou-se dentro de cada repetição na linha central as primeiras 5 plantas a altura de planta, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo e número de espigas. As avaliações da qualidade de semeadura foram realizadas por meio do controle estatístico de processo (CEP), utilizando-se como ferramentas as cartas de controle por variáveis e os gráficos sequenciais, gerados pelo programa computacional Minitab 16®, identificando assim as causas de variabilidade não inerentes ao processo consideradas críticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando-se as cartas de controle para valores individuais para o parâmetro de qualidade altura da planta (figura 1a), observa-se que todas as engrenagens se apresentaram dentro dos limites de controle de qualidade. Todavia, para amplitude móvel os valores mostraram-se fora dos limites de controle, com exceção de T1, isto ocorreu provavelmente devido o desvio padrão ser maior e os dados estarem mais dispersos. Quanto ao diâmetro do colmo para valores individuais (figura 1b), a engrenagem T3 apresentou-se fora dos controles estatísticos, isto pode ter ocorrido devido a densidade populacional, que nessa engrenagem é alta; e para amplitude móvel o tratamento T4 mostrou-se fora dos limites de controle. Anderson (2001) afirma que, com o aumento na densidade de semeadura, o mecanismo dosador fica mais sujeito a erros, pois, se exige mais do mesmo quando se tem que distribuir mais sementes no mesmo espaço de tempo.

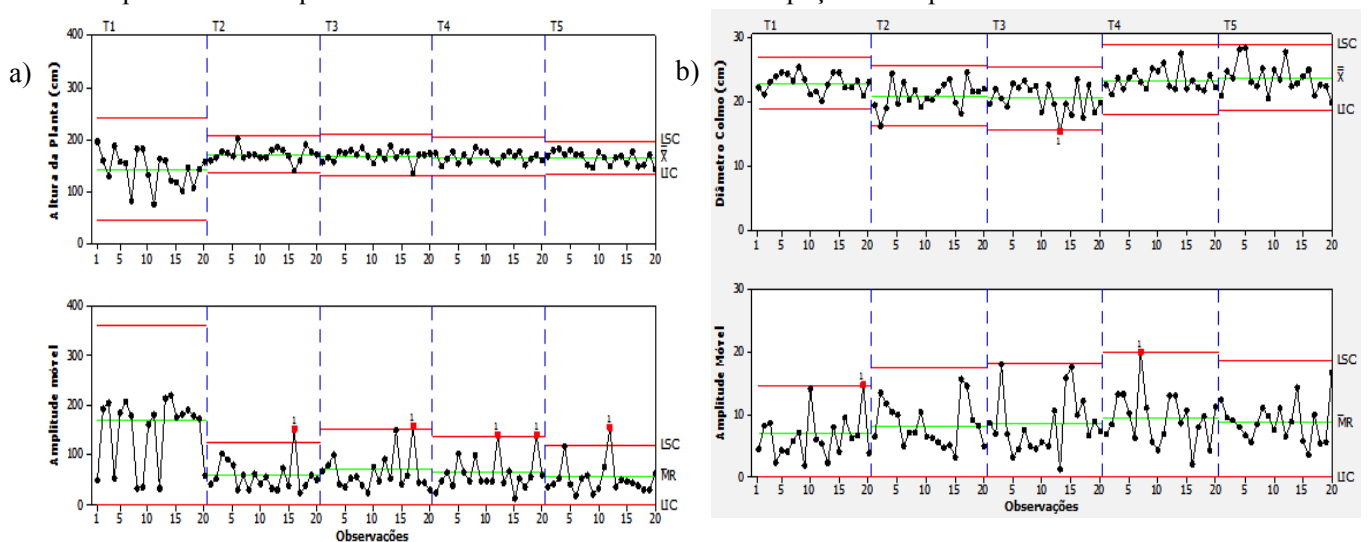


FIGURA 1. Cartas de controle para altura da planta (a) e diâmetro do colmo (b) na operação de semeadura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. **Control cards for**

plant height (a) and stem diameter (b) in corn sowing operation. Letters individual values and mobile range, respectively.

Para a variável altura de inserção da primeira espiga (figura 2a), a engrenagem T2 mostrou-se em instabilidade do processo para valores individuais e amplitudes móveis e T4 apresentou-se com um ponto fora do limite superior de controle para valores individuais. Em T2 a densidade populacional é maior, logo a altura de inserção da primeira espiga pode ter sido influenciada por esta alta densidade. Demétrio (et al., 2008) avaliando o desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais verificaram que o incremento na densidade populacional de milho aumentou a altura das plantas e da inserção da primeira espiga e reduziu o número de grãos por espiga.

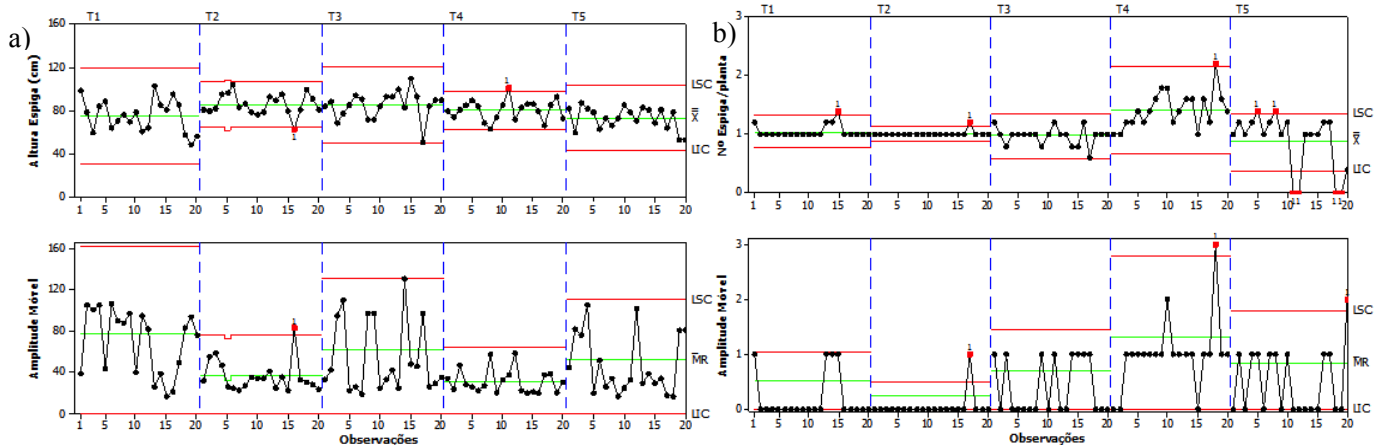


FIGURA 2. Cartas de controle para altura de inserção da primeira espiga (a) e número de espigas por plantas (b) na operação de semeadura do milho. Cartas de valores individuais e de amplitude móvel, respectivamente. control charts for height first ear (a) and number of ears per plant (b) in corn sowing operation. Letters individual values and mobile range, respectively.

Pela análise das cartas de controle, para valores individuais, no número de espigas por planta a engrenagem T3 foi o único tratamento que se manteve dentro dos limites de controle de qualidade. Nas engrenagens T4 e T5 os pontos tiveram maior aleatoriedade em relação à média, esta variação pode ser atribuída às causas que ocorrem de maneira extrínseca ao processo e que devem ser detectadas e, posteriormente, solucionadas para que o processo atinja a qualidade esperada. Para valores de amplitude móvel os tratamentos T4 e T5 obtiveram maior dispersão dos pontos e instabilidade do processo.

CONCLUSÃO: Todos os tratamentos estiveram fora de controle pelo menos uma vez, contudo o tratamento T4 foi aquele que mais vezes esteve fora dos limites de controle de qualidade. Portanto o controle estatístico mostrou-se como ferramenta adequada para o acompanhamento do processo de operação de semeadura do milho em função de engrenagem da unidade de deposição de sementes.

REFERÊNCIAS:

ALBIERO, D.; MACIEL, A.J.S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L.A.; MION, R.L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n.1, p. 86-95, 2012.

ANDERSON, C. Avaliação técnica de semeadoras-adubadoras para plantio direto. **Plantio Direto**, Passo Fundo, n.66, p.28-32, 2001.

CANOVA, R.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; CORTEZ, J.W. Distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações no mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.15, n.3, p. 299-306, 2007.

DEMÉTRIO, C.S.; FILHO, D.F.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, 2008.

DIAS, V.O.; ALONÇO, A.S.; BAUMHARDT, U.B.; BONOTTO, G.J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, on line, ISSN 0103-8478, n. 1000, 2009.

SILVA, V.F.A. Mobilização do solo e desempenho operacional de semeadora-adubadora com dois tipos de hastes sulcadoras em plantio direto de milho. 2013. 60 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013.

AValiação DOS Atributos Físicos E Produtividade DA Soja EM Área SubsOLada E NÃO SubsOLada EM PIVô CENTRAL POR MEIO DA GEOestatística

MARCOS PAULO DE OLIVEIRA MARTINS, ANDERSON DA SILVA UMBELINO², DANILO GOMES DE OLIVEIRA³, ELTON FIALHO DOS REIS⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrícola UEG, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, Fone: (0xx64) 8136-5723, marcospmatins.92@gmail.com;

² Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, anderson-umbelino@hotmail.com;

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Mestre. Instituto Federal Tocantins, Campus Colinas do Tocantins - TO, danilogomes.engenharia@gmail.com;

⁴ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor. Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, fialhoreis@ueg.br.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar os atributos físicos do solo e as produtividades da soja nas safras de 2014/15 e 2015/16 em área subsolada e não subsolada em pivô central por meio da geoestatística. Foi construído um grid amostral de 60 x 60 m, totalizando 88 pontos amostrais em 36 ha cultivados com soja sob pivô central. Foram mensurados a resistência à penetração do solo, teor de argila e areia em cinco pontos próximo ao ponto amostral. A produtividade da soja foi quantificada por meio de plantas coletadas em 1m², os grãos foram pesados considerando umidade de 10% b.u.. Foi utilizada a estatística descritiva para análise exploratória e a geoestatística para dependência espacial, logo após utilizou-se a co-krigagem para confecção dos mapas. Os resultados mostraram que houve dependência espacial fraca para produtividade, teor de argila, areia e resistência à penetração. A área subsolada apresentou valores de produtividade na safra de 2014/15 de 41% acima da área não subsolada e ainda valores menores em 9% e 7% de resistência à penetração para as camadas de 0,0 a 0,20 e 0,20 a 0,40m. Os maiores valores de produtividade na safra de 2014/15 ficaram na região onde foi feita a subsolagem.

PALAVRAS-CHAVE: Dependência espacial, resistência à penetração, estatística descritiva.

EVALUATION OF ATTRIBUTES PHYSICAL AND PRODUCTIVITY OF SOY IN SUBSOILER AREA AND NOT THE PIVOT SUBSOLADA CENTRAL THROUGH GEOSTATISTICS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate soil physical attributes and soybean yield harvests in 2014/2015 and 2015/2016 in subsola area and not subsola center pivot through geostatistics. a sampling grid of 60 x 60 m, totaling 88 sampling points in 36 cultivated hectares of soybean under center pivot was built. They measured the penetration resistance of the soil, sand and clay content at five points near the sample point. Soybean yield was quantified by plants collected in 1m², the beans were weighed considering humidity of 10% wb. Descriptive statistics were used for exploratory analysis and geostatistics to spatial dependence, after we used the co-kriging for preparation of maps. The results showed weak spatial dependence for productivity, content of clay, sand and penetration resistance. The area presented subsolada productivity values in crop 2014/2015 41% above the area not subsolada and even smaller values at 9% and 7% penetration resistance for the layers 0,0 to 0,20 and 0,20 to 0,40m.

KEYWORDS: spatial dependence, resistance to penetration, descriptive statistics.

INTRODUÇÃO: Os atributos físicos do solo são fatores que influenciam para alcançar altas produtividades da cultura. Tendo a densidade do solo, a resistência à penetração do solo (RPS), teor de água do solo, teor de argila e areia, como principais atributos físicos do solo que influenciam o crescimento radicular e o desenvolvimento da

cultura (MONTANARI et al., 2015). Para minimizar os danos causados pelas camadas compactadas do solo é comum utilizar a subsolagem, sendo ideal realizar esta operação nas camadas que ocorrem o impedimento do desenvolvimento radicular (OLIVEIRA FILHO et al., 2015). A geostática auxilia a distribuição da variabilidade espacial dos atributos solo, possibilitando a criação de zonas de manejo (MONTANARI et al., 2015). O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos físicos do solo e a produtividade da soja em áreas subsolada e sem subsolar do pivô central por meio da geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido em área comercial com um pivô central nas safras de 2014/15 e 2015/16, com produção de soja, localizada no município de Gameleira de Goiás, GO. Com altitude de 940m, longitude 75°75'35,95"E e latitude 81°88'44,46" S. O produtor subsolou parte da área a uma profundidade de 0,50 m e a outra parte ficou sem subsolar, a área apresenta topografia de pouca declividade. Utilizando um receptor de GPS, com sistema de correção diferencial em tempo real foi construído um grid amostral de 60m x 60m, totalizando 88 pontos amostrais em 36 ha de pivô central. Em cada pontogeoreferenciado foi coletado amostras de resistência a penetração, densidade do solo, teor de argila e a produtividade. Para determinação da resistência a penetração do solo foram coletadas amostras nas camadas de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, para os teores de argila e areia foram coletadas amostras nas profundidades de 0,0-0,20 m. Cada amostra foi constituída de cinco amostras simples, coletadas a um raio de um metro em torno de cada ponto do grid amostral. O monitoramento da produtividade foi feito coletando todas as plantas em uma área de 1m² antes da colheita, que após trilhadas tiveram a massa de grãos pesadas, com umidade de 10% b.u.. A estatística descritivas e a correlação foi determinada pelo Excel. A análise de dependência espacial dos atributos físicos do solo e a produtividade foram avaliadas por meio da geoestatística, já os procedimentos para ajuste do modelo do semivariograma foram feitos utilizando o programa GS+ versão 7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores das medidas de tendência central (média e mediana) são relativamente semelhantes para a maioria das variáveis estudadas, indicando a normalidade dos dados, conforme Tabela 1. Os coeficientes de variação variaram de 11,15 a 26,62%, sendo valor para produtividade 2014/2015 classificado como alto (>20%) e médios de (10 < CV < 20%), para produtividade 2015/2016 e para os atributos físicos do solo analisado, conforme a classificação proposta por Mohallem et al., (2008). A camada de 0,20-0,40m apresentou aumento da RPS em relação a camada superior de 0,0-0,20m, passando de 1,23 MPa para 2,01MPa, valor este relacionado à ocorrência de um possível “pé de grade” nessa camada, conforme Campos et al., (2013). As produtividades apresentaram correlação fraca para as camadas de resistência a penetração do solo e para os atributos físicos analisados, conforme a classificação de Figueiredo Filho et al., (2009).

TABELA 1. Estatística descritiva para produtividades 2014/15 tha^{-1} (PD1) e 2015/16 t ha^{-1} (PD2); resistência a penetração do solo 0,0-0,20 kPa (RPS1) e 0,20-0,40kPa (RPS2); teor de argila % (AG); teor de areia % (AR).

Parâmetros	PD1	PD2	RPS1	RPS2	AG	AR
Nº Amostras	88	88	88	88	88	88
Média	4,77	5,37	1238,43	2013,01	49,23	28,64
Mínimo	2,24	2,90	790,40	1456,24	37	20
Máximo	7,64	7,09	1965,31	2531,57	65	40
Mediana	4,69	5,28	1199,90	2045,62	48	29
Assimetria	0,25	-0,11	0,76	-0,03	0,57	0,55
Curtose	-0,84	0,27	0,61	-0,19	0,86	0,69
D.Padrão	1,27	0,75	246,29	230,06	5,49	4,09
Variância	1,60	0,57	60660,95	52928,36	30,25	16,74
C.V.(%)	26,62	13,96	19,88	11,42	11,15	14,28
C. Pearson						
PD1 2014/15	1	-	-0,06	-0,20	-0,03	-0,13
PD2 2015/16	-0,28	1	0,05	0,21	-0,05	0,17

C.V.- Coeficiente de variação; C. Pearson -Correlação de Person em Relação à Produtividade 2014/15 e 2015/16.

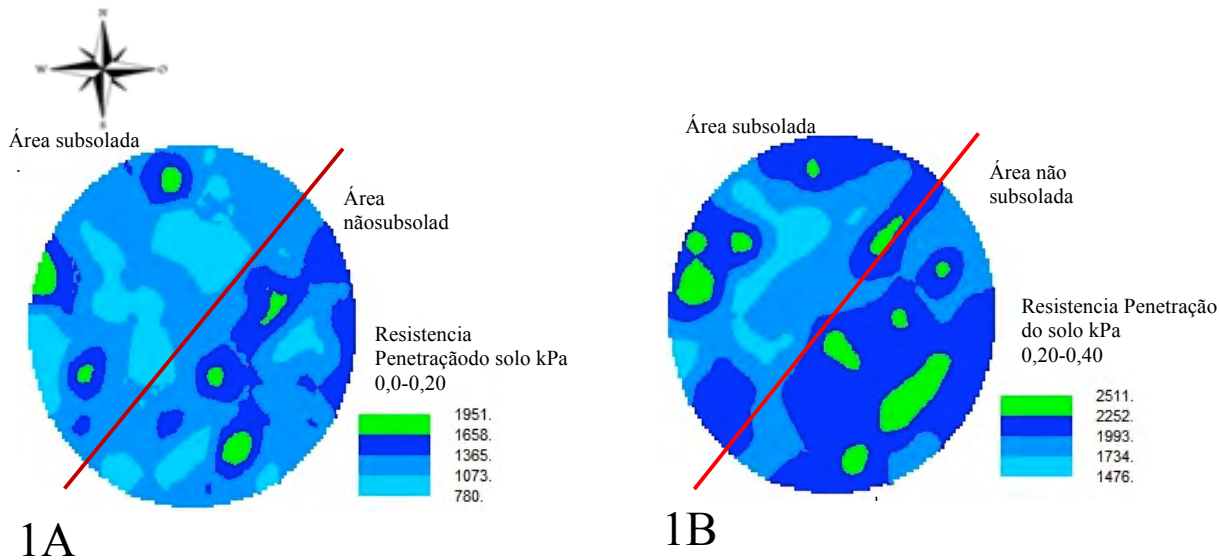
Os variogramas ajustados que descrevem o comportamento da variabilidade espacial das produtividades nas safras de 2014/15 e 2015/16 e dos atributos físicos analisados na área subsolada e não subsolada do pivô, são apresentados na Tabela 2. As produtividades apresentaram grau de dependência espacial médio, com os modelos gaussiano e esférico, conforme critérios proposto por Dalchiavon et al., (2012). Os valores de alcance encontrados variam de 58,0 à 344,0 metros, os alcances apresentaram maiores para as produtividades, indicando que os pontos amostrais estão correlacionados entre si, conforme Sampaio et al., (2010).

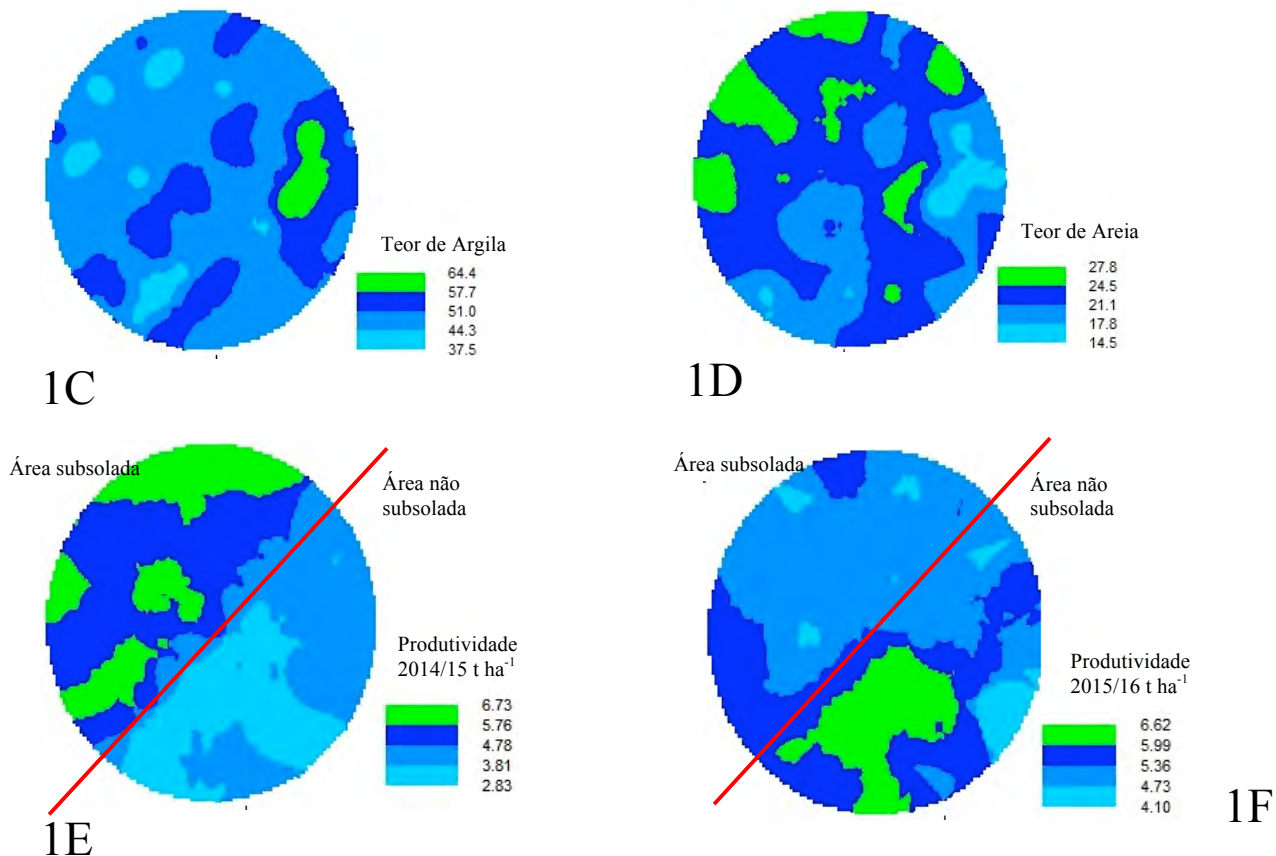
TABELA 2. Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para produtividades 2014/15 t/ha (PD1) e 2015/16t/ha (PD2);resistência a penetração do solo 0,0-0,20 kPa (RPS1) e 0,20-0,40kPa (RPS2); teor de argila % (AG); teor de areia % (AR).

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C	a	R ²	RSS	GDE%
PD1	Gaussiano	0,826	2,154	289,000	0,992	0,014	38,35
PD2	Esférico	0,290	0,618	344,000	0,976	2,04x10 ⁻³	46,92
RPS1	Gaussiano	100,000	61670,000	61,000	0,795	1,68x10 ⁸	0,16
RPS2	Esférico	100,000	53720,000	119,000	0,679	1,69x10 ⁸	0,18
AG	Esférico	0,490	29,590	58,000	0,000	199,000	1,65
AR	Exponencial	1,670	11,040	73,000	0,800	4,940	15,12

Co-efeito pepita; Co+ C1 -patamar; a -alcance (m); GDE = Co/(Co+ C1)*100-grau de dependência (%). GDE -Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%,baixa 20 a 40%,média 40 a 60%,alta 60 a 80%, muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

A partir dos modelos apresentados para cada variável foi utilizado a krigagem ordinária para construir os mapas de contorno da área estudada utilizando o programa GS+ versão 7.0. Para isso, foram utilizados 4 classes afim de buscar uma melhor distribuição espacial para definir zonas de manejo. A produtividade de soja na safra de 2014/15 variou de 2,83 a 6,73 t ha⁻¹, na Figuras 1E mostra a produtividade na área subsolada sendo superior 41% da produtividade na área não subsolada. A Figura 1F apresenta a variabilidade espacial da produtividade na safra de 2015/16, tendo variação de 4,10 a 6,62 t ha⁻¹, a região sudeste apresenta uma maior produtividade na área não subsolada na safra 2014/15, decorrente a realização da subsolagem pelo produtor.





CONCLUSÃO: A resistência a penetração do solo apresentou baixa dependência espacial, tendo variação nas áreas subsoladas e não subsoladas de 7% e 9% para as camadas de 0,0-0,20 e 0,20-0,40 m. A dependência espacial para as produtividades nas safras de 2014/15 e 2015/16 foram médias. A correlação entre as produtividades e os atributos físicos foram fracas. Os maiores valores de produtividade na safra de 2014/15 ficaram na região onde foi feita a subsolagem.

REFERÊNCIAS:

- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Revista de Ciências Agronômicas**. Fortaleza, v. 43, n. 3, 2012.
- CAMPOS, M.C.C.; AQUINO, R.E.; OLIVEIRA, I.A.; BERGAMIM, A.C. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração e umidade do solo em área cultivada com cana-de-açúcar na região de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v.8, n.2, p.305-310, 2013.
- FIGUEIREDO FILHO, D.B.; SILVA JUNIOR, J.A. Desvendando os mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)*. **Revista Política Hoje**, Recife, v.18, n.1, p115-146, 2009.
- MOHALLEM, D.F.; TAVARES, M.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; FREITAS, R.F. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos com frango de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, v.60, n.2, p.449-453, 2008.
- MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L.H.; CORREA, A.R.; OLIVEIRA, I.S.; QUEIROZ, H.A.; TOMAZ, P.K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.39, p.385-396, 2015.
- OLIVEIRA FILHO, F.X.; MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, P.C.M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T.K.G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, Campina Grande, v.19, n.2, p.186-193, 2015.
- SAMPAIO, F.M.T.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; ALMEIDA, A.C.; JOSÉ, M.R. Variabilidade espacial da umidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto. *Revista Engenharia Agrícola*, v.30, p.854, 2010.

CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DA COMPACTAÇÃO DO SOLO USANDO A TÉCNICA DE KRIGAGEM

IGOR QUEIROZ MORAES VALENTE¹, VICTOR HUGO CAVASSINI¹, ANAMARI V. DE ARAUJO MOTOMIYA², JORGE WILSON CORTEZ², DIEGO SILVA FERREIRA³

¹ Eng. Agrícola, Mestrando em Eng. Agrícola, FCA/UFMG

² Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias – FCA na Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Fone. (67) 3410-2389.

³ Graduando em Eng. Agrícola, FCA/UFMG.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O trabalho teve por objetivo caracterizar a variabilidade espacial da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho em área de sistema de semeadura direta, utilizando valores máximos e mínimos. Para a coleta de dados da resistência do solo à penetração utilizou-se um conjunto quadriciclo+penetrômetro eletrônico+coletor de dados, até 0,40 m de profundidade com malha amostral de 1 ha, com 49 pontos amostrais distribuídos na área. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e posteriormente à geoestatística. Observou-se amplitudes entre valores máximos e mínimos, indicativo de que pontos dentro da área precisam de um manejo regionalizado. A análise geoestatística revelou que os atributos estudados apresentaram ajuste a um modelo matemático teórico. Para estimar o valor das variáveis em locais não amostrados e confeccionar os mapas temáticos, foi utilizado o estimador por krigagem. Os dados de resistência à penetração do solo apresentaram variabilidade espacial, o que sugere que um manejo diferenciado na área pode melhorar as condições físicas do solo. Os mapas de isolinhas indicaram que os maiores valores de compactação em área de sistema plantio direto encontram-se nas camadas intermediárias, sendo que 85,75% da área na camada de 0,20-0,30 m precisa ser escarificada/subsolada visando o adequado desenvolvimento radicular das culturas.

PALAVRAS-CHAVE: geoestatística; resistência à penetração; variabilidade.

CHARACTERISTICS OF SPATIAL SOIL COMPRESSION USING THE KRIGING TECHNIQUE

ABSTRACT: The work was to characterize the variability of soil resistance to penetration using maximum and minimum values, under direct sowing system in red latosol area. To collect penetration soil resistance data used a quad set + electronic penetrometer + data collector, up to 0.40 m depth with sampling grid of 1 ha, with 49 sampling points distributed in the area. The data were submitted to descriptive statistical analysis and later geostatistics. Noted amplitude between maximum and minimum values, indicating that points in the area need a different management. The geostatistics analysis revealed that the studied attributes have fitted into a theoretical mathematical model. To estimate the variables in non-sampled places and make the thematic maps, the kriging estimator was used. The soil resistance to penetration data presented spatial variability, which suggests that a different management area can improve the physical conditions of the soil. The contour maps indicated that the higher compression values in tillage area are in the intermediate layers, and 85.75% of the area in the 0.20-0.30 layer needs to be scarified / subsolada for the development root crops.

KEYWORDS: geostatistics; resistance to penetration, variability.

INTRODUÇÃO: A agricultura moderna tem evoluído para sistemas de manejo que promovam o menor revolvimento do solo melhorando sua estrutura, favorecendo a retenção de água e nutrientes para benefício da cultura e conservação dos recursos naturais. O uso intensificado de máquinas e implementos agrícolas e as intervenções antrópicas no solo, podem contribuir para modificar as propriedades físicas do solo, causando sua compactação e aumento da densidade, elevação da resistência à penetração e diminuição da porosidade total

(OLIVEIRA et al., 2013). Isso contribui para o aumento de áreas com problemas de compactação, provavelmente pela ausência de um cronograma de trabalho bem definido ou de modelos capazes de estimar a capacidade de suporte de carga do solo. Seria útil dispor de um modelo simples para relacionar condições físicas do solo e os efeitos do manejo do solo para resistência a penetração. É de fundamental importância o entendimento do padrão de distribuição espacial deste atributo para definir áreas específicas de manejo (ROSALEN et al., 2011). Os métodos geoestatísticos têm se mostrado uma ferramenta fundamental na interpretação dos resultados de variabilidade espacial de atributos do solo (SOUZA et al., 2010a). Assim, a distribuição espacial da resistência à penetração do solo (RP) proporciona conhecimentos fundamentais para o monitoramento da RP, assim pode-se definir regiões específicas com maiores níveis de compactação. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo caracterizar a espacialidade da resistência do solo à compactação utilizando valores máximos e mínimos em um Latossolo Vermelho em área de semeadura direta.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido na Fazenda Santa Hilda no município de Dourados, MS. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006). A umidade do solo no momento da coleta de dados estava próximo à capacidade de campo. Para a coleta de dados da resistência do solo à penetração, utilizou-se um conjunto quadriciclo+penetrômetro eletrônico+coletor de dados, até 0,40 m de profundidade com malha amostral de 1 ha, com 49 pontos amostrais distribuídos na área. Posteriormente os dados foram analisados considerando a média e a amplitude das camadas (0-0,10; 0,10- 0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m), conseqüentemente submetidos à análise estatística descritiva, para determinação das medidas estatísticas média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequência dos dados. A análise geoestatística foi realizada para verificar a existência e quantificar o grau de dependência espacial do atributo estudado, pelo ajuste de um modelo de semivariograma teórico. Por meio da interpolação por krigagem, os mapas de isolinhas (bidimensionais) foram construídos para o detalhamento espacial dos dados coletados, utilizando uma grade de interpolação de 20 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Analisando os valores médios, observou-se valores abaixo do nível crítico 3000 kPa (Tabela 1) para um Latossolo Vermelho argiloso (GIRARDELLO et al., 2014). No entanto, houve grande amplitude entre os valores máximos e mínimos, o que indica que os valores máximos foram superiores ao limite nas camadas 0,20-0,30 m e 0,30-0,40 m, chegando próximo a 4000 kPa na camada de 0,20-0,30 e acima de 4000 kPa na camada 0,30-0,40 m, indicando que pode haver limitação física ao crescimento do sistema radicular. Estes resultados demonstram que a tomada de decisão baseado nos valores médios podem acarretar em decisões erradas e que é necessário o conhecimento do padrão da distribuição espacial da RP para o manejo específico da área. Devido à grande amplitude, houve variação em todas as camadas de RP, indicando que o uso de valores médios para a determinação da RP da área pode ocasionar em erros superestimados, o que poderia acarretar em decisões errôneas quanto ao manejo do solo na área. Observou-se que os coeficientes de variação (CV%) variaram de 16,06 a 41,36 (Tabela 1). De acordo com a classificação proposta por Wilding e Dress (1983), os valores de CV para a camada 0,0-0,10 m e 0,30-0,40, apresentaram valores altos ($CV > 25\%$), e para as demais camadas apresentaram valores moderados ($15 < CV < 25\%$), e nenhum atributo foi detectado com baixo coeficiente de variação ($CV < 15\%$). Valores elevados de CV podem ser considerados como os primeiros indicadores da existência de heterogeneidade nos dados (FROGBROOK et al., 2002). O modelo ajustado do semivariograma foi o esférico. Os mapas de isolinhas (Figura 2) revelaram que na camada de 0,0-0,10 m quase 100% da área estava com RP abaixo de 2.000 kPa, indicando que não há problemas de compactação na camada superficial. Na camada de 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, verificou-se a presença de valores de RP entre 2.000 e 4.000 kPa sendo de 75,71% e 85,75%, respectivamente. Na camada de 0,30-0,40 m apenas 28,18% da área apresentou valores entre 2.000 e 4.000 kPa.

TABELA 1. Estatística descritiva da resistência penetração (RP kPa) de um Latossolo Vermelho distroférico, Dourados, MS.

Parâmetros	Camadas (m)			
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
Média (kPa)	876,7	2151,9	2265,7	1899,4
DP (kPa)	362,6	345,7	412,5	550,4
Variância	131487,0	119505,9	170188,4	302963,9
CV (%)	41,36	16,06	18,21	28,98
Mínimo (kPa)	331,3	1379,7	1616,7	1345,7
Máximo (kPa)	2105,0	2931,0	3671,3	4405,7
Assimetria	1,34	0,21	1,30	2,84
Curtose (k)	2,10	0,19	2,67	10,53
AD	0,027*	0,290*	<0,005	<0,005

DP: desvio padrão. CV: coeficiente de variação. AD: Anderson Darling

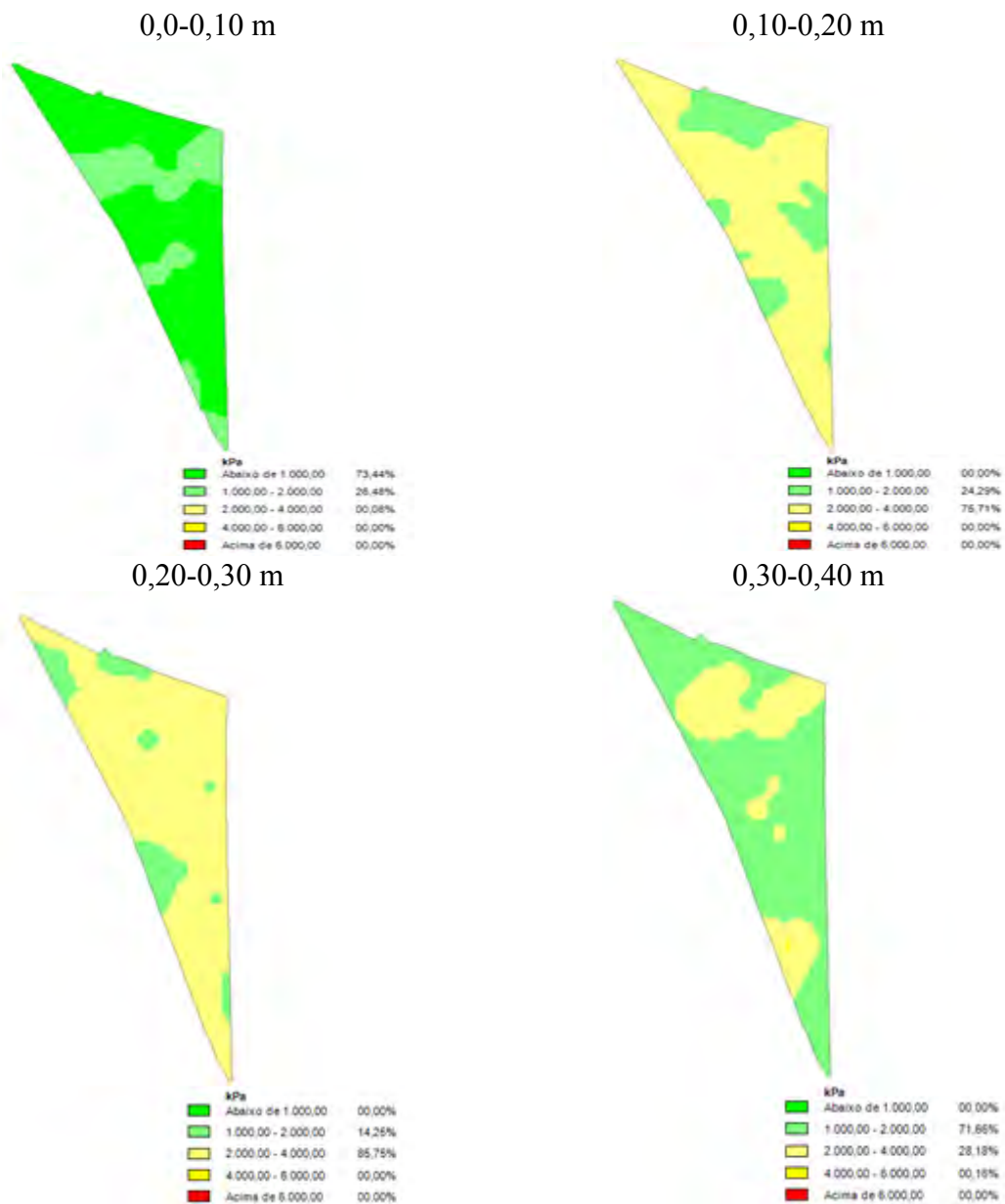


Figura 2. Mapas de isolinhas da resistência à penetração (kPa) nas camadas avaliadas

CONCLUSÃO: Através da caracterização da variabilidade espacial da RP, verificou-se que os dados apresentam maiores valores de compactação na área de sistema de semeadura direta nas camadas intermediárias. O uso dos valores máximos vem a ser um parâmetro de confiabilidade no que se diz respeito à compactação do solo, sendo assim, podemos diferenciar unidades de manejo a serem trabalhadas dentro da grade amostral proposta.

REFERÊNCIAS:

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.

FROGBROOK, Z. L. *et al.* Exploring the spatial relations between cereal yield and soil chemical properties and the implications for sampling. **Soil Use and Management**, v.18, n.1, p.1-9, 2002.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; SANTI, A.L.; CHERUBIN, M.R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T.G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.4, p.1234-1244, 2014.

OLIVEIRA IA, CAMPOSMCC, SOARES MDR, AQUINO RE, MARQUES JUNIOR J, NASCIMENTO EP. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **R Bras Ci Solo**. 2013;37:1103-12.

ROSALEN, D. L.; RODRIGUES, M. S.; CHIODEROLI, C. A.; BRANDÃO, F. J. C.; SIQUEIRA, D. S. GPS receivers for georeferencing of spatial variability of soil attributes. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1162-1169, 2011.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural Rural**. 2010a; 40:48-56.

USO DE UM SISTEMA AÉREO NÃO TRIPULADO NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR E DO EUCALIPTO

RUBENS ANDRE TABILE¹, RAFAEL VIEIRA DE SOUSA², ARTHUR JOSE VIEIRA PORTO³,
RICARDO YASSUSHI INAMASU⁴

¹ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, tabile@usp.br

² Eng. Eletricista, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, rafael.sousa@usp.br

³ Eng. Mecânico, Prof. Titular, Depto. Engenharia Mecânica, EESC, USP, São Carlos – SP, ajvporto@sc.usp.br

⁴ Eng. Mecânico, Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP, ricardo.inamsu@embrapa.br

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Nos últimos anos, diversos temas passaram a figurar em pesquisas relacionadas a atividades agroindustriais, dentre eles o *Farm Management Information Systems* e o *Unmanned Aerial System*. O primeiro sistema é utilizado para coleta, processamento, armazenamento e difusão de dados para o gerenciamento agrícola, é o segundo para coleta de dados para sensoriamento remoto. Este trabalho teve por objetivo utilizar um UAS de asa rotativa para realizar coleta de imagens, no espectro visível, das culturas de cana de açúcar e eucalipto. As imagens obtidas foram processadas no software Pix4Dmapper, que por meio de técnicas de estereoscopia digital gerou resultados na forma de nuvem de pontos georeferenciados, ortomosaicos e modelos digitais de superfície, que podem ser empregados para cálculos de volume e área, cobertura, etc. Os dados gerados podem ser utilizados para alimentar uma base de dados e processados de forma integrada a fim de melhorar o custo-benefício para uma determinada aplicação. Isto propicia o uso de novas ferramentas de gestão no meio rural, como é o caso do FMIS. Espera-se que, no futuro, estas técnicas possam ser úteis em outras áreas, como a logística agrícola, controle da variabilidade espacial e temporal, robótica agrícolas, déficit de insumos, deficiências no solo, entre outras.

PALAVRAS-CHAVE: Fotogrametria, geoprocessamento, nuvem de pontos.

USE OF AN UNMANNED AERIAL SYSTEM IN SUGAR CANE AND EUCALYPTUS CROPS

ABSTRACT: In recent years, several topics began to appear in research related to agro-industrial activities, including the Farm Management Information Systems, and, Unmanned Aerial System. The first system is used in collection, processing, storage and data diffusion for agricultural management, the second is used for data acquisition for remote sensing. This study aimed to use a rotorcraft UAS in image gathering in the visible spectrum, from sugar cane and eucalyptus crops. The images were processed in the Pix4Dmapper software, using digital stereoscopy techniques, yielding georeferenced cloud points, orthomosaic and digital surface models, which were used to calculate volume, area coverage, amongst others. Obtained data are suitable as database, and can be processed in an integrated manner, in order to improve the cost-benefit for variety of applications. This provides the use of new management tools in rural areas, as the FMIS. It is expected that, in the near future, these techniques could be effective to other areas, such as agricultural logistics, spatial and temporal variability control, agricultural robots, supplies deficit, soil deficiency, among others.

KEYWORDS: Photogrammetry, geoprocessing, cloud points.

INTRODUÇÃO: O FMIS (Farm Management Information Systems – Sistema de gerenciamento de informação da fazenda) é um sistema que visa o processamento de informações do ambiente agrícola de forma integrada a fim de melhorar a gestão da produção, armazenagem, logística e comercialização dos produtos. O FMIS necessita ser abastecido com grande quantidade de dados para gerar informações relevantes para o gestor. Assim, ferramentas para aquisição de dados também devem ser consideradas e aprimoradas para que o conceito FMIS seja difundido de maneira positiva com o passar do tempo (FOUNTAS *et al.*, 2015).

Considerando a intercambialidade da tecnologia dentro das mais diversas áreas de produção, o UAS (Unmanned Aerial System – Sistema aéreo não tripulado) é um exemplo de técnica que passa ser usado no setor agropecuário. Pesquisadores têm mostrado interesse crescente na utilização de UAS para diversos fins não militares. Eles são usados em aplicações florestais e agrícolas (SAARI *et al.*, 2011; RANGO *et al.*, 2006). Especificamente no ambiente agrícola, estudos recentes têm demonstrado a viabilidade da realização de sensoriamento remoto quantitativo para o monitoramento da vegetação utilizando câmeras multiespectrais e térmicas se mostrado eficientes para a estimação de variáveis agrícolas como índice vegetativo, o qual pode ser correlacionado com a produtividade além de indicar deficiências (YANG *et al.*, 2006; YE *et al.*, 2008; DOBERMANN & PING, 2004; VIÑA *et al.*, 2011) tanto em culturas anuais como perenes, todos usando câmeras miniaturizadas embarcadas em plataformas UAS de baixo peso.

Isso é devido principalmente ao baixo custo, alta velocidade, grande manobrabilidade segurança desses sistemas para a coleta de imagens. Além disso, eles não têm a desvantagem da baixa flexibilidade e do alto custo de imagens aéreas obtidas por satélites ou aviões tripulados. Atualmente existem muitos fabricantes e tipos de UAS, parte deles são construídos sobre aeromodelos, helicópteros ou multirotores, com exceção dos militares, que entram em outra categoria.

O presente trabalho teve por objetivo utilizar um UAS de asa rotativa para realizar coleta de imagens no espectro visível de diferentes culturas agrícolas, e analisar sua capacidade de destacar ou realçar informações importantes para o gestor da área de plantio, através da confecção de nuvens de pontos, mapas de altitude e ortomosaicos.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado nas dependências da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP), situada na cidade de Pirassununga - SP. Foram utilizadas duas áreas experimentais. A área 1 possui aproximadamente 0,4ha, estava cultivada com cana-de-açúcar e fica localizada nas coordenadas geográficas 21°57'35"S 47°27'21"W. A coleta dos dados foi realizada em junho de 2016. A área 2 possui aproximadamente 0,9 ha, estava cultivada com eucalipto e fica localizada nas coordenadas geográficas 21°58'12"S 47°28'28"W. O plantio foi feito em outubro de 2008 com espaçamento entre plantas de 1,80m e entre fileiras de 3,00m. A coleta dos dados foi realizada em junho de 2016.

Para a coleta de dados utilizou-se um UAS do tipo multirotor com diâmetro de 450 mm, propelido por quatro motores, gerando *payload* (capacidade de carga) de 300 gramas, alimentado por uma bateria LiPo 14,8V - 8 Ah que possibilita um tempo de voo de aproximadamente 15 minutos. A principal diferença entre um UAS e uma aeronave para aeromodelismo ou remotamente pilotada é a sua capacidade de executar missões pré-programadas. O planejamento da missão é feito por um conjunto de softwares/hardware e estão diretamente relacionados com sua FCU (*Flight Control Unit* - Unidade de Controle de Voo). Esse sistema é comumente chamado de *Ground Station* (Estação de Solo) e é composto por subsistemas de telemetria e registro, planejamento de missão, manobras automáticas, entre outros.

Os dados coletados são imagens no espectro visível, utilizou-se uma câmera compacta modelo GoPro Hero 3 Black. A câmera possui sensor de imagem visível tamanho 1/2,3", com abertura óptica de f/2.8, e resolução de até 4000 x 3000 pixels (12 MP), lente fixa com distancia focal de 3 mm, o que possibilita um campo de visão horizontal de 118 graus. A câmera foi fixada em um sistema de amortecimento e correção de orientação (*Gimbal*) e orientada perpendicularmente ao solo.

Os parâmetros de voo foram definidos com base na resolução espacial ou GSD (*Ground Sample Distance*). O GSD representa o tamanho real, em unidade do terreno, que um determinado pixel representa em função da resolução da imagem. Por sua vez, o GSD depende da aplicação que será feita. Para este trabalho foram avaliados diferentes GSD's a fim de verificar sua influência nos resultados. A escolha da velocidade de deslocamento horizontal da aeronave deve permitir que as imagens coletadas sejam nítidas. Velocidades muito altas podem causar um efeito de arrasto ou desfoque, causando borrões na imagem. Nesse trabalho a velocidade horizontal foi de 3 m/s, definida por testes preliminares.

No caso de restituição fotogramétrica (construção de mosaicos, mapas de elevação, mensurar áreas), o percurso da aeronave e o tempo entre fotos define o recobrimento aerofotogramétrico. Se o objetivo da cobertura é o mapeamento da região, as linhas de voo devem ser planejadas para que se obtenha sobreposição transversal (*sidelap*) de 25% e sobreposição longitudinal (*overlap*) de 80%. As imagens de borda, que são aquelas onde não a dados de interesse, são eliminadas e as de interesse são selecionadas para processamento.

Para realizar a restituição fotogramétrica é necessário coletar dados georeferenciados, que podem ser das próprias imagens e/ou GCP's (*Ground Control Points* - Pontos de Controle de solo). Os GCP's são marcos (*landmarks*)

georeferenciados que podem ser identificados nas imagens e são usados pelo software de processamento de imagens para corrigir posição e orientação da restituição.

Os dados de GCP's foram coletados usando um GNSS modelo Topcon GRS- 1 fabricando pela Topcon INC. Os valores de HRMS (precisão horizontal, m) VRMS (precisão vertical, m) e PDOP se mantiveram constantes nas duas áreas com médias de 1,45m para o HRMS; 2,67m para o VRMS e 1,59 para o PDOP.

O processamento dos dados foi realizado pelo software Pix4Dmapper (www.pix4d.com). O software identifica pontos homólogos nas imagens e as organizam de modo a construir uma região contínua, e por estereoscopia gera resultados na forma de nuvem de pontos, ortomosaicos, mapas de índices, modelos digitais de superfície, que podem ser usados para cálculos de volume, área, cobertura, etc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A coleta de dados foi realizada em diferentes alturas de voo a fim de verificar a influência dessa variável nos dados obtidos. Na área 1, foram coletadas imagens a 20, 30 e 40 metros de altura (média de 150 imagens por voo). Na área 2, foram coletadas imagens a 50, 75, 100 e 125 metros de altura (média de 70 imagens por voo). A resolução no terreno (GCP) variou de 1,03cm/pixel a 20m e 6,42cm/pixel a 125m. A primeira análise feita foi a geração da nuvem de pontos. Nesse processo as imagens são inseridas no software Pix4d, apesar das imagens coletadas não serem georeferenciadas o software pode realizar o processamento dos dados, entretanto esses não terão escala. Para que seja feito o georreferenciamento é necessário informar algumas referências com coordenadas de latitude, longitude e altura conhecidos, estas referências são os GCP's. Na figura 1 são apresentadas uma nuvem de pontos georeferenciados para cada área sendo, a) cana de açúcar a 40m, que gerou um total de 360 mil pontos e b) eucalipto a 125m, que gerou um total de 1,8 milhões de pontos. Somente as imagens do eucalipto a 50 metros não geraram resultados satisfatórios porque a copas das arvores estavam muito próximas da aeronave, isso prejudicou a análise de profundidade.

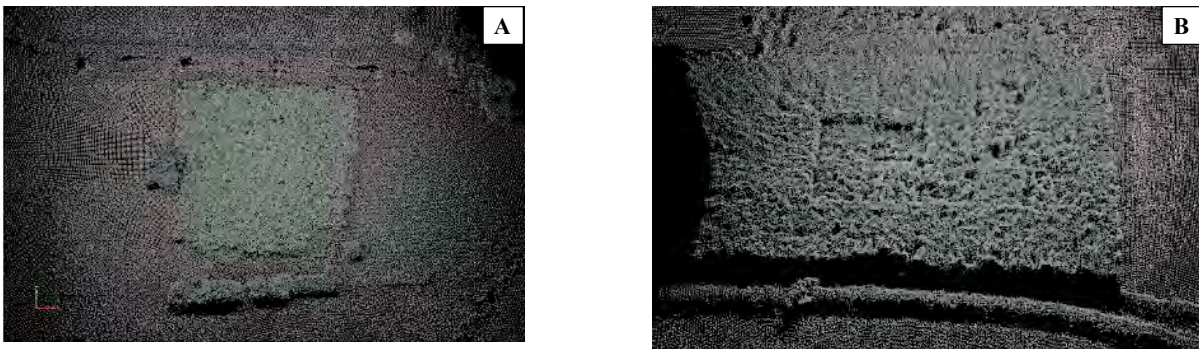


Figura 1. Nuvem de pontos. a) cultura da cana a 40m, b) cultura do eucalipto a 125m

Com a nuvem de pontos georeferenciados e possível gerar um mosaico da área. O mosaico combina informações dos pontos com as imagens originais formando uma superfície tridimensional texturizada. Entretanto para as áreas analisadas o mosaico não é uma boa representação pois ele tende a unir os pontos próximos. Como nem todas as partes das plantas foram amostradas (partes próxima ao solo não são visíveis do ar) o mosaico tende a unir solo com a copa das plantas, causando uma deformação. A figura 3 mostra o mosaico da área de cana e o detalhe de onde os pontos foram ligados e texturizados. O mesmo fenômeno ocorreu para a cultura do eucalipto.

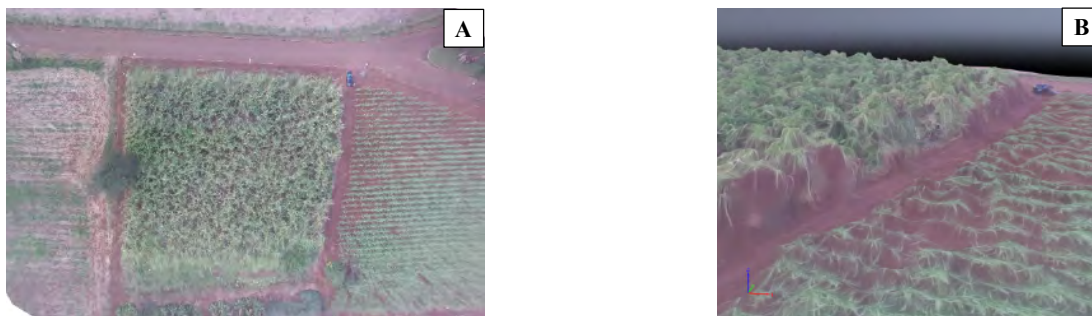


Figura 2. Mosaico da cultura da cana a 40m. a) vista completa, b) vista em detalhe

Também usando a nuvem de pontos georeferenciadas como base gerou-se um DSM (*Digital Surface Model – Modelo Digital de Superfície*). Na literatura podem ser encontrados outras siglas como DEM (*Digital Elevation Model – Modelo Digital de Elevação*) e DTM (*Digital Terrain Model - Modelo Digital do Terreno*). Em síntese:

DTM mostra a superfície da terra sem nenhum objeto, DSM mostra a superfície da terra incluindo os objetos, DEM termo geral. Com esse modelo é possível calcular o volume de material em uma determinada área, no caso do setor agrícola isso pode ser usado para estimar o volume e conseqüentemente massa do material vegetal. No exemplo mostrado a área cultivada possui 3968 m² com volume de material vegetal de 7397 m³. A figura 4 apresenta um modelo digital de superfície e a figura 5 a estimativa de volume da área, ambas da área cultivada com cana de açúcar.

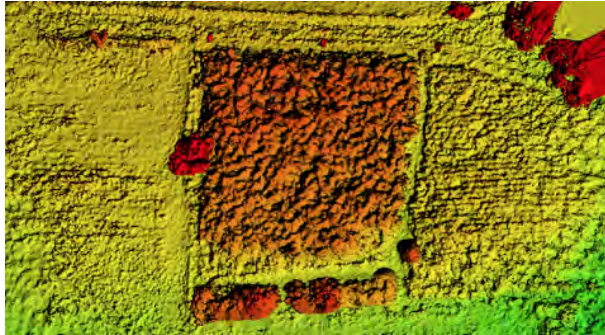


Figura 3. Modelo digital de superfície - DSM.

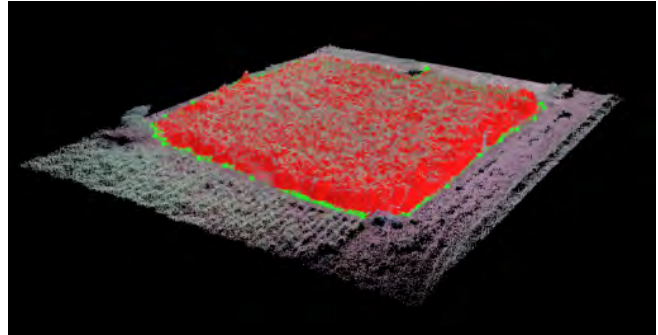


Figura 4. Estimativa de volume.

CONCLUSÃO: A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o UAS é alternativa eficiente para o mapeamento tridimensional com alta resolução, tanto espacial como temporal. Com base nas técnicas de fotogrametria digital foi possível estimar atributos de interesse, porém pouco pode-se dizer a respeito do manejo apenas com base nos resultados encontrados. Eles serviram para identificação de algumas falhas sendo necessário inspeção terrestre para encontrar o motivo de ocorrerem. A nuvem de pontos georeferenciados mostraram potencial para serem utilizados para cálculos de variáveis de interesse.

REFERÊNCIAS:

DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. *Agronomy journal*, v.96, n.1, Jan-Feb, p.285-297. 2004.

FOUNTAS, S.; CARLI, G.; SØRENSEN, C.G.; TSIROPOULOS, Z.; CAVALARIS, C.; VATSANIDOU, A.; LIAKOS, B.; CANAVARI, M.; WIEBENSOHN, J.; TISSERYE, B. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *computers and electronics in agriculture*, v.115, 7//, p.40-50. 2015.

RANGO, A.; LALIBERTE, A.; STEELE, C.; HERRICK, J.E.; BESTELMEYER, B.; SCHMUGGE, T.; ROANHORSE, A.; JENKINS, V. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials. *Environ. Pract.*, v.8, n.3, p.159-168. 2006.

SAARI, H.; ANTILA, T.; HOLMLUND, C.; MÄKYNEN, J.; K. OJALA, H.T.; PELLIKKA, I.; TUOMINEN, S.; PESONEN, L.; HEIKKILÄ, J. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) operated spectral camera system for forest and agriculture applications*. Proc. SPIE 8174, 2011. p.

VIÑA, A.; GITELSON, A.A.; NGUY-ROBERTSON, A.L.; PENG, Y. Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. *Remote Sensing of Environment*, v.Article in Press, n.0. 2011.

YANG, C.H.; EVERITT, J.H.; BRADFORD, J.M. Comparison of QuickBird satellite imagery and airborne imagery for mapping grain sorghum yield patterns. *Precision Agriculture*, v.7, n.1, Mar, p.33-44. 2006.

YE, X.; SAKAI, K.; SASAO, A.; ASADA, S.-I. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v.90, n.2, p.132-144. 2008.

SENSOR DE REFLETÂNCIA DO DOSEL PARA IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES COM CRESCIMENTO DIFERENCIADO EM LAVOURAS DE SOJA.

JOAQUIM PEDRO DE LIMA¹, DIEGO DELLA JUSTINA², LUCAS RIOS DO AMARAL³

¹Graduando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP. Fone (0XX19) 99429.4730. Email: joaquim.lima@feagri.unicamp.br

²Eng^o Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

³Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas – SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Altas demandas provocam produções intensas de soja no Brasil e a utilização de ferramentas para análise espacial da lavoura é indispensável. Nesse contexto, sensores de refletância do dossel apresentam-se como opção para o fornecimento de informações sobre a heterogeneidade no desenvolvimento de plantas presente nas lavouras. O objetivo deste trabalho é verificar se o sensor de dossel é capaz de identificar regiões com crescimento contrastantes ao longo da lavoura, relacionando o sinal obtido pelo sensor com parâmetros biométricos da planta, fornecendo, assim, subsídios para o manejo localizado da cultura. A coleta de dados foi realizada em um talhão de soja de 27,6 hectares. Leituras com um sensor de dossel foram realizadas aproveitando operações de pulverização em quatro estádios fenológicos (V7, V9, R1 e R3). Pontos amostrais foram alocados de acordo com a variabilidade das leituras (NDVI), sendo então medidos a biomassa aérea da cultura, altura das plantas e clorofila com medidor portátil. Houve correlação entre o sinal do sensor, biomassa e altura das plantas ao longo das avaliações, com exceção da clorofila foliar. Devido à alta correlação entre biomassa e NDVI é possível explorar diferentes usos do sensor, entre eles amostragem localizada e aplicação de defensivos em taxas variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: amostragem dirigida, vigor de plantas, gestão localizada.

ABSTRACT: High grain production demands in Brazil leads to the use of tools for field spatial analysis. In this context, canopy reflectance sensors are presented as an alternative to provide information about crop development heterogeneity. The objective of this study was to infer if canopy sensor technology is able to identify crop growth contrast areas within fields, relating canopy sensor signal with soybean plant biometric parameters, providing subsidies for site-specific management. The data was collected on a 27.6 hectare soybean field. Canopy sensor readings were carried out taking advantage of pulverization operations on four phenological stages (V7, V9, R1 e R3). Sampling points were located according sensor readings variability (NDVI), followed by measurements of plant biomass and height and leaf chlorophyll. There was correlation among sensor signal, biomass and plant height through the evaluations, with the exception of leaf chlorophyll. Due to the high correlation between biomass and NDVI it is possible to explore several uses of the sensor, including targeted sampling and variable-rate application of pesticides.

KEYWORDS: directed sampling, plant vigor, located management.

INTRODUÇÃO: O gerenciamento eficiente das unidades produtoras de soja, por meio da adoção de tecnologias, visa fornecer subsídios para a tomada de decisões. Isso porque, os responsáveis técnicos de propriedades agrícolas precisam acompanhar o desenvolvimento de diversas atividades, como plantio, aplicação de insumos e colheita. A partir desta premissa, faz-se necessária a utilização de ferramentas que possibilitem a tomada de decisão em curto período de tempo, permitindo a mudança do manejo da cultura de soja caso haja necessidade. Nesse sentido a agricultura de precisão é uma abordagem promissora, ao possibilitar, por meio do uso de equipamentos, o monitoramento de diversas propriedades da planta e do solo (MOLIN et. al, 2015). Para

tanto, os sensores de refletância do dossel estão sendo usados em diferentes culturas (SAMBORSKI et al., 2009). Estes sensores possibilitam o estudo do vigor da cultura através do cálculo de índices de vegetação, sendo o mais utilizado o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada). A finalidade principal desse tipo de equipamento é direcionar a aplicação de nitrogênio (RAUN et al., 2002). Contudo, os índices de vegetação obtidos permitem inferências sobre a variabilidade espacial no desenvolvimento das culturas. Logo, os dados provenientes desses aparelhos podem mostrar regiões na lavoura que potencialmente devem ser analisadas para a identificação das possíveis causas de diferenças no desenvolvimento da soja. A utilização de imagens de satélites e de aeronaves remotamente pilotadas pode ser alternativa para o monitoramento da lavoura, porém ainda há limitações quanto às resoluções das imagens, qualidade das mesmas e custos envolvidos. Com isso, o objetivo deste trabalho é verificar se o sensor de dossel é capaz de identificar regiões com crescimento contrastantes ao longo da lavoura de soja, relacionando o sinal obtido pelo sensor com parâmetros biométricos da planta, fornecendo, assim, subsídios para o manejo localizado da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido na Fazenda Esplanada do Arinos (13°36'37.37"S e 56°30'12.41"O), na Cidade de São José do Rio Claro, Mato Grosso. A fazenda destina suas atividades à soja e milho e a área experimental possui 27,6 hectares, plantada com a cultivar de soja Pionner 98Y70. Foram realizadas avaliações nos estádios V7, V9, R1 e R3 da cultura. O sensor de dossel utilizado foi o GreenSeeker® (Trimble Navigation, Ltd., Sunny Vale, CA, EUA), com quatro unidades sensoras, distantes 6 m uma das outras, instaladas na barra de um pulverizador auto propelido. As leituras com o sensor foram coletadas aproveitando as operações de pulverização realizadas no talhão. O sensor foi conectado a um receptor GNSS com código C/A e ambos foram conduzidos por todo o talhão, respeitando a largura de trabalho do pulverizador utilizado (24 m). Após a coleta dos dados, estes foram processados em um software SIG (ArcGis® 10.2.2), onde as leituras fora do talhão e discrepantes eram excluídas e os dados classificados pelo valor de NDVI obtido pelo sensor. Com isso foram alocadas cinco classes de acordo com os valores de NDVI obtidos, de forma semelhante ao trabalho de Portz et al. (2011). Três pontos amostrais de 1,5 m² (3 linhas de 1 m linear cada) foram definidos para cada classe. Após a alocação dos pontos realizou-se o levantamento dos parâmetros biométricos da cultura com a finalidade de relacionar tais parâmetros com o NDVI. Os parâmetros biométricos avaliados em cada ponto amostral foram: biomassa da parte aérea, obtido com o corte de 0,5 m linear de plantas por ponto; Clorofila na folha com o ClorofiLog (FALKER, Porto Alegre - RS), com a mensuração de três plantas por ponto, coletando três leituras em cada planta em diferentes partes do trifólio central (RODRIGUES et al., 2013); Altura da planta, distância entre a superfície do solo e o ápice da haste principal da planta, em cinco plantas aleatórias por ponto (AMORIM et al., 2011). Em SIG, todos os dados de NDVI presentes em torno de um raio de 5 m de cada ponto central foram extraídos, calculando-se uma média de NDVI para cada ponto, permitindo relacionar a biometria com as leituras do sensor. Os parâmetros biométricos e os valores de NDVI por estádio fenológico da planta foram correlacionados pelo teste de Spearman (devido à não normalidade dos dados - $p < 0,05$), buscando inferir quais parâmetros biométricos podem interferir na resposta do sensor de dossel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os dados do sensor de dossel e da biometria da soja apresentaram boa relação, com exceção da clorofila foliar (TABELA 1). Como era o esperado, a altura das plantas de soja está altamente correlacionada com a biomassa acumulada da parte aérea. Isso faz com que o sensor de dossel seja eficiente em prever ambas as variáveis, ao menos para o cultivar estudado. Houve baixa correlação da leitura do clorofilômetro com as demais variáveis medidas, indicando que a leitura de clorofila foliar é variável ao longo do ciclo e essa precisa ser realizada em momento específico para que possa ser relacionados ao porte ou vigor da cultura.

TABELA 1. Matriz de Correlação de Spearman para cada estádio fenológico da planta.

V7				V9			
	Biomassa	Altura	Clorofila		Biomassa	Altura	Clorofila
NDVI	0,942*	0,941*	0,117	NDVI	0,804*	0,825*	0,750*
Biomassa	1	0,945*	0,239	Biomassa	1	0,927*	0,823*
Altura	0,945*	1	0,341	Altura	0,927*	1	0,885*
Clorofila	0,239	0,341	1	Clorofila	0,823*	0,885*	1
R1				R3			

	Biomassa	Altura	Clorofila		Biomassa	Altura	Clorofila
NDVI	0,891*	0,885*	0,393	NDVI	0,945*	0,880*	0,175
Biomassa	1	0,943*	0,653*	Biomassa	1	0,880*	0,137
Altura	0,943*	1	0,568*	Altura	0,880*	1	0,492
Clorofila	0,653*	0,568*	1	Clorofila	0,137	0,492	1

*Correlação significativa pelo teste t de *student* a 5%.

Alta relação do sensor de dossel com biomassa da parte aérea da cultura foi mantida ao longo dos estádios fenológicos (FIGURA 1), assim como para a altura das plantas. Isso indica que é possível o desenvolvimento de modelos de predição dessas variáveis para a cultura da soja, independentemente do momento de avaliação, por meio de leituras com o sensor de dossel. Contudo, atenção precisa ser dada à saturação do sinal do sensor (CIGANDA et al., 2009), indicada pelo aumento da biomassa que não é acompanhada pelo aumento no NDVI medido (comportamento não linear da relação NDVI x biomassa - Figura 1a); isso pode ser observado nas medições em R1 e R3, potencialmente limitando a utilização do sensor em estádios posteriores a estes.

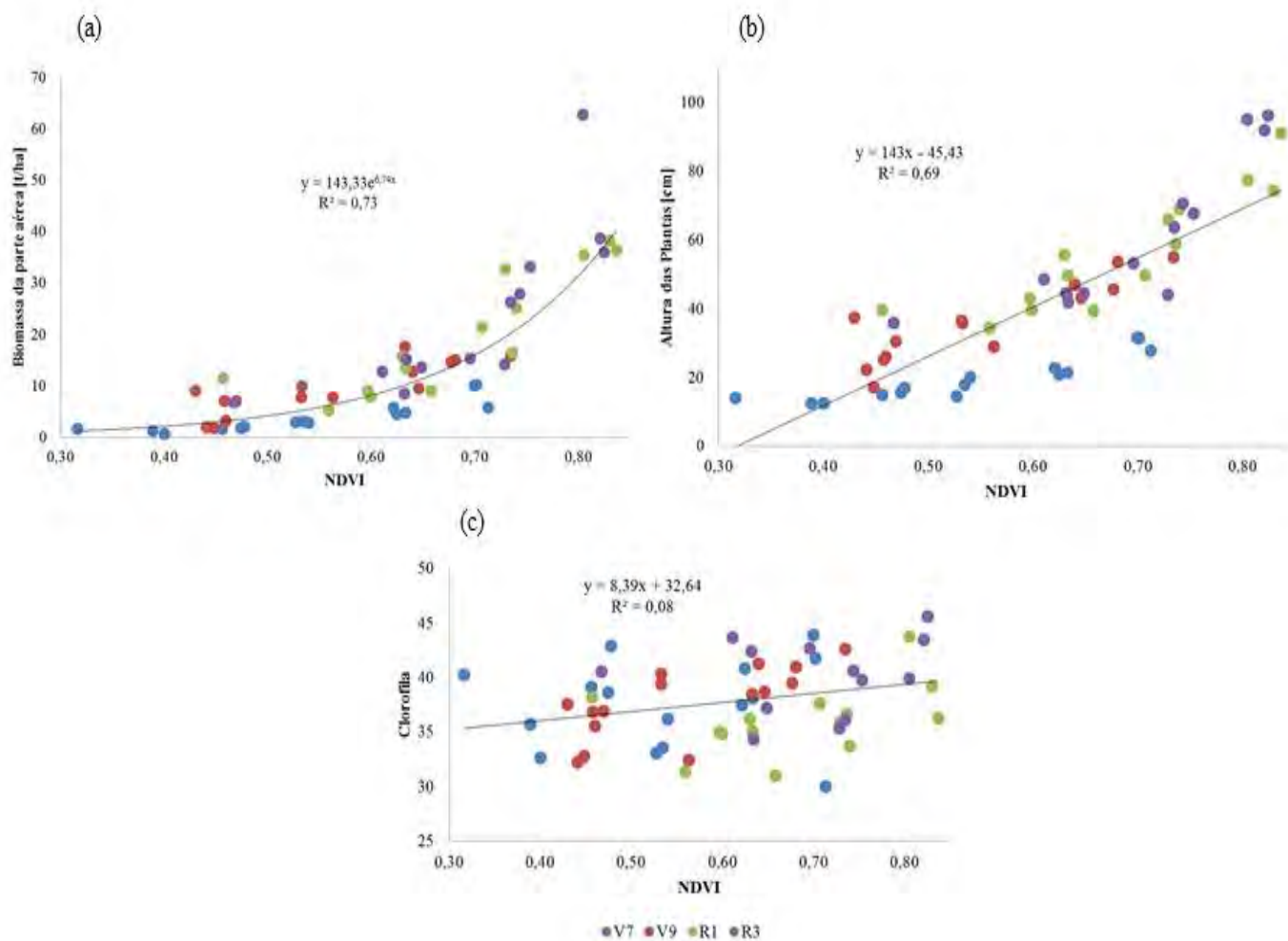


FIGURA 1. Relações entre NDVI obtido com sensor de dossel com biomassa da parte aérea (a), altura de plantas (b) e clorofila foliar estimada por sensor portátil (c) nos diferentes estádios fenológicos avaliados.

Obteve-se alta relação entre o NDVI e a biomassa (FIGURA 1a), o que permite uma série de aplicações dessa tecnologia (MOLIN et al., 2015). Uma delas é o direcionamento de amostragem, buscando indicar as regiões prioritárias de serem avaliadas em função da reduzida biomassa indicada pelo sensor, com o objetivo de inferir qual o fator limitante para dada localidade. Outro uso possível em função dessa relação da leitura do sensor com biomassa da parte aérea é a pulverização de defensivos em taxas variáveis. Nesse caso, há oportunidade para aplicação de maiores volumes de calda em regiões com maior densidade de plantas, sendo uma abordagem

aplicável para fungicidas, inseticidas, dessecantes, etc. Nesse caso, a saturação do sinal do sensor comentada anteriormente passa a ser preocupante; portanto surge a necessidade de estudos futuros buscando averiguar se a saturação do sinal do sensor em mensurações realizadas em estádios mais avançados de desenvolvimento da soja impede o uso desse equipamento para pulverizações em final de ciclo. Permanece essa dúvida, pois com a perda de folhas com a senescência das plantas pode ocorrer a manutenção da eficácia do sensor em avaliar a variabilidade espacial da biomassa da parte aérea da soja, já que a área foliar e, conseqüentemente, a biomassa, tendem a reduzir.

CONCLUSÃO: Há relação entre NDVI obtido por sensor de dossel e altura e biomassa da parte aérea da soja, com mensurações realizadas até o estádio R3. Isso permite várias aplicações dessa tecnologia na cultura da soja, podendo otimizar o uso de insumos e dando suporte para a tomada de decisão gerencial.

AGRADECIMENTOS: À Fazenda Esplanada do Arinos, em parceria com a Agrogeo Consultoria Agrônômica, pela disponibilização da área e suporte na condução do estudo. Ao Laboratório de Agricultura de Precisão da ESALQ/USP e ao Prof. Dr. José Paulo Molin pela disponibilização do sensor de dossel.

REFERÊNCIAS:

- AMORIM, F. A.; HAMAWAKI, O.T; SOUSA, L.B.; LANA, R.M.Q. HAMAWAKI, C.D.L.; Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, p. 1793-1802, 2011.
- CIGANDA, V.; GITELSON, A.; SCHEPERS, J. Non-destructive determination of maize leaf and canopy chlorophyll content. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 157–161, 2009.
- GUEDES, J. V. C.; FARIAS, J. R.; GUARESCHI, A.; ROGGIA, S.; LORENTZ, L. H. Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1299-1302, 2006.
- MOLIN, J.P; AMARAL, L.R; COLAÇO, A.F. **Agricultura de Precisão**. 1. ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2015.
- PORTZ, G.; MOLIN, J.P.; JASPER, J. Active crop sensor to detect variability of nitrogen supply and biomass on sugarcane fields-annotated. **Precision Agriculture**, p. 33-44, 2011.
- RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; JOHNSON, G.V.; STONE, M.L.; MULLEN, R.W.; FREEMAN, K.W.; THOMASON, W.E.; LUKINA, E.V. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. **Agronomy Journal**, v. 94, p. 815-820, 2002.
- RODRIGUES, L.V; ROGGIA, S.; CRUSIOL, L.G.; CAVALLARI, L.S.; PEREIRA, J.P.V.; FERRARI, F. Teor de Clorofila e NDVI de soja em resposta ao ataque de percevejo-marrom, *Euchistus Erus*. **VIII Jornada Acadêmica Embrapa Soja**. Embrapa Soja, 2013.
- SAMBORSKI, S.M.; TREMBLAY, N.; FALLON, E. Strategies to make use of plant sensors-based diagnostic information for nitrogen recommendations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 4, p. 800–816, 2009.
- WADE, M. R.; SCHOLZ, B. C. G.; LLOYD, R. J.; CLEARY, A. J.; FRANZMANN, B. A.; ZALUCKI, M. P. Temporal variation in arthropod sampling effectiveness: the case for using the beat sheet method in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.120, n. 2, p. 139-153, 2006.

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRODUTIVIDADE E SUA CORRELAÇÃO COM CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS NA CULTURA DA SOJA

ANDERSON DA SILVA UMBELINO¹, DANILO GOMES DE OLIVEIRA², MARCOS PAULO DE OLIVEIRA³, PHILIP DOS SANTOS LEMOS⁴, ELTON FIALHO DOS REIS⁵

¹Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, Fone: (0xx62) 91862719, anderson-umbelino@hotmail.com;

²Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, danilogomes.engenharia@gmail.com;

³Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis - GO, marcospmartins.92@gmail.com;

⁴Graduando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis - GO, philiplemos_@hotmail.com;

⁵Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor. Universidade Estadual de Goiás, Campus Anápolis – GO, fialhoreis@ueg.br.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O princípio básico da agricultura de precisão consiste em aumentar a produtividade das culturas, considerando a variabilidade espaço e temporal dos fatores de produção. Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial da produtividade da soja e de características agronômicas em dois anos consecutivos na cultura da soja. A produtividade e as características agronômicas avaliadas da soja foram determinadas coletando todas as plantas em 1m², em 88 pontos espaçados de 60mX60m em dois anos consecutivos. O número de plantas por metro linear foi determinado em uma área de 1 m² utilizando uma trena de 1 m. Foi utilizada a estatística descritiva para análise exploratória e a geoestatística para avaliar dependência espacial e os mapas foram gerados pelo software GS+ versão 7.0. A produtividade média no primeiro ano foi de 4,77, já no segundo de 5,39 t ha⁻¹. Houve dependência espacial da produtividade de soja e das características agronômicas avaliadas. Os mapas de produtividade apresentaram na região sul do mapa menor produtividade para a safra de 2014/15 e maior produtividade na safra 2015/16. A produtividade apresentou correlação positiva com número de plantas por metro e número de vagens por planta.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística, distribuição de plantas, dependência especial.

VARIABILITY SPACE AND TIME OF PRODUCTIVITY AND ITS CORRELATION WITH AGRONOMIC CHARACTERISTICS ON SOYBEAN CROP

ABSTRACT: The basic principle of precision agriculture is to increase crop productivity, considering the space and temporal variability of production factors. This study aimed to evaluate the spatial variability of soybean yield and agronomic traits in two consecutive years in soybean. Productivity and evaluated agronomic characteristics of soybean were determined by collecting all the plants in 1m² in spaced 88 points 60mX60m in two consecutive years. The number of plants per meter was determined as an area of 1 m² using a tape of 1 m. Descriptive statistics were used for exploratory analysis and geostatistics to evaluate spatial dependence and maps were generated by the GS + version 7.0 software. The average yield in the first year was 4.77, in the second of 5.39 t ha⁻¹. There was spatial dependence of soybean yield and agronomic characteristics evaluated. The yield maps presented in the southern region of lower productivity map for the harvest of 2014/15 and increased productivity in the harvest 2015/16. Productivity was positively correlated with number of plants per meter and number of pods per plant.

KEYWORDS: Geostatistics, distribution of plants, special dependency.

INTRODUÇÃO: O princípio básico da agricultura de precisão consiste em aumentar a produtividade das culturas, considerando a variabilidade espaço-temporal dos fatores de produção de forma a proporcionar o manejo adequado, respeitando os princípios de sustentabilidade (RIA, et al., 2015). O arranjo de plantas inadequados causado pela semeadora e outras causas durante o processo de semeadura e emergência são as causas mais comuns para a ocorrência de estandes desuniformes nas culturas, com plantas muito próximas ou com espaçamentos maiores, causando estandes desuniformes no campo (SANGOI et al., 2010). No âmbito da geoestatística Montanari et al., (2015), ressaltam que o estudo da técnica auxilia os programas computacionais empregados na agricultura de precisão, ou seja, os dados gerados e ajustados da interpolação simples de dados (krigagem) servem como base para estimar a variabilidade espacial de determinada variável.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em área comercial na Fazenda Madeira localizada no município de Gameleira de Goiás, GO. A cultura foi semeada com um espaçamento de 0,5 m entre linhas com 240000 sementes ha⁻¹. O trabalho foi realizado durante dois anos consecutivos, utilizando-se uma área de pivô com 36 hectares, que apresenta Latossolo Vermelho-Escuro com textura argilosa e topografia com pouca declividade. Cada ponto foi georeferenciado por meio de um grid, utilizando um receptor de GPS, com sistema de correção diferencial em tempo real, com intervalo de 60 m entre pontos de amostragem, totalizando 88 pontos. Na colheita, foram coletadas todas as plantas em um metro quadrado trilhadas e determinada a produtividade sendo considerada a umidade de 10 % b.u., já a altura de plantas e o número de vagens foram obtidas em 3 plantas escolhidas ao acaso. Para a determinação do número de plantas por metro foram contadas todas as plantas em 1 m² utilizando uma trena. Para análise exploratória dos dados foi utilizada a estatística descritiva e para o cálculo dos semivariogramas e seus respectivos ajustes utilizou-se o software geoestatístico. A análise da dependência espacial da produtividade foi avaliada pela geoestatística, sendo o grau de dependência espacial definido de acordo com Dalchiavon et al. (2012), e os procedimentos para ajuste dos modelos dos semivariogramas foram feitos utilizando o programa GS+ versão 7.0, com o qual se utilizou como critérios para seleção do modelo o coeficiente de determinação (R²) e soma de quadrados de resíduos (RSS). Após a escolha do melhor modelo de ajuste aos dados realizou-se a construção dos mapas de isolinhas pelo software GS+ versão 7.0, que realiza as interpolações utilizando-se o método da krigagem. As análises de correlação foram realizadas com o auxílio do programa Microsoft Excel, versão 2010.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise descritiva para os componentes de produção da cultura da soja (Tabela 1) apresentam valores próximos entre a média e a mediana, com assimetria e a curtose apresentando valores próximos à zero, já a altura de plantas do primeiro ano de cultivo (AP1) apresentou curtose com valor positivo de 3,29.

TABELA 1. Estatística descritiva para a produtividade no ano de 2014/2015 (PR1) e 2015/2016 (PR2), número de plantas por metro linear nas safras de ano de 2014/2015 (NPL1) e 2015/2016 (NPL2), altura de plantas nas safras de ano de 2014/2015 (AP1) e 2015/2016 (AP2) e número de vagens nas safras de ano de 2014/2015 (NV1) e 2015/2016 (NV2).

Parâmetros Estatísticos	PR1 (t ha ⁻¹)	NP1	AP1 (m)	NV1	PR2 (t ha ⁻¹)	NP2	AP2 (m)	NV2
Nº Amost.	88	88	88	88	88	88	88	88
Média	4,77	9,07	0,96	79	5,39	12,48	0,78	63,48
Mínimo	2,24	4,5	0,62	49	2,90	7,5	0,49	37,33
Máximo	7,64	13	1,10	144	8,30	16,5	0,94	103,67
Mediana	4,69	9	0,97	75	5,28	12,5	0,78	60,16
Assimetria	0,26	0,17	-1,26	1,02	0,36	-0,11	-0,98	0,78
Curtose	-0,83	-0,52	3,29	1,12	1,46	0,16	2,89	0,27
D. Padrão	1,27	1,97	0,08	18,82	0,81	1,77	0,07	14,58
Variância	1,60	3,89	0,01	354,39	0,66	3,13	0,005	212,65
C.V. (%)	26,55	21,72	8,03	23,78	15,02	14,17	9,30	22,97
C. Per.	1,00	0,238	-0,068	0,209	1,00	0,312	-0,019	0,258

C.V.- Coeficiente de variação; C. Per. - Correlação de Person em Relação à Produtividade dos anos estudados.

Os valores do coeficiente de variação (CV) na safra 2014/2015 apresentou maior coeficiente de variação (26,55%), classificado segundo Cruz et al., (2012) como alto (20%<CV<30%) e o menor para AP1 (8,03%),

considerado baixo ($CV < 10\%$), resultados semelhantes foram encontrados por Pivetta et al., (2015) analisando épocas e densidades populacionais no desempenho agrônomo de cultivares de soja em Selvíria-MS. O número de plantas por metro linear da safra de 2015/2016 apresentou decréscimo no coeficiente de variação em relação ao ano anterior (14,17%), com produtividade de $5,39 \text{ t ha}^{-1}$. O número de plantas por metro linear apresentou correlação positiva com a produtividade nos dois anos de cultivos com valores de 0,238 e 0,312. Os resultados dos parâmetros do semivariograma dos atributos estudados são apresentados na Tabela 2. Os semivariogramas foram explicados com base no maior R^2 (coeficiente de determinação) e menor RSS (Soma de quadrado dos resíduos) verificando então que os atributos foram explicados pelo modelo gaussiano, exponencial e esférico.

TABELA 2. Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para a produtividade no ano de 2014/2015 (PR1) e 2015/2016 (PR2), número de plantas por metro linear nas safras de ano de 2014/2015 (NPL1) e 2015/2016 (NPL2), altura de plantas nas safras de ano de 2014/2015 (AP1) e 2015/2016 (AP2) e número de vagens nas safras de ano de 2014/2015 (NV1) e 2015/2016 (NV2).

Parâmetros	Geoestatística						
	Modelo	Co	Co+C1	A	R ²	RSS	GDE%
Produtividade 2014/2015	Gaussiano	0,83100	2,27500	312,20	0,990	0,0104	36,53
NP1	Exponencial	0,56000	4,00800	34,00	0,421	0,508	13,97
AP1	Exponencial	0,00056	0,00591	28,70	0,415	$5,33.10^{-07}$	9,47
NV1	Gaussiano	18,0000	346,6000	52,80	0,797	2715	5,19
Produtividade 2014/2015	Exponencial	0,09700	0,68400	34,50	0,132	0,0352	14,18
NP2	Exponencial	0,41900	3,20300	1,00	0,00	0,674	13,08
AP2	Gaussiano	0,00331	0,02671	1063,00	0,894	$4,210.10^{-06}$	26,41
NV2	Esférico	6,50000	209,6000	58,00	0,00	4143	3,10

Co - efeito pepita; Co+ C1 - patamar; a - alcance (m); $GDE = Co/(Co+ C1)$ - grau de dependência (%). GDE - Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%, baixa 20 a 40%, média 40 a 60%, alta 60 a 80%, muito alta 80 a 100%, efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

Os parâmetros dos modelos de semivariogramas selecionados (Tabelas 2) e o método de interpolação por krigagem foram utilizados para gerar os mapas de contorno da distribuição espacial dos atributos analisados. Na figura 1A e 1E, pode ser observada uma inversão visível dos valores de produtividade na área estudada na região sul do talhão. Já em relação ao número de plantas por metro linear, observa-se um maior número para a safra de 2015/2016. Ainda observando a figura (1A e 1B juntamente com a 1C) é possível verificar que as regiões onde apresentam maior número de plantas por metro linear, também houve maior concentração de plantas, isto pode ser explicado pelo fato de que com o aumento da densidade, aumenta a competição intraespecífica por luz, levando ao estiolamento nas maiores densidades (MAUAD et al. 2010). No entanto observando os valores de produtividade da soja Tabela 1, é possível constatar que a altura não exerceu influência sobre a produtividade. Ainda analisando as Figuras 1B e 1D, 1F e 1H verifica-se que o aumento do número de plantas por metro diminuiu o número de vagens por planta, relacionando ao fato de que nas maiores densidades há uma maior competição por luz e uma menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações e produza um número menor de nós (MAUAD et al. 2010).

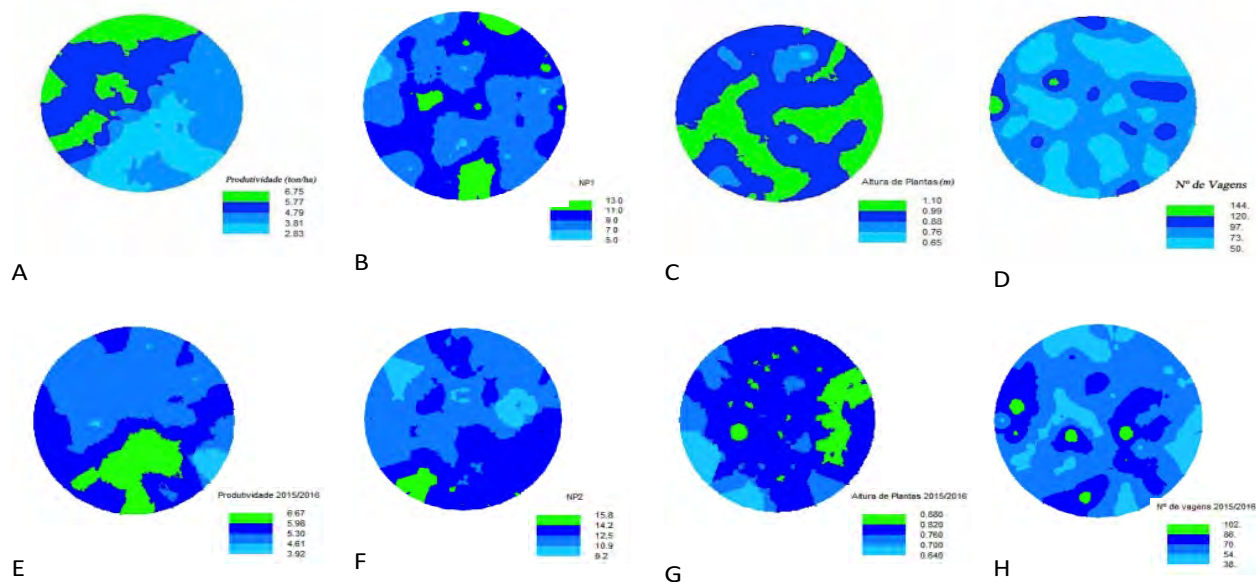


FIGURA 1 - Mapas da distribuição espacial da produtividade de soja da safra 2014/2015 (A), número de plantas por metro da safra de 2014/2015 (B), alturas de plantas da safra de 2014/2015 (C) número de vagens da safra de 2014/2015 (D); produtividade de soja da safra 2015/2016 (E), número de plantas por metro da safra de 2015/2016 (F), alturas de plantas da safra de 2015/2016 (G) número de vagens da safra de 2015/2016 (H).

CONCLUSÃO: A produtividade média no primeiro ano foi de 4,77, já no segundo de 5,39 t ha⁻¹. Houve dependência espacial da produtividade de soja e das características agrônômicas avaliadas. Os mapas de produtividade apresentaram na região sul do mapa menor produtividade para a safra de 2014/15 e maior produtividade na safra 2015/16. A produtividade apresentou correlação positiva com número de plantas por metro e número de vagens por planta.

REFERÊNCIAS

- CRUZ, E. A.; MOREIRA, G. R.; PAULA, M. O.; OLIVEIRA, A. C. M. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14, 2012, p. 220.
- MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L. H.; CORREA, A. R.; OLIVEIRA, I. S.; QUEIROZ, H. A.; TOMAZ, P. K. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, n. 39 p.385-396, 2015.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 64 p.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v. 43, n. 3, July/Sept. 2012.
- MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; Antonio Inácio Almeida NETO, A. I A.; ABREU, V. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agraria**, v.3, n.9, p.175-181, 2010.
- PIVETTA, R. S.; LAZARINI, L.; COLETTI, A. J.; SOUZA, L. G. M.; PARENTE, T. L.; GOES, R.J. Épocas de semeadura e densidade populacional em cultivares de soja na região de Selvíria-MS. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, MT, v.11, n.1, p.31-41, 2014.
- RIA, W. O.; CRUZ, J. C.; FASCINA, M.; KOVALESKI, J. L. Tecnologias aplicadas ao agronegócio agricultura de precisão. **Revista Gestão do Conhecimento**, Castelo Branco, v.7, n.7, 2015.

ACURÁCIA DO DIRECIONAMENTO AUTOMÁTICO DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DOS TURNOS DE OPERAÇÃO

**MURILO APARECIDO VOLTARELLI¹, CARLA S. S. PAIXÃO², FLORA M. MELO VILLAR³,
HELIZANI COUTO BAZAME⁴, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA⁵**

¹Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-2729, voltarelli@ufv.br

²Engº Agrônoma, Profª. Doutora, Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto – SP, Fone: (16) 3209-7283, ca_paixao@live.com

³Engº Agrícola e Ambiental, Profª. Doutora, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-2729, flora.villar.ufv@gmail.com

⁴Engº Agrícola e Ambiental, Mestranda em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-2729, helizanicouto@gmail.com

⁵Engº Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Rural, UNESP, Jaboticabal – SP, Fone: (16) 3209-7283, rouverson@fcav.unesp.br

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A mecanização no setor agrícola canavieiro desempenha uma função fundamental para a produção em larga escala de cana-de-açúcar, tendo, portanto, influência direta nos custos de produção. O piloto automático melhora a acurácia do alinhamento de plantio e da aplicação de insumos, elevando também o tempo disponível para a operação. Assim, objetivou-se avaliar acurácia do direcionamento automático de plantio de cana-de-açúcar em função dos turnos de operação. O plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi realizado por meio de um conjunto trator-plantadora, composto por um trator modelo 7715 4 x 2 TDA e uma plantadora de cana-de-açúcar picada de 2 fileiras, modelo PTX 7010, com hastes sulcadoras espaçadas a 1,50 m. O trator foi equipado com sistema hidráulico de direcionamento automático do alinhamento de plantio (piloto automático), composto por computador de bordo de modelo Fmx[®], receptor GPS modelo AgGPS (ambos da marca Trimble), e demais acessórios. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, baseado nas premissas do controle estatístico de processo, em função dos turnos diurno e noturno de operação. O indicador de qualidade avaliado foi o erro de alimento de plantio. A acurácia do direcionamento automático de plantio apresenta maior qualidade da operação no turno noturno de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Mecanização Agrícola; piloto automático; GNSS.

ACCURACY OF AUTOMATIC GUIDANCE OF SUGARCANE PLANTING ACCORDING TO OPERATING SHIFTS

ABSTRACT: The mechanization in the sugarcane agricultural sector plays a key role for large-scale production of sugarcane, having thus direct influence on production costs. The autopilot improves the accuracy of planting alignment and inputs application, increasing also the time available for the operation. Thus, this study aimed to evaluate the accuracy of the automatic guidance of sugarcane planting according to operating shifts. The mechanized planting of sugarcane was done by a tractor-planter set, consisting of a tractor model 7715 4 x 2 FWA and a chopped sugarcane planter of 2 rows from, model PTX 7010, with fertilizer shanks spaced at 1.50 m. The tractor was equipped with a hydraulic automatic guidance of planting alignment (autopilot), composed of a board computer model Fmx[®], receptor GPS model AgGPS (both from Trimble brand), and other accessories. The lineation was completely randomized, based on the assumptions of the statistical process control, according

to day and night shifts operation. The quality indicator was evaluated by planting alignment error. The accuracy of the automatic guidance of planting showed higher quality of operation in the night shift.

KEYWORDS: Agricultural mechanization; automatic pilot; GNSS.

INTRODUÇÃO: O setor agrícola sucroalcooleiro possui importância tanto no contexto nacional como internacional. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) do mundo, produzindo 665,6 milhões de toneladas por ano (CONAB, 2016). Neste contexto, a mecanização no setor agrícola canavieiro desempenha uma função fundamental para a produção em larga escala de cana-de-açúcar, tendo, portanto, influência direta nos custos de produção (VOLTARELLI, 2013). Como forma de maximizar o desempenho de máquinas designadas ao plantio mecanizado de cana-de-açúcar, o piloto automático melhora a acurácia do alinhamento de plantio e na aplicação de insumos e eleva o tempo disponível para a operação (SHOCKLEY & DILLON, 2008). BATTE & EHSANI (2006) mostram que a redução dos custos operacionais pela utilização desta tecnologia pode ser substancial. Neste sentido, a utilização do controle estatístico de qualidade, nas operações agrícolas mecanizadas é essencial para redução da elevada variabilidade, podendo tornar o processo estável quando o mesmo não apresenta este comportamento (BONILLA, 1994). Diante do exposto, objetivou-se avaliar acurácia do direcionamento automático de plantio de cana-de-açúcar em função dos turnos de operação.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em área agrícola de uma Unidade Produtora de cana-de-açúcar nas proximidades das coordenadas geodésicas: Latitude 21°16'42" S e Longitude 48°24'21" W, com altitude média de 620 metros, declividade média de 6% e clima Aw de acordo com a classificação de Köppen. O georeferenciamento da área foi feito com auxílio de um receptor GNSS (Sistemas de Navegação Global via Satélites), da marca Trimble, modelo R6 (de precisão posicional centi-milimétrica), sendo mais utilizada uma base fixa e outra móvel. As coordenadas foram registradas no sistema plano-cartesiano UTM (Universal Transverso de Mercator). Anteriormente ao plantio mecanizado de cana-de-açúcar a área foi cultivada com a cultura da soja e após sua colheita, foi realizada a operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar. O preparo periódico do solo (utilizando-se uma gradagem média e outra niveladora) foi realizado antes da semeadura da soja, após subsolagem efetuada à profundidade de 0,50 m. A caracterização da quantidade de palha deixada pela cultura da soja foi obtida por meio da coleta de dez pontos aleatórios na área, em uma armação de 0,25 m², resultando em 938,03 kg ha⁻¹ de massa seca. Foram realizadas amostragens do solo (0 – 0,20 m) para determinação da classe textural, obtendo-se como resultado 78% de areia, 6% de silte e 16% de argila, sendo assim classificado como textura média. Para a caracterização da resistência mecânica do solo a penetração e para o teor de água no solo foi utilizado a metodologia proposta pela Asabe (2006) e por Buol et al. (2011), respectivamente, na qual foram coletados 80 pontos amostrais para a resistência do solo, sendo 40 pontos para cada turno de operação e 160 amostras para o teor de água no solo, 80 para cada período de operação, em camadas de 0-0,15 e 0,15-0,30 m. A camada de maior resistência a essa penetração do solo foi em uma profundidade de 0,10 a 0,20 m (3,14 MPa) e o conteúdo de água no solo na camada de 0 - 0,15 m foi de 7,0 (dia) e 8,5% (noite) e na profundidade de 0,15 - 0,30 m foi de 6,5 (dia) e 9,0% (noturno). O plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi realizado por meio de um conjunto trator-plantadora, composto por um trator modelo 7715 4 x 2 TDA, com potência de 136,0 kW no motor a 2200 rpm, 6 cilindros, com taxa de compressão 17:1, rodados dianteiros 600/65R28 e traseiros 710/70R38, ambos R1W. Durante a operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar o trator operou com a bitola ajustada a 2,70 m e na marcha de trabalho 1B (com velocidade média de trabalho de aproximadamente 5,3 km h⁻¹, para os turnos diurno e noturno da operação). Utilizou-se uma plantadora de cana-de-açúcar picada de 2 fileiras, da marca Tracan, modelo PTX 7010, com capacidade de seis a sete toneladas de mudas para o plantio, massa de 10.540 kg, reservatórios de fertilizante de 1.300 kg, possuindo largura de 3,60 metros, rodados 600/50 22,5, com hastes sulcadoras espaçadas a 1,50 m. O trator foi equipado com sistema hidráulico de direcionamento automático do alinhamento de plantio (piloto automático), composto por computador de bordo de modelo Fmx[®], receptor GPS modelo AgGPS (ambos da marca Trimble), e demais acessórios. Esse sistema faz uso do método de posicionamento relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic* - RTK) com comunicação base – móvel (*rover*) via sinal de rádio, alcançando qualidade de posicionamento horizontal em torno de 0,025 m. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente

casualizado, sendo os tratamentos estabelecidos no turno vespertino de operação (15:00 às 23:00 PM) para permitir a avaliação da operação durante os períodos diurno (15:00 às 18:00 PM) e noturno (19:00 às 22:00 PM), sem necessidade de troca de operador, proporcionando-se assim melhores condições de controle do experimento. Foram estabelecidas duas malhas amostrais pré-definidas de 40 repetições para o período diurno e noturno, totalizando 80 repetições, com espaçamentos de 50 x 3.0 m entre si. O indicador de qualidade avaliado foi a acurácia do direcionamento automático de plantio (erro de alinhamento entre as fileiras de cana plantadas) ao longo dos turnos de trabalho. A coleta de dados sobre o erro de alinhamento do plantio foi realizada por meio do computador de bordo Fmx[®] *Integrated Display*, na qual o avaliador anotava os valores nos pontos amostrais pré-determinados. Para maior controle experimental somente um avaliador participou da coleta de dados. Foi utilizada a estatísticas descritiva para a verificação do comportamento geral do conjunto de dados, por meio de medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude), bem como pelos coeficientes de assimetria e curtose. A verificação da normalidade dos dados foi realizada com o teste de Ryan-Joiner, sendo uma medida da proximidade dos pontos e a linha de estimativa da probabilidade, dando maior rigidez para a análise (ACOCK, 2008). Em seguida, à qualidade da operação foi monitorada por meio do controle estatístico de processo, utilizando-se como ferramenta a carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada (MMEP), na qual este modelo de carta representa as observações individuais estimadas, possuindo maior rigor na análise e sendo também recomendada para variáveis com distribuição não normal do conjunto de dados. As cartas de controle utilizadas possuem linha central ($\bar{\bar{x}}$ - média geral estimada), bem como os limites superior e inferior de controle, definidos como LSC e LIC, respectivamente. As cartas de controle da média móvel exponencialmente ponderada foram calculada utilizando-se a largura da faixa entre a média e os limites de controle, como o valor 3 (três) e o fator de rigidez da análise foi escolhido $\lambda=0,4$ (MONTGOMERY, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O indicador de qualidade erro de alinhamento do trator em ambos os turnos de operação, não podem ser descritos pela função de probabilidade normal (Tabela 1). Esta situação pode ser confirmada pelos valores do teste Ryan-Joiner serem distantes de zero, retratando uma distribuição não normal do conjunto de dados (ACOCK, 2008). Verifica-se ainda que a média possui maior valor em relação a mediana, fato este que resulta em uma curva de distribuição de dados mais alongada a direita, e os dados mais concentrados a esquerda, em relação a normal, podendo ser verificado pelo valor positivo e afastado do valor zero do coeficiente de assimetria. Tal situação de não normalidade do conjunto de dados pode também ser evidenciada em função do coeficiente de curtose, na qual apresentam valores positivos e uma curva de distribuição achatada ou platicúrtica em relação à curva de distribuição normal podendo apresentar a concentração de dados acima da média.

TABELA 1. Estatística descritiva para o erro de alinhamento do trator no plantio mecanizado de cana-de-açúcar em função dos turnos de operação.

Variável	Turno diurno							
	\bar{X}^*	A	σ	M	Cs	Ck	CV	RJ
Erro de alinhamento (cm)	4,24	61,00	9,61	3,00	5,66	34,10	197,0	0,549 ^A
Turno noturno								
Erro de alinhamento (cm)	4,80	79,96	14,28	2,00	5,38	29,26	297,0	0,511 ^A

* \bar{X} - Média; A - Amplitude total; σ - Desvio padrão; M - mediana; Cs - Coeficiente de assimetria; Ck- Coeficiente de curtose; CV (%) - Coeficiente de variação; RJ - Teste de normalidade de Ryan-Joiner (N: distribuição normal - $p > 0,05$; A: distribuição não normal - $p < 0,05$).

Por outro lado, nota-se ainda que as medidas de dispersão do conjunto de dados (amplitude móvel, desvio padrão e coeficiente de variação) apresentam valores elevados e evidenciam a variabilidade da oscilação do sinal GNSS (Sistemas de Navegação Global via Satélites) o que influencia na acurácia do alinhamento no decorrer da operação. Para o indicador de qualidade de erro de alinhamento (Figura 1), tanto a operação no período diurno quanto para o noturno, foram constatados pontos fora do limite superior de controle, retratando a ocorrência de causas especiais que podem estar associadas aos 6 M's (Máquina, meio ambiente, medição, método, matéria prima e mão-de-obra) influenciando na operacionalidade do conjunto mecanizado. Um dos fatores 6 M's associado a esta situação seria, por exemplo, o atraso no recebimento de sinal pelo sistema de

autodirecionamento automático de plantio, estando este fato relacionado com o método utilizado para avaliar este indicador de qualidade, e desta forma, o valor analisado pode não corresponder ao ponto amostrado. Por outro lado, o período noturno apresentou menor variação em relação ao diurno, podendo este fato ter ocorrido em virtude dos pontos com proximidade ao valor zero (0 cm) representarem perda total do sinal GNSS ao longo do plantio, apesar de haver outros pontos fora do limite superior com um valor de erro de alinhamento das fileiras elevado (observação n°24).

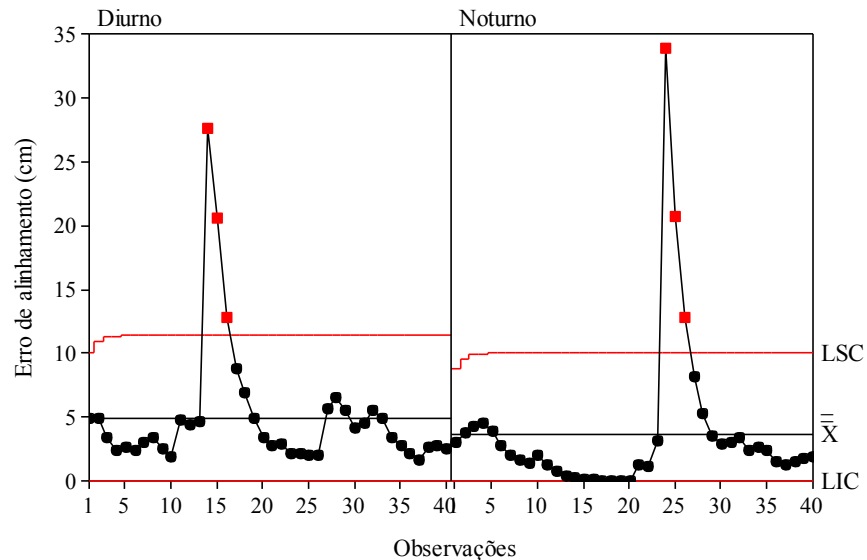


FIGURA 1. Carta de controle da média móvel exponencialmente ponderada para o erro de alinhamento do plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO: A acurácia do direcionamento automático de plantio apresenta maior qualidade da operação no turno noturno de trabalho. No período noturno houve perda do sinal GNSS ao longo da operação, nas observações de n°11 a 20, mesmo assim o processo apresentou menor variabilidade.

REFERÊNCIAS

- ACOCK, A.C. **Descriptive statistics and graphs for one variable.** In: ACOCK, A.C. (ed). A gentle introduction to stata, 1st edn. Stata Corp., Texas, p. 83-107, 2008.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. ASABE. Soil cone penetrometer In: AGRICULTURAL MACHINERY MANAGEMENT. Data ASABE S313.3: **ASABE standards.** St. Joseph, p. 903-904, 2006.
- BATTE, M.T.; EHSANI, M.R. The economics of precision guidance with auto-boom control for farmer-owned agricultural sprayers. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v.53, p.28-44, 2006.
- BONILLA, J. A. Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 334 p.
- BUOL, S.W.; SOUTHARD, R.J.; GRAHAM, R.C.; MCDANIEL, P.A. **Morphology and compositions of soils.** In: BUOL, S.W.; SOUTHARD, R.J.; GRAHAM, R.C.; MCDANIEL, P.A. (eds). Soil genesis and classification, 6th edn. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 35-88, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar.** Brasília 2016. www.conab.gov.br. Acesso: 08 de julho 2016.
- MONTGOMERY, D.C. **Control charts for variables.** In: MONTGOMERY, D.C. Introduction to statistical quality control. Arizona: Wiley. p. 226-268, 2009.
- SHOCKLEY, J.M.; DILLON, C.R. Cost savings for multiple inputs with swath control and auto guidance technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver. **Proceedings...** Denver: Colorado State University, 2008. 1 CD-ROM.
- VOLTARELLI, M. A. **Qualidade da operação de plantio mecanizado de cana-de-açúcar nos turnos diurno e noturno.** 2013. 168 f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

AValiação DA ESTABILIDADE TEMPORAL DO TEOR DE CLOROFILA EM UMA LAVOURA DE CACAU EM SEIS ÉPOCAS

CAIQUE CARVALHO MEDAUAR¹, ÍCARO MONTEIRO GALVÃO², LUIS CARLOS CIRILO CARVALHO³, SAMUEL DE ASSIS SILVA⁴.

¹ Eng° Agrônomo, Mestrando em Produção Vegetal, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)991023742, caiquemedauar@hotmail.com

² Graduando em Eng° Agrônômica, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)991244802, icaro.monteiro@hotmail.com.

³ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Ciências Agrárias e Ambientais, UESC, BA, Ilhéus – BA, Fone: (73)991489333, lcccarvalho@uesc.br

⁴ Eng° Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Rural, UFES, Alegre – ES, Fone: (28)992916702, samuel.assilva@gmail.com

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo do trabalho foi definir a estabilidade temporal do teor de clorofila em cacauzeiros, sendo determinada pela variação entre meses ao longo do tempo. Foram demarcados 120 pontos amostrais em uma área experimental de produção de cacau localizada no município de Ilhéus-BA. O teor foliar de clorofila foi determinado durante seis meses em cada ponto amostral utilizando um medidor portátil denominado clorofilômetro. A fim de verificar a relação entre a variância do teor foliar de clorofila ao longo dos meses os dados foram submetidos a uma análise de correlação linear de Pearson. Para os meses subsequentes em que houve correlação linear significativa os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência de dependência espacial. Comprovada a dependência espacial foram construídos mapas temáticos para cada variável utilizando krigagem ordinária. Apenas os teores de clorofila entre os meses de Setembro/Outubro e Janeiro/Fevereiro possuem correlação linear. Os mapas de Janeiro/2015 e Fevereiro/2015 apresentaram maior uniformidade em relação ao de Setembro/2014 e Outubro/2014. Para os mapas dos incrementos, de ambos os períodos, há grandes áreas com valores próximos de zero. Estes resultados indicam elevada estabilidade temporal do teor de clorofila.

PALAVRAS-CHAVE: cacauicultura de precisão, confiabilidade, tecnologia.

TEMPORAL STABILITY ASSESSMENT OF CHLOROPHYLL CONTENT IN A COCOA FARMING IN SIX TIMES

ABSTRACT: The objective was to define the temporal stability of chlorophyll content in cocoa, is determined by the variation between months over time. They were marked 120 sampling points in a cocoa producing experimental area located in the city of Ilheus, Bahia. The leaf chlorophyll content was determined for six months at each sample point using a portable meter called chlorophyll. In order to verify the relationship between the variance of leaf chlorophyll content over the months the data were submitted to a linear correlation analysis Pearson. For subsequent months in which there was a significant linear correlation data were submitted to geostatistical analysis in order to verify the existence of spatial dependence. Proven spatial dependence were built thematic maps for each variable using ordinary kriging. Only chlorophyll content between the months of September/October and January/February have linear correlation. Maps January/2015 and February/2015 showed higher uniformity compared to September/2014 and October/2014. For maps of increments in both periods, there are large areas of near zero values. These results indicate high temporal stability of chlorophyll content.

KEYWORDS: precision cacao, reliability, technology.

INTRODUÇÃO: Assim como acontece com outras culturas agrícolas, a cacauicultura tem se transformado em um ramo especializado, onde se busca a diferenciação e a máxima agregação de valor ao produto final.

Silva et al. (2014) comentam que a diferenciação dos produtos agrícolas perpassa pela adoção de tecnologias integradas que objetivam extrair o máximo de informação sobre os sistemas produtivos, permitindo a adoção de manejos mais precisos. A substituição parcial ou total dos métodos tradicionais de avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas pelo uso de sensores tem sido amplamente estudada em agricultura de precisão (Godoy et al. 2008). Alguns equipamentos, como os medidores de clorofila, vem sendo utilizados satisfatoriamente em diferentes culturas agrícolas para a recomendação de suplementação foliar de nutrientes (Souza et al. 2011), entretanto em cacau, essas informações ainda são escassas. Segundo van Wesenbeek et al. (1988) a estabilidade temporal é relatada como uma associação invariável no tempo entre a posição no espaço e os dados estatísticos de uma determinada propriedade. Segundo Vachaud et al. (1985) para se avaliar a estabilidade temporal de uma variável ao longo do tempo é necessário interpretar as diferenças entre os valores em cada posição e o valor médio no espaço. Portanto, de acordo com autores citados, pequenas variações ou semelhança de dados na diferença relativa entre posições ao longo do tempo, são indícios de estabilidade temporal. A utilização conjunta de sensores para medições indiretas da nutrição das plantas e o conhecimento e avaliação da estabilidade temporal dos fatores que a determinam, constitui uma importante ferramenta na determinação de estratégias de manejo racional das áreas agrícolas (Valente et al. 2012). Diante do exposto, com este trabalho se objetivou definir a estabilidade temporal do teor de clorofila em cacauzeiros, sendo determinada pela variação entre meses ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em uma área experimental de 0,6 hectares pertencente ao Centro de Pesquisas do Cacau – CEPEC, órgão vinculado à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC. A área está localizada no km 22 da rodovia Jorge Amado, na região Sul do Estado da Bahia, no município de Ilhéus. Foi construída na área, uma malha regular composta por 120 pontos amostrais. Cada ponto era composto por uma única planta de cacau. O teor foliar de clorofila foi mensurado em seis períodos diferentes ao longo da safra de 2014-2015, sendo as medições realizadas nos meses de setembro, outubro, janeiro, fevereiro, março e abril. As medições foram realizadas sempre no período da manhã em cada um dos 120 pontos, em folhas localizadas nos quatro quadrantes da planta, na porção mediana da copa, com quatro amostragens (folhas) por quadrante, totalizando 16 valores de teor foliar de clorofila por ponto. Para tal foi utilizado um clorofilômetro portátil, marca ClorofiLOG®, modelo CFL 1030, operado conforme as instruções do fabricante. A fim de verificar a relação entre a variância do teor foliar de clorofila ao longo dos meses realizou-se uma análise de correlação linear de Pearson ao nível de 5% de probabilidade. Para os meses subsequentes em que houve correlação linear significativa os dados foram submetidos à análise geoestatística, a fim de verificar a existência de dependência espacial por meio do ajuste de semivariogramas utilizando o modelo esférico. Comprovada a dependência espacial, utilizou-se o método de interpolação krigagem ordinária, para estimar valores em locais não medidos para os intervalos dos teores foliares de clorofila ao longo do tempo. Foram construídos mapas temáticos, identificando as diferenças dos teores médios de clorofila para os meses em que houve correlação linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise da correlação linear estão apresentados na TABELA 1. Levando em consideração meses subsequentes, verificou-se correlação significativa entre os meses Setembro/Outubro e Janeiro/Fevereiro. Isso demonstra que há uma alta estabilidade temporal entre esses meses. Para os demais meses subsequentes a correlação não foi significativa.

TABELA 1. Análise da correlação linear de Pearson para os níveis de clorofila ao longo dos meses. **Analysis of Pearson correlation coefficients for chlorophyll levels over the months.**

Variáveis	Setembro/2014	Outubro/2014	Janeiro/2015	Fevereiro/2015	Março/2015	Abril/2015
Setembro/2014	1	0,3984	0,6113	0,6138	0,0055	0,0752
Outubro/2014	*	1	0,1702	0,2133	-0,0841	-0,0371
Janeiro/2015	*	ns	1	0,9254	-0,0464	0,0138
Fevereiro/2015	*	*	*	1	-0,0651	-0,0172
Março/2015	ns	ns	ns	ns	1	0,0181
Abril/2015	ns	ns	ns	ns	ns	1

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise geostatística (TABELA 2), as variáveis do intervalo dos meses de índice de clorofila que obtiveram correlação apresentaram dependência espacial, indicando que a distribuição na área não é aleatória.

TABELA 2. Modelos e parâmetros de ajuste dos semivariogramas para os níveis de clorofila ao longo dos meses e da variação entre meses. **Models and semivariograms setting parameters for chlorophyll levels over the months and the variation between months.**

Variáveis	Modelo	C_0	C_1	C_0+C_1	a	IDE
Setembro/2014	Esférico	0	23.10	23.10	11.39	0
Outubro/2014	Esférico	7.21	3.61	10.82	20.27	66,63
Janeiro/2015	Esférico	0	26.58	26.58	9.88	0
Fevereiro/2015	Esférico	0	16.68	16.68	9.72	0
Setembro/Outubro	Esférico	0	22.17	22.17	9.85	0
Janeiro/Fevereiro	Esférico	1.30	3.11	4.42	15.92	29.55

C_0 - efeito pepita escalonado; C_1 - contribuição; C_0+C_1 - patamar escalonado; a - alcance; IDE - Índice de Dependência Espacial.

Devido as variáveis apresentarem dependência espacial, todas elas sofreram ajustes, sendo que o modelo teórico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais foi o esférico. Encontrou-se o efeito pepita igual a zero para todas as variáveis, exceto para o mês de Outubro e para variação dos meses Setembro/Outubro, o que demonstra que a malha utilizada quantificou toda variabilidade espacial na área. Verificou-se que os valores de alcance dos teores de clorofila ao longo dos meses foram distintos. O alcance variou de 9,72 até 20,27m, para Fevereiro e Outubro, respectivamente. No caso da variação entre meses o alcance de Janeiro/Fevereiro foi igual a 15,92m, o que indica que essa variável apresenta maior continuidade espacial em relação à diferença entre os meses de Setembro/Outubro que apresentou o menor alcance igual a 9,85m, sendo assim menor continuidade espacial. Segundo classificação proposta por Zimback (2001), apresentou-se índice de dependência espacial (IDE) moderado para o mês de Outubro e para diferença entre os meses de Janeiro/Fevereiro, sendo que os demais apresentaram IDE forte. A distribuição espacial das variáveis está apresentada na FIGURA 1.

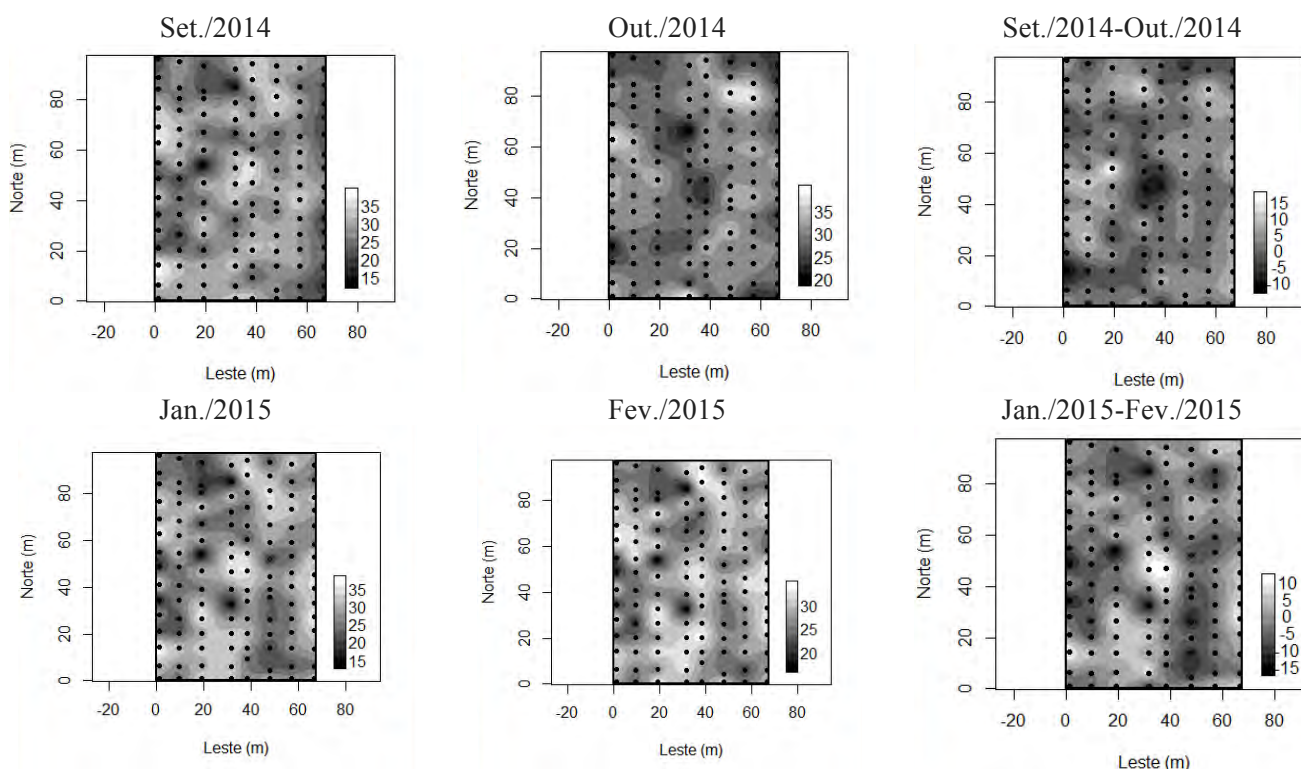


FIGURA 1. Distribuição espacial do teor médio de clorofila para Set./2014, Out./2014, Jan./2015, Fev./2015 e para a variação entre os meses Set./2014-Out./2014 e Jan./2015- Fev./2015. **Spatial distribution of mean chlorophyll content for Sep./2014 , Oct./2014 , Jan./2015 , Feb./2015 and the variation between the months Sep./2014-Oct./2014 and Jan./2015- Feb./2015.**

Por meio de comparação visual do teor de clorofila dos meses de Janeiro e Fevereiro, observou-se que os mapas são muito semelhantes. Pelo mapa da variação entre os meses de Janeiro/Fevereiro, verificou-se que a

maioria das regiões possui coloração acinzentada, a qual representam incrementos próximos de zero. Este comportamento está de acordo com os resultados da TABELA 1, que mostra uma correlação igual 0,9254. O mesmo ocorreu para os dados dos meses de Setembro e Outubro, de modo que a correlação foi menor (0,3984) em relação à de Janeiro e Fevereiro. O mapa da variação entre Setembro/Outubro também apresentou, na sua maioria, regiões com valores de incrementos próximos de zero. Diante destes resultados, comprovou-se a estabilidade temporal do teor de clorofila entre os períodos de Setembro e Outubro e de Janeiro e Fevereiro.

CONCLUSÃO: Apenas os teores de clorofila entre os meses de Setembro/Outubro e Janeiro/Fevereiro possuem correlação linear significativa a 5% de probabilidade. Foi possível identificar e caracterizar a dependência espacial dos teores de clorofila dos meses de Setembro/2014, Outubro/2014, Janeiro/2015 e Fevereiro/2015, bem como da variação entre os teores de clorofila dos meses subsequentes, o que permitiu a criação de mapas temáticos. Os mapas de Janeiro/2015 e Fevereiro-2015 apresentaram maior uniformidade em relação ao de Setembro/2014 e Outubro/2014. Para os mapas dos incrementos, de ambos os períodos, há grandes áreas com valores próximos de zero. Estes resultados indicam elevada estabilidade temporal do teor de clorofila.

REFERÊNCIAS: GODOY, L. J. G. et al. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v. 32, n. 1, p. 217-226, 2008.

SILVA, S.A. et al. Coffee quality and its relationship with Brix degree and colorimetric information of coffee cherries. **Precision Agriculture**, v.15, n.1, 2014.

SOUZA, T.R. et al. Medida indireta da clorofila e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada em plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 993-1003, 2011.

VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, P. & VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 49:822-827, 1985.

VALENTE, D.S.M. et al. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 69, p.173-179, 2012.

van WESENBEEK, I.J.; KACHANOSKI, R.G. & ROLSTON, D.E. Temporal persistence of spatial patterns of soil water content in the tilled layer under a corn crop. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 52:934-941, 1988.

DESENVOLVIMENTO DE MEDIDOR DE PULSOS DE ALTA FREQUÊNCIA COM INTERFACE BLUETOOTH DEDICADO A SENSORES CAPACITIVOS DE UMIDADE DO SOLO

DAVID RIBEIRO LINO¹; AMNON A. RODRIGUES²; FRANCISCO JOSÉ FIRMINO CANAFÍSTULA³, ADUNIAS DOS SANTOS TEIXEIRA⁴

¹ Discente de Agronomia, Bolsista PIBITI/CNPq, Depto. Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, Fone: (085)33669762, rdavid.lino@gmail.com.

² Eng. Agr. Doutorando em Eng. Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, Fone: (085)33669762, amnonrodrigues@gmail.com

³ Físico, Doutor em Engenharia Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFC Fortaleza – CE, Fone: (085)33669762, firmino@ufc.br

³ Professor, Ph.D., Depto. Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza – CE, Fone: (085)33669760, adunias@ufc.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A utilização de processos e instrumentos capazes de determinar o teor e o potencial da água no solo vem ganhando visibilidade no contexto de agricultura de precisão, visando ao monitoramento de sistemas irrigados e a fim de obter-se a máxima eficiência na utilização da água disponível. O uso de sensores do tipo capacitivos vem apresentando resultados satisfatórios. A utilização desses sensores normalmente está associada a sistemas automáticos de irrigação. Nesses sistemas, os sensores são os elementos indicadores do momento de irrigar. O grupo de pesquisa GAMA-DT associado ao LEMA-Laboratório de eletrônica e mecânica agrícola desenvolveu um medidor portátil para fazer a leitura desses sensores tornando assim mais acessível o uso desses sensores por produtores. O presente trabalho objetivou facilitar a interação do produtor como o monitoramento da umidade do solo através do aperfeiçoamento do referido medidor portátil de umidade do solo com o uso da comunicação via Bluetooth que informa os dados de forma simples sobre a situação hídrica do solo monitorado, através de um dispositivo móvel com sistema Android. Objetivando dessa forma o desenvolvimento de um módulo de baixo custo, de fácil instalação e fácil manuseio, visando principalmente à utilização por pequenos e médios produtores. Assim como no medidor portátil de frequência, o novo medidor foi aferido utilizando um gerador de função e em seguida os dados referentes a leitura de sensores foram simultaneamente comparados com os dados obtidos com um osciloscópio, validando também a eficiência do novo medidor. Este medidor passou a ficar fixo no campo acoplado a até três sensores capacitivos e através do módulo Bluetooth adicionado a ele é possível receber os dados dos sensores através de um dispositivo móvel Android.

PALAVRAS-CHAVE: sensor de umidade do solo, irrigação de precisão, sistema operacional android.

FREQUENCY METER DEVELOPMENT WITH BLUETOOTH INTERFACE DIRECTED TO MONITORING SENSORS SOIL MOISTURE CAPACITIVE

ABSTRACT: The use of procedures and instruments to determine the content and the potential of water in the soil is gaining visibility in the context of precision agriculture, aimed at monitoring irrigation systems and in order to obtain the most efficient use of available water. The use of capacitive type sensors has shown satisfactory results. The use of these sensors is usually associated with automatic irrigation systems. In these systems, the sensors are the indicators elements of time to irrigate. The research group GAMA-DT, associated to the LEMA-Laboratory of electronics and agricultural mechanics, has developed a portable meter to read these sensors thus making available the use of these sensors by small producers. This study aimed to facilitate the small producer interaction as the monitoring of soil moisture using portable meter improving soil moisture using the Bluetooth communication that informs simply data about the water situation of the monitored soil by a mobile device with Android system. also aimed at the development of a low-cost module, easy to install and easy to use, aimed primarily for use by small and medium producers. As in the portable measuring frequency, this new meter was calibrated using a function generator, and then the data read from both sensors were compared with data obtained with an oscilloscope, validating the new meter efficiency. This meter can be installed in the field coupled with up

to three capacitive sensors and the Bluetooth module added to it can receive data from sensors via an Android mobile device.

KEYWORDS: soil moisture sensor, precision irrigation, android operational system.

INTRODUÇÃO: No atual sistema de desenvolvimento agrário a irrigação ganha cada vez mais importância sendo um dos fatores mais limitantes para a execução de projetos agropecuários. Nesse contexto, a agricultura de precisão surge como um modelo de manejo que busca um aumento na eficiência do uso da água, indicando quando e quanto irrigar com base em informações do solo e da cultura produzida, especialmente quanto ao conteúdo de água no solo. Existem diversos métodos de determinação do teor de água no solo, porém nenhum ainda é considerado universalmente como o melhor sem que haja um processo de verificação (KLAR, 1988), tendo em vista que a escolha do método dependerá dos objetivos desejados pelo pesquisador ou produtor, da instrumentação disponível, do nível de precisão desejada e outros fatores que possam limitar a sua escolha (MIRANDA e PIRES, 2001). Alguns trabalhos vêm mostrando bons resultados na utilização de sensores FDR para monitoramento do teor de água no solo. Os sensores do tipo capacitivos, por exemplo, têm seu princípio de funcionamento baseado na capacitância elétrica, sua aplicação tem-se difundido bastante em pesquisas relacionadas à irrigação por ser um método não destrutivo (CRUZ et al. 2010). A utilização de sensores, como os do tipo capacitivo, no monitoramento do teor de água no solo, permite, em associação com outros instrumentos, a automação dos sistemas de irrigação. Segundo QUEIRÓZ et al., 2005, O manejo automático da irrigação pode substituir o manual sem prejuízos para a produção e, possivelmente, com redução no consumo de água através da determinação precisa do conteúdo de água no solo. Embora a prática de automação de sistemas de irrigação tenha se tornado mais comum nos últimos anos, muitos desses sistemas baseiam-se na utilização de temporizadores eletrônicos. Esses equipamentos, no entanto, não levam em consideração o teor de água do solo ou outra variável do sistema solo-planta-atmosfera (Maciel, 2005). No caso dos sensores capacitivos de umidade citados anteriormente, sua utilização pode dar-se através da implantação de um sistema automático de irrigação em malha fechada no qual o sensor seria o elemento primário do sistema que em conjunto com outros elementos atuadores do mesmo tomaria as decisões de quando e quanto irrigar, automaticamente, conforme parâmetros definidos por um operador humano. Esses sensores podem ser utilizados também de uma forma não automatizada no qual, manualmente, um operador faz a leitura da frequência do sensor, e com base em uma calibração do sensor para o solo e para cultura, toma a decisão de irrigar ou não a área. O sensor capacitivo de umidade que será utilizado no projeto, tem frequência de trabalho que varia entre 500kHz até 6 GHz, como descrito por CRUZ et al. (2010). Para que este sensor possa ser utilizado como elemento indicador da necessidade de irrigação em um sistema não automático, faz-se necessário o uso de um dispositivo de medição de frequência de fácil utilização, de baixo custo e preciso, para ser usado pelo operador para a tomada de decisões. O princípio de funcionamento desse medidor será semelhante ao princípio de um frequencímetro, porém desenvolvido e com terminais de leituras totalmente adaptados a leitura do sensor capacitivo de umidade. Um frequencímetro é um instrumento eletrônico utilizado para medição da frequência de um sinal periódico, (CÉSAR, 2009), A unidade de medida utilizada é o hertz (Hz). O medidor de frequência a ser desenvolvido no projeto terá a associação do medidor portátil de frequência com um gerenciador de energia e um módulo bluetooth. Portanto, este trabalho tem o objetivo de aperfeiçoar o medidor portátil de frequência, mantendo o baixo custo, precisão e maior facilidade de manuseio, para aplicação no monitoramento de sistemas de irrigação com sensor capacitivo de umidade.

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento e os testes dos parâmetros necessários à construção do módulo medidor de frequência emitida por sensores capacitivos de umidade foram realizados no Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA) do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC). Para a construção do medidor de frequência foram utilizados conhecimentos em programação, na linguagem C, aplicados a microcontroladores da família PIC. O medidor de frequência utilizou um circuito eletrônico de contadores digitais para fazer a medição da frequência gerada pelo sensor capacitivo. A conexão entre o sensor e o medidor de frequência para a realização da leitura pode ser realizada através de conectores de encaixe entre o cabo do sensor e os terminais do medidor de frequência. Para comunicação com um tablete ou smartphone foi adicionado a ele também um dispositivo bluetooth. Para alimentação do módulo foi adicionado um gerenciador de energia, também desenvolvido pelo grupo e documentado em Canafistula (2013). Sua finalidade é manter a bateria do módulo carregada e mesmo em períodos nublados ou noturnos ser possível usufruir da funcionalidade do módulo. Para a realização de testes preliminares da precisão do módulo foram utilizados sensores capacitivos de umidade previamente calibrados. Foi obtida a correlação das leituras do módulo

com frequência fornecida por gerador de função e pelos sensores comparando com as leituras de osciloscópio. Foi feita a avaliação em campo correlacionando com as leituras do medidor portátil de frequência para verificar sua precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O desenvolvimento do medidor de frequência se deu em duas frentes de trabalho; na primeira, o desenvolvimento de hardware e na segunda, o desenvolvimento do código de funcionamento do microcontrolador responsável pela captação e processamento do sinal recebido do sensor capacitivo de umidade do solo. Em seguida foi realizada a calibração das leituras com a utilização de um gerador de função, gerando assim uma curva de calibração que é parentada na Figura 1. Posteriormente, foram realizados testes comparativos com instrumentação de laboratório e o equipamento desenvolvido. O hardware foi idealizado em ambiente computacional, onde foi simulado o seu funcionamento. Em seguida, foi montado em matriz de contato para testes reais. Para finalizar, foi montado em placa dedicada. A arquitetura final do medidor de frequência é apresentada na Figura 2.

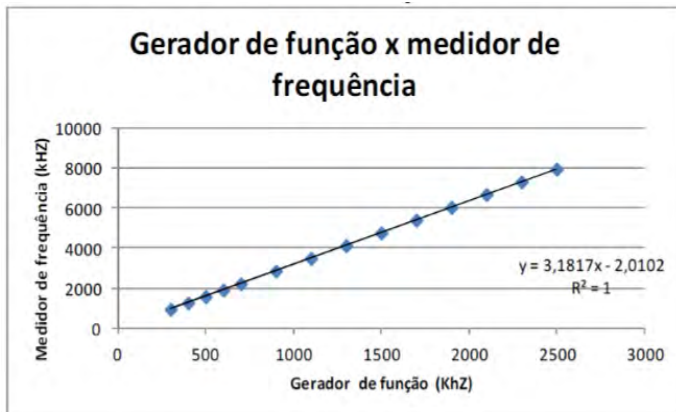


FIGURA 1. Correlação entre os valores de frequência obtidos com o medidor. **Correlation between the frequency values obtained with the portable meter and the function generator portátil e o gerador de função.**

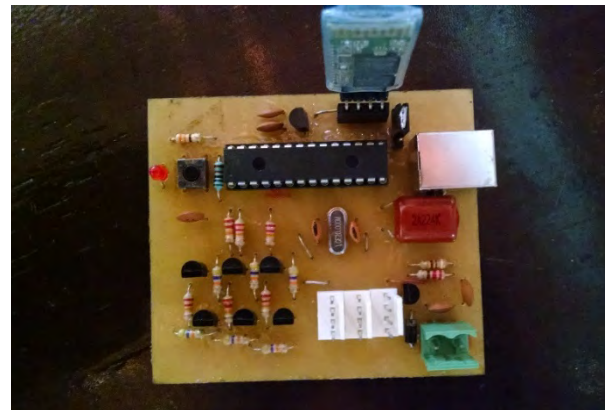


FIGURA 2. Medidor de frequência e seus componentes. **Frequency meter and its components.**

As análises realizadas permitiram avaliar alguns parâmetros relacionados ao funcionamento do medidor de frequência desenvolvido. Os dados obtidos como gerador de função, embora não apresentem coincidência em valores absolutos, apresentaram forte correlação com as leituras do medidor portátil como mostra a Figura 1. Com esse resultado, pode-se verificar que o medidor possui potencial para medição de frequência e, portanto, de umidade do solo, sendo necessária uma correção de sua leitura por meio da alteração do código de programação gravado no microcontrolador montado em seu circuito eletrônico. Partindo da equação apresentada na Figura 1, o código de programação do medidor portátil foi atualizado. Com isso, realizou-se uma avaliação comparativa entre as leituras geradas pelo medidor e as leituras obtidas com um osciloscópio. Na Figura 3, podem ser observadas as correlações obtidas. O gráfico permite verificação de uma perfeita correlação entre a leitura do medidor de frequência e a leitura do osciloscópio. Testes utilizando o osciloscópio e o medidor portátil na medição de frequência de sensores capacitivos de umidade foram realizados (Figura 4), obtendo-se resultados semelhantes aos obtidos quando foi utilizado o gerador de função.

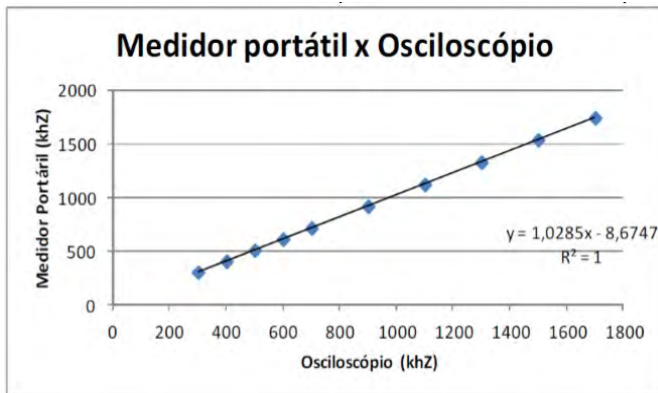


FIGURA 3. Correlação entre os valores de frequência obtidos com o medidor portátil e o osciloscópio.
Correlation between the frequency values obtained with the portable meter and oscilloscope.

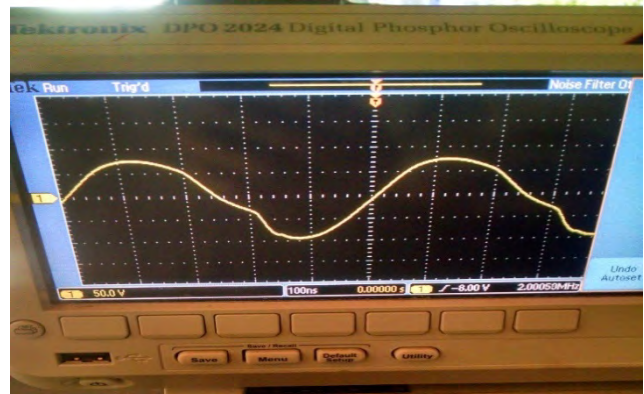


FIGURA 4. Calibração do medidor de frequência utilizando gerador de função e osciloscópio.
Frequency meter calibration using function generator and oscilloscope.

Para realizar a interface humano máquina, foi utilizado um dispositivo móvel Android para apresentar as medidas realizadas pelo medidor de frequência e essa comunicação é realizada via Bluetooth. Para conferir mais resistência a intemperes do campo, o medidor foi isolado com a utilização de fita isolante líquida na parte inferior e esmalte isolante na parte superior para evitar curtos e danos proveniente da umidade existente no local. O módulo Bluetooth instalado no medidor proporcionou maior facilidade e rapidez ao agricultor no monitoramento das umidades do solo.

CONCLUSÃO: É possível afirmar que o projeto atendeu às expectativas iniciais e está em condições de ser utilizado pelos produtores agrícolas como ferramenta de monitoramento da umidade do solo, observando a sua facilidade de instalar, operar e o custo acessível.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq pela bolsa PIBITI-UFC.

REFERÊNCIAS

- CANAFISTULA, Francisco José Firmino. Desenvolvimento, implementação e avaliação de uma estação agrometeorológica automática e sensores ambientais, 2013. 137 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- CÉSAR, A. Fasímetros e Freqüencímetros, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2009. Disponível em: Acesso em: 24/03/2013.
- CRUZ, T. M. L.; TEIXEIRA, A. D. S.; CANAFÍSTULA, F. J. F.; SANTOS, C. C. D.; OLIVEIRA, A. D. S. D.; DAHER, S. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 1, p. 33-45, 2010. ISSN 0100-6916.
- KLAR, A. E. Água no sistema solo-planta-atmosfera . 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988. 408p. MACIEL, W. M. Montagem e instalação de um sistema de controle automático de Irrigação. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) %u2013 Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.
- MIRANDA, J. H.; PIRES, C. M. P. Irrigação . Piracicaba: FUNEP, 2001. 410p. (Série Engenharia Agrícola, 1).
- QUEIROZ, T. M. D.; CARVALHO, J. D. A.; RABELO, G. F.; ANDRADE, M. J. B. Avaliação de Sistema Alternativo de Automação da Irrigação do Feijoeiro em Casa de Vegetação. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 3, 2005.
- SOUSA, A. M; OLIVEIRA, T. T.; RODRIGUES, A. A.; NETO, O.C.R.;TEIXEIRA, A.S. DESENVOLVIMENTO DE UM MEDIDOR PORTÁTIL DE FREQUÊNCIA DE SENSORES CAPACITIVOS DE UMIDADE PARA MONITORAMENTO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO. Disponível em <<http://www.sbea.org.br/conbea/2014/anais/R0482-3.pdf>>

APTIDÃO À MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA EM JABOTICABAL-SP

RAFAEL HENRIQUE DE FREITAS NORONHA¹, RENATA FERNANDES QUEIROZ², RENATA CRISTINA ARAUJO COSTA², TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA³, CRISTIANO ZERBATO⁴

¹ Doutorando em Agronomia - Programa Produção Vegetal, UNESP-Universidade Estadual Paulista, Fone: (16)32097289.

² Doutoranda em Agronomia - Programa Ciência do Solo, UNESP-Universidade Estadual Paulista, Fone: (16)32097289.

³ Professor Adjunto – Departamento de Engenharia Rural, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Fone: (16)32097289.

⁴ Professor Assistente Doutor - Departamento de Engenharia Rural, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Fone: (16)32097289.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável deve-se considerar a conservação da natureza. Portanto, é necessário elaborar um planejamento para um manejo racional dos recursos naturais. A administração desse recurso garantirá a preservação e conservação ambiental. Neste contexto, a mecanização agrícola limita-se à inclinação da superfície do terreno, como uma característica geomorfológica de impedimento da mecanização. Desse modo, objetivou-se caracterizar a aptidão à mecanização agrícola na zona rural do município de Jaboticabal-SP, por meio das classes de declividade. Utilizando o software ArcGIS 10.2 foi gerado o mapa de declividade a partir da base SRTM/MDE (Modelo Digital de Elevação). A partir da interpretação do mapa de declividade foi realizada a interpretação das áreas com restrição e aptidão a mecanização. Os resultados mostram que as classes de aptidão das terras à mecanização são consideradas muito alta em 19,88% do relevo plano, aptidão alta em 64,99% do relevo suavemente ondulado e de uso moderado 15% de 708,59 km².

PALAVRAS-CHAVE: classes de declividade, trafegabilidade de máquinas, sensoriamento remoto.

SUITABILITY TO MECHANIZATION AGRICULTURAL AT JABOTICABAL – SP

ABSTRACT: For the development sustainable agriculture should consider the conservation of nature. Therefore, it is necessary to draw up a plan for the rational management of natural resources. The administration of this feature will ensure the preservation and conservation. In this context, agricultural mechanization is limited to the slope of the ground surface, as a geomorphological feature impediment mechanization. Thus, this study aimed to characterize the ability to agricultural mechanization in the rural municipality of Jaboticabal-SP, through the slope classes. Using ArcGIS 10.2 was generated slope map from the base SRTM/DEM (Digital Elevation Model). There was the interpretation of the areas with restraint and fitness mechanization from the interpretation of the slope map. The results show that the fitness classes of land to mechanization, there was considered very high at 19.88% of flat relief, high fitness in 64.99% of gently rolling relief and moderate use 15% of the 708.59 km².

KEYWORDS: Slope classes, machines trafficability, remote sensing.

INTRODUÇÃO:

A declividade é o ângulo de inclinação zenital do relevo em relação ao plano horizontal (MUELLER et al., 2010), sendo um parâmetro geomorfológico limitante à no processo de mecanização agrícola dentro de padrões aceitáveis de segurança na trafegabilidade por meio da estabilidade das máquinas e no desempenho operacional (HÖFIG & ARAÚJO JUNIOR, 2014).

A sustentabilidade da agricultura e a conservação da natureza necessita do planejamento do uso e do manejo das terras (PEDRON et al., 2006), sendo que a gestão eficiente é um fator básico e fundamental para o planejamento e uso racional dos recursos naturais. A administração desse recurso garantirá a preservação e

conservação ambiental e conseqüentemente o desenvolvimento sustentável, criando meios mais eficazes para a tomada de decisão dos gestores (FRANCISCO et al., 2012).

A mecanização agrícola é um dos fatores que promovem rápida modificação do uso do meio físico, particularmente em áreas de expansão de fronteiras agrícolas (SILVA, et al. 2010), acelerada por ações antrópicas (CHAVES et al., 2010), onde cresce a demanda de ferramentas para avaliação e diagnóstico da dinâmica espaço-temporal do uso da terra (SILVA et al., 2010). CHAGAS et al. (2013) e CASSIA et al. (2013) observaram que as características do desenvolvimento agrônômico das culturas relacionadas a quantidade de radiação solar em diferentes declividades e exposições afetam a produção final e impactando diretamente o desempenho das operações mecanizadas. A declividade do solo nas lavouras pode alterar ainda propriedades físicas como capacidade de suporte de carga dos solos por meio da resistência do solo à compactação, a microporosidade e estabilidade de agregados em água e o teor de matéria orgânica (IORI et al., 2014).

HÖFIG & ARAÚJO JUNIOR (2014) e IORI et al. (2014) afirmam que há o acúmulo de matéria orgânica do solo devido a declividade onde as superfícies planas (declividade até 3 %) acumulam maiores teores de matéria orgânica que os relevos mais acidentados em razão da menor perda de sedimentos de solo e carbono por erosão. VALLADARES et al. (2012) consideram a declividade como fator mais determinante na erodibilidade dos solos do Centro-Oeste do estado de São Paulo. SILVA et al., 2010 creditam à mecanização agrícola, o aumento da capacidade produtiva da mão de obra rural, e sua intensificação contribui para a redução custo de produção das culturas (CORRÊA et al., 2009; HÖFIG & ARAÚJO JUNIOR, 2014).

Tendo em vista a necessidade do uso de ferramentas de sensoriamento remoto que auxiliem o planejamento agrícola e tomadas de decisões, este trabalho teve como objetivo é identificar, quantificar e mapear as terras do município de Jaboticabal para o potencial de mecanização agrícola a partir da declividade de solo.

MATERIAL E MÉTODOS:

A área de estudo corresponde ao território do município de Jaboticabal, com uma extensão de 708,59 km², localizado entre os paralelos de 21° 15' 18" de latitude sul e os meridianos de 48° 19' 19" de longitude oeste. Situada a oeste do estado de São Paulo, na região do Alta Mogiana, onde se concentram intensas atividades agrícolas em grande escala produtiva, predominando o cultivo de cana.

Os mapas de declividade foram elaborados utilizando no software ArcGIS 10® e baseados nos dados do arquivo SRTM. Para geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), foi classificado e elaborado o mapa de declividade. Dessa forma, as imagens SRTM foram importadas no software ArcGIS 10® e com a ferramenta slope calculou-se a declividade.

O MDE utilizado foi o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) fornecendo sensores de visada vertical e lateral, capazes de reproduzir altitudes, representando em três dimensões espaciais do relevo, latitude, longitude e altitude. As imagens SRTM que recobrem a maioria das regiões globais possuem uma resolução espacial de aproximadamente 90 metros (3 arcsecond) e estão em WGS 84 (CARVALHO & BAYER, 2008).

Para a realização da aptidão à mecanização agrícola foi executada a interpretação dos parâmetros e sua classificação, de acordo com os graus de declividade: Relevo plano (0 a 3%), suavemente ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), fortemente ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e fortemente montanhoso (acima de 75%). Esta classificação que é definida pela EMBRAPA (1999), foi corroborada com o Mapa de classes do solo, interpretando e elaborando, a partir dos critérios de enquadramento dos atributos diagnósticos dos solos, o mapa de aptidão à mecanização.

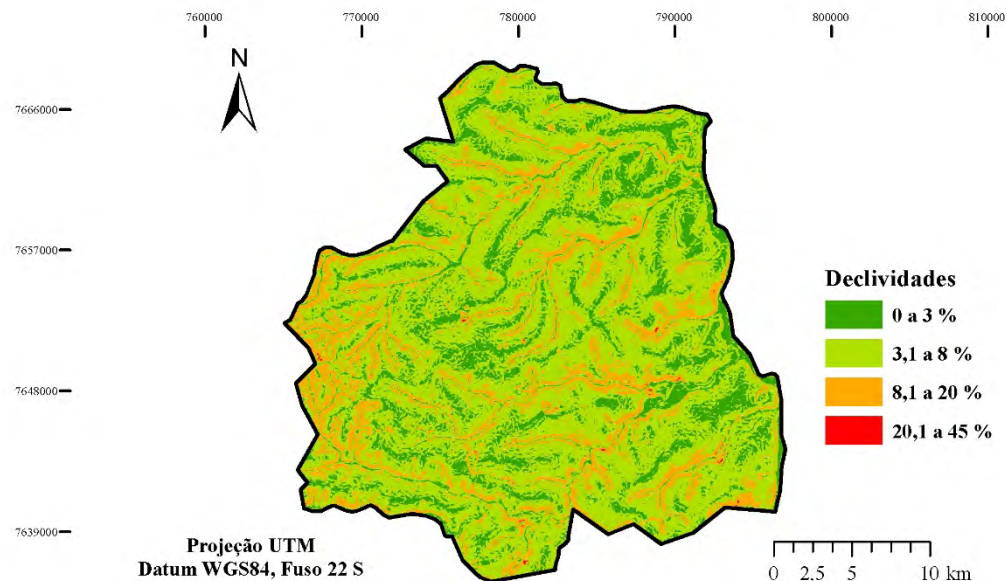
RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 1 apresenta os valores das classes de declividade de terras a partir da geração dos mapas aptidão à mecanização agrícola do município de Jaboticabal-SP.

Tabela 1. Classes de declividade para aptidão à mecanização agrícola adotadas no Sistema Brasileiro de Classificação do Solo. **Slope classes for suitability to mechanization agricultural adopted in the Brazilian soil classification system**

Relevo (%)	Classes de Aptidão à Mecanização	Área_k ^m ²	%
<3	I - Muito Alta	140,89	19,88
3 a 8	II - Alta	460,51	64,99
8 a 20	III - Moderada	106,77	15,07
20 a 45	IV - Baixa	0,41	0,06
Total		708,59	100,00

Fonte: Adaptado EMBRAPA, 1999. **Adjust EMBRAPA, 1999.**



T

Figura 1. Classes de Declividade do município de Jaboticabal - SP. **Slope classes of Jaboticabal-SP.**

Fonte: Extraído de SRTM (EMBRAPA, 2005). **Extract from SRTM (EMBRAPA, 2005).**

A Figura 1 apresenta a espacialização das classes de aptidão a mecanização que foi considerada muito alta em 19,88% do território e alta em 64,99%, assim como Silva et al. (2010) desenvolveu estudo no sudoeste de Minas Gerais na utilização de máquinas limitantes a declividade, demonstrando que a maior parte do município apresentam condições favoráveis a mecanização agrícola e florestal.

Há um elevado potencial à mecanização das terras favorecendo a utilização intensiva ao tráfego de máquinas respeitando quando os solos apresentarem elevada umidade aumentando o potencial e podendo provocar processos de degradação na estrutura dos solos, como a compactação que altera a capacidade de suporte de carga dos solos (GONTIJO et al., 2008), o sistema poroso, a capacidade de retenção de água pelo solo (ARAUJO-JUNIOR et al., 2011) e a estabilidade dos agregados em água (IORI et al., 2014).

Os dados apresentados permitem visualizar as áreas do município de Jaboticabal, com maior potencialidade à mecanização dos terrenos, quando se analisa o aspecto geomorfológico declividade, afetando a trafegabilidade de máquinas (velocidade de deslocamento e estabilidade), de modo que a expansão do sistema mecanizado frente à necessidade de suprir a baixa disponibilidade de mão de obra para implantação, condução e colheita das culturas.

CONCLUSÃO:

O município de Jaboticabal-SP apresenta um elevado potencial para aptidão à mecanização agrícola e florestal, fazendo-se necessário o aproveitamento das terras visando o planejamento adequado de uso, manejo sustentável do solo e gestão ambiental, para que haja uso e conservação dos recursos naturais.

Apenas 15,13% da área do município possui aptidão moderada para a mecanização agrícola, e 0,06% com baixa aptidão.

AGRADECIMENTOS: CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS:

ARAUJO-JUNIOR, C. F. et al. Capacidade de suporte de carga de um Latossolo e umidade crítica para o tráfego de um trator. **R. Bras. de Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 115-131, 2011.

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da SRTM no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **R. Bras. de Geomorfologia**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2008.

Cassia, M.T., Silva, R.P.D., Chioderolli, C.A., Noronha, R.H.F. and Santos, E.P.D. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, 43(1), pp.28-34, 2013.

CHAGAS, C. da S. et al. Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos. **R. Bras. de Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013.

CHAVES, I. de B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. de. **Classificação das terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o estado da Paraíba**. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 18, Teresina, 2010. **Anais...** Teresina: SBCS, 2010.

CORRÊA, S. et al. Café do amanhã. In: BELING, R. R. (Ed.). Anuário brasileiro do café. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2009. p. 20-91.

GONTIJO, I. et al. Atributos físico-hídricos de um Latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **R. Bras. de Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2227-2234, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

FRANÇA, L. C. J., SILVA, J. B. L., LISBOA, G. S. Aptidão à mecanização agrícola e florestal em uma subbacia do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Anais...** Congr. Téc. Cient. Eng. Agron. CONTECC, 2015.

FRANCISCO, P. R.M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E.R.V.; SANTOS, D. **Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola**. Revista Educação Agrícola Superior. v.29, n.1, p.45-51, 2014.

HÖFIG, P., ARAUJO-JUNIOR, C.F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**. 10(2):195-203, 2015.

MUELLER, L. et al. Assessing the productivity function of soils: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 30, p. 601-604, 2010.

PEDRON, F. de A.; POELKING, E. L.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. de; KLANT, E. A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.105-112, 2006.

SILVA, F. M. Potencialidade de mecanização da região Sul e sudoeste de Minas Gerais, visando a lavoura cafeeira. In: Simp.Mecaniz. Lav. Cafeeira. **Anais...** Lavras: UFLA/DEG, 2010. p. 73-80.

VALLADARES, G. S. et al. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesq. Agropec. Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, set. 2012.

SENSORIAMENTO REMOTO TERRESTRE NO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE SEMEADURA DE MILHO

FRANCIELE MORLIN CARNEIRO¹, CRISTIANO ZERBATO², CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI³, PATRICIA CANDIDA DE MENEZES⁴, RAFAEL SCABELLO BERTONHA⁵

¹Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Agronomia (Produção Vegetal), Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP. Fone: (16) 98157-0361, franmorlin1@gmail.com.

² Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente Doutor, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

³ Engenheiro Agrônomo, Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP, Brasil.

⁴ Engenheira Agrícola, Professora no IFRO, Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo), Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Pós-doutorando, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A semeadura pode influenciar a produtividade, por isso é primordial realizá-la de forma precisa, assim torna-se importante monitorar a qualidade de semeadura. Objetivou-se com este trabalho monitorar a qualidade de semeadura da cultura de milho por meio do sensoriamento remoto terrestre utilizando o GreenSeeker aos 15, 45 e 75 dias após a semeadura. O experimento foi realizado, na safrinha 2015/16, em Jaboticabal - SP, em área agrícola pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Câmpus de Jaboticabal. O híbrido semeado na área experimental foi AS1633PRO, população 45.000 plantas ha⁻¹ e 4,3 sementes m⁻¹. O delineamento experimental foi o Controle Estatístico de Qualidade monitorando os indicadores de qualidade da semeadura ao longo do espaço. As coletas foram em 32 pontos amostrais com área útil de 5 m. Os indicadores de qualidade da semeadura foram: espaçamento normal, população inicial, produtividade e NDVI. Esses indicadores foram analisados por meio de cartas de controle de valores individuais, amplitude móvel e correlação pelo coeficiente de correlação de Pearson. Nas cartas de controle verificou-se que aos 45 dias após a semeadura apresentou média superior de NDVI e com menor variabilidade devido à biomassa da parte aérea e coloração mais verde das folhas. Para a correlação, os valores de produtividade correlacionaram com o NDVI, sendo que aos 75 DAS o NDVI apresentou forte correlação em razão do aumento da parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: greenseeker; NDVI; *Zea mays*.

REMOTE SENSING TERRESTRIAL IN MONITORING OF CORN SEEDING OF QUALITY

ABSTRACT: Sowing can influence productivity, so it's essential to do it accurately, so it is important to monitor the quality of sowing. The objective of this work was to monitor the quality of sowing the maize crop by the terrestrial remote sensing using the GreenSeeker at 15, 45 and 75 days after sowing. The experiment was conducted in the off-season 2015/16 in Jaboticabal - SP, agricultural area belonging to Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) UNESP – Câmpus Jaboticabal Campus. The hybrid sown in the experimental area was AS1633PRO, population 45,000 plants ha⁻¹ and 4.3 seeds m⁻¹. The experimental design was the Statistical Quality Control monitoring quality indicators sowing throughout the space. The collections were at 32 sampling points with an area of 5 m. Quality indicators of sowing: normal spacing, initial population, productivity and NDVI. These indicators were analyzed using individual values of control charts, mobile amplitude and correlation by Pearson's correlation coefficient. In the control charts it was found that at 45 days after sowing had higher average of NDVI and less variability due to the aerial biomass and more green color of the leaves. For the correlation, productivity values correlated with the NDVI, and 75 OF NDVI showed a strong correlation due to the increase of shoot.

KEYWORDS: greenseeker; NDVI; *Zea mays*.

INTRODUÇÃO: O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (MÔRO & FRITSCHÉ-NETO, 2015; USDA, 2013). Esta cultura é muito relevante economicamente para a área agrícola, sendo utilizada na alimentação animal, humana e matéria-prima para o setor industrial (CAVICHIOLO, 2011; FURLANI et al., 2013). Para a safra 2015/16 estima-se produção de 76 milhões de toneladas, valor próximo ao da safra 2013/14 (CONAB, 2016). A operação de semeadura pode influenciar a produtividade, por isso é primordial realizá-la adequadamente, pois a produtividade está relacionada com o número de plantas colhidas e espigas sadias (MELLO, 2006). A agricultura de precisão surgiu na área agrícola em virtude de algumas tecnologias, tais como, técnicas de sensoriamento remoto, GPS, sistemas de aplicações de insumos a taxas variáveis, e sensores de produtividade. Essas tecnologias auxiliam no manejo da planta e do solo por meio do nível de extração dos nutrientes ou disponíveis no solo para evitar desperdícios dos fertilizantes aplicados na área (RODRIGUES, 2002). Assim, o sensor óptico como o GreenSeeker, instrumento de sensoriamento remoto terrestre (GROHS et al., 2009), tem sido utilizado para um manejo mais preciso de nutrientes como o nitrogênio em várias culturas para a redução do excesso de fertilizante aplicado sem afetar a produtividade (POVH, 2007). Tecnologias de agricultura de precisão vêm sendo estudadas nas culturas de trigo (GROHS et al., 2011); milho, cevada, triticale e trigo (POVH et al., 2008); e cana-de-açúcar (ZANZARINI et al., 2013). Por meio destas tecnologias tem-se adotado ferramentas do sensoriamento remoto como NDVI, utilizadas como indicadoras do desenvolvimento da vegetação (ZANZARINI et al., 2013). Objetivou-se com este trabalho monitorar a qualidade de semeadura da cultura de milho por meio do sensoriamento remoto terrestre utilizando o GreenSeeker aos 15, 45 e 75 dias após a semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado, na safrinha 2015/16, em Jaboticabal - SP, em área agrícola pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP – Câmpus de Jaboticabal, situada nas coordenadas geográficas 21°15'03,64"S e 48°17'04,47"W, com altitude média em torno de 586 m e clima Aw de acordo com a classificação de PEEL et al. (2007). O híbrido semeado na área experimental foi AS1633 PRO, população 45.000 plantas ha⁻¹ e 4,3 sementes m⁻¹. A semeadora utilizada foi a COP Suprema da marca Marchesan, acoplada no trator marca Massey Ferguson, modelo MF 7180, potência do motor na rotação nominal de 180 cv, com tração 4x2 TDA. O delineamento experimental foi estabelecido conforme as premissas básicas do Controle Estatístico de Qualidade – CEQ (MONTGOMERY, 2009) monitorando os indicadores de qualidade da semeadura ao longo do espaço. As coletas foram em 32 pontos amostrais com área útil de 5 x 0,9 m. Os indicadores de qualidade da semeadura do milho foram: espaçamento normal, baseado na classificação de Coelho (1996): normal $0,5 \times X_{ref} < X_i < 1,5 \times X_{ref}$, duplo $X_i < 0,5 \times X_{ref}$ e falha $X_i > 1,5 \times X_{ref}$; população inicial; produtividade com teor de água no grão corrigido para 13% (FURLANI et al., 2013); e NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). O NDVI foi obtido pelo GreenSeeker®, sensor óptico ativo, contendo dois tipos de LED (“Light Emitting Diodes”) que emitem dois comprimentos de onda centralizados no infravermelho próximo (770 nm) e vermelho (660 nm). Com este sensor é possível obter cinco índices de vegetação, porém neste trabalho foi usado o NDVI. Durante as coletas posicionou-se o sensor acima da planta de 0,8 a 1,2 m de distância (POVH et al., 2008). A leitura do GreenSeeker foi feita aos 15, 45 e 75 dias após a semeadura (DAS), cada parcela tinha dimensão de 5 x 0,9 m e todos os indicadores de qualidade foram coletados nessas parcelas. Os indicadores foram analisados por cartas de controle de valores individuais, amplitude móvel e correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas cartas de controle de valores individuais (Figura 1a) e amplitude móvel (Figura 1b) apresentaram menor variabilidade aos 45 DAS, processo estável e média superior aos demais dias, em virtude da biomassa da parte aérea e coloração mais verde das folhas. Enquanto, aos 15 DAS às plantas estavam com menor biomassa e aos 75 DAS começou amarelecimento delas. Por isso aos 15 e 75 DAS houve menor qualidade do processo, e com pontos fora de controle devido às causas especiais, deixando o processo instável. No período inicial de desenvolvimento vegetativo da cultura e na maturação fisiológica dos grãos os valores de NDVI são baixos, porém os maiores valores são nos estádios de enchimento do grão e floração (KLERING, 2012). Os menores índices de área foliar foram verificados nos estádios iniciais da cultura de trigo em função dos níveis de nitrogênio, devido a presença de falhas na emergência das plantas e solo exposto na entrelinha. Contudo, com o maior desenvolvimento da parte aérea tem-se o fechamento da cultura, permitindo ao sensor maior precisão na leitura da biomassa (POVH et al., 2008).

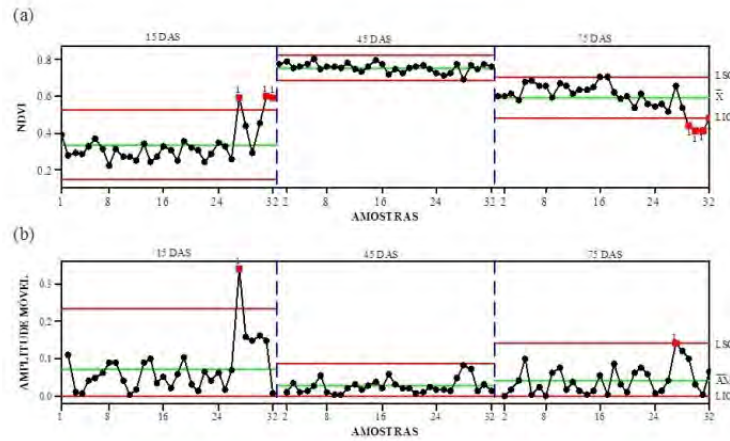


FIGURA 1. Cartas de controle para valores individuais (a) e amplitude móvel (b) para NDVI em função dos dias de semeadura. LSC: Limite Superior de Controle. LIC: Limite Inferior de Controle. \bar{X} : Média, \overline{AM} : Média da amplitude móvel. **Control cards for individual values (a) and mobile amplitude (b) to NDVI according to the days of sowing. LSC: Upper control limit. LIC: Lower control limit. \bar{X} : Average. \overline{MR} : Average moving range.**

Para o coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 1) os valores de produtividade correlacionaram com o NDVI, sendo que aos 15 DAS o NDVI foi inversamente proporcional em razão da cultura estava no início do desenvolvimento vegetativo com menor quantidade de biomassa da parte aérea. Foi verificado que aos 75 DAS apresentou forte correlação em razão do aumento da biomassa da parte aérea.

Povh et al. (2008) avaliaram com o GreenSeeker, o comportamento do NDVI nas culturas de milho, triticale, cevada e trigo, que com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas e em função ao desenvolvimento da cultura proporcionou aumento nas leituras do NDVI.

TABELA 1. Coeficiente de correlação de Pearson dias após a semeadura para espaçamento normal (ESP. NORMAL), população inicial (POP. INICIAL), NDVI e produtividade (PROD) aos 15, 45 75 dias após a semeadura (DAS). **Pearson coefficient of correlation days after sowing to normal spacing (NORMAL SPAC.), initial population (INITIAL POP.), NDVI and productivity (PROD) at 15, 45 75 days after sowing (DAS).**

15 DAS				
	ESP. NORMAL	POP. INICIAL	NDVI	PROD
ESP. NORMAL	1	-0,011 ^{ns}	0,091 ^{ns}	-0,184 ^{ns}
POP. INICIAL		1	0,031 ^{ns}	-0,145 ^{ns}
NDVI			1	-0,622 ^{**}
PROD				1
45 DAS				
	ESP. NORMAL	POP. INICIAL	NDVI	PROD
ESP. NORMAL	1	-0,011 ^{ns}	-0,041 ^{ns}	-0,184 ^{ns}
POP. INICIAL		1	-0,230 ^{ns}	-0,145 ^{ns}
NDVI			1	0,358 [*]
PROD				1
75 DAS				
	ESP. NORMAL	POP. INICIAL	NDVI	PROD
ESP. NORMAL	1	-0,011 ^{ns}	-0,201 ^{ns}	-0,184 ^{ns}
POP. INICIAL		1	-0,220 ^{ns}	-0,145 ^{ns}
NDVI			1	0,754 [*]
PROD				1

*Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}: Não significativo.

CONCLUSÃO: Nas cartas de controle verificou-se que aos 45 dias após a semeadura apresentou média superior de NDVI e com menor variabilidade devido à biomassa da parte aérea e coloração mais verde das folhas. Para a correlação, os valores de produtividade correlacionaram com o NDVI, sendo que aos 75 DAS o NDVI apresentou forte correlação em razão do aumento da parte aérea.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq pela bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS: CAVICHIOLI, F. A. **Sistema plantio direto: velocidade de semeadura e populações de plantas de milho.** 2011. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Jaboticabal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Nono Levantamento.** 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_16_49_15_boletim_graos_junho__2016_-_final.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2016.

FURLANI, C. E. A.; CANOVA, R.; CAVICHIOLI, F. A.; BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P. da. Demanda energética por semeadora-adubadora em função da haste sulcadora na semeadura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.6, p. 885-889, 2013.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M.; POLETTO, N. Modelo para estimativa do potencial produtivo em trigo e cevada por meio do sensor GreenSeeker. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.1, p.101-112, 2009.

GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; POLETTO, N.; MUNDSTOCK, C. M. Validação de modelo para predição do potencial produtivo de trigo com sensor óptico ativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p.446-449, 2011.

KLERING, E. V. **Mapeamento da área cultivada e estimativa do rendimento de grãos de arroz irrigado a partir de modelos agrometeorológicos-espectrais para o Rio Grande do Sul.** 2012. 182f. Tese (Doutorado) – Curso de Fitotecnia (Agrometeorologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2012.

MELLO, A. J. R. **Produtividade e perdas na colheita de dois cultivares híbridos de milho em função da velocidade de semeadura.** 2006. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2006.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control.** Arizona State University: John Wiley & Sons, Inc., 6 ed. 2009. 754 p.

MÔRO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho do plantio à colheita.** Viçosa: UFV, 2015. Cap. 1. p.9-25.

PEEL M.; FINLAYSON B.; MCMAHON T. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

POVH, F. P. **Utilização de sensor óptico ativo em culturas de cereais.** 2007. 87f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia (Máquinas Agrícolas), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor óptico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008.

RODRIGUES, J. B. T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão.** 2002. 126f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia (Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas - Câmpus de Botucatu, Botucatu, 2002.

USDA – United State Departament of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

POVH, F. P. **Utilização de sensor óptico ativo em culturas de cereais.** 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.608–614, 2013.

PROJETO ADAPTATIVO DE EQUIPAMENTO AUTOMATIZADO PARA CONTROLE VARIÁVEL DE PROFUNDIDADE DE ESCARIFICAÇÃO

THIAGO MARTINS MACHADO¹, RODRIGO SINAIDE ZANDONADI², ANGELO JOAQUIM SEOLIN DA SILVA³, BRUNO LIMA DA MOTA⁴, WAGNER ZAY FERRARI⁵

^{1,2} Eng^o Agrícola, Professor, ICAA, UFMT, Sinop – MT, Fone: (66) 98147-8311, tmmachado@ufmt.br.

^{3,4,5} Eng^o Agrícola e Ambiental, Graduando, ICAA, UFMT, Sinop – MT

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Existem disponíveis vários modelos e sistemas de mensuração da compactação do solo no Brasil; porém, os dados desses equipamentos necessitam de processamento e interpretação, tornando o processo oneroso. Objetivou-se com esta pesquisa desenvolver mecanismos, baseados em um protótipo, capaz de fazer a leitura de resistência do solo, em três diferentes camadas, que permita fazer curvas e desarmar quando possuir obstáculos e acompanhar as irregularidades do terreno. O desenvolvimento do equipamento, teve como base um protótipo de hastes instrumentadas, de leitura de resistência do solo e controle de profundidade do escarificador. A adaptação do projeto do protótipo, teve como demandas, resolver alguns problemas como: permitir que o equipamento faça curvas de até o ângulo de 20°, que o equipamento desarme o quadro, como segurança para evitar danos ao equipamento e o acompanhamento das irregularidades do solo através de rodado. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado o programa computacional SolidWorks versão premium 2015, na qual foram realizados os desenhos e simuladas as cargas para análise estrutural das peças. De acordo com as análises estruturais, o equipamento demonstrou resistir as cargas solicitadas, o sistema de desarme das hastes e a roda de acompanhamento de perfil de solo, apresentaram ser funcionais. O protótipo será construído e avaliado em condições de campo, para comprovar a robustez demonstrada nas simulações computacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de cone, máquinas agrícolas, compactação do solo

ADAPTIVE PROJECT OF AUTOMATED EQUIPMENT CONTROL CHISELING DEPTH VARIABLE

ABSTRACT: There are several available models and measurement systems of soil compaction in Brazil; however, the data from these devices require processing and interpretation, making the process expensive. The objective of this research was to develop mechanisms based on a prototype, capable of soil resistance reading in three different layers, allowing cornering and disarm when you have obstacles, follow the uneven ground. The development of equipment, was based on a prototype of instrumented rods, soil resistance reading and control depth chisel plow. The evolution of the prototype project was to demand, solve some problems such as: allow the machine to make curves up to the angle 20 that the disarming equipment frame as security to prevent equipment damage and monitoring of soil irregularities by wheeled. The SolidWorks version premium 2015 was used to design the equipment, in which drawings and simulated loads for structural analysis of equipment were performed. According to the structural analysis, the equipment demonstrated withstand the required loads, the trip system stems and the soil profile tracking wheel, had to be functional. The prototype will be built and tested under field conditions to prove the robustness presented in computer simulations.

KEYWORDS: Cone index, agricultural machinery, soil compaction

INTRODUÇÃO: A compactação do solo é um problema que atinge a maioria das áreas agricultáveis do Brasil, sendo provocada por diversos fatores, tais como o excesso de carga e o tráfego intenso de máquinas; uso de pneus inadequados para o valor de carga aplicada e com pressões de inflação fora do recomendado; e outros problemas

MACHADO & LANÇAS (2014). Uma das formas de diagnóstico da presença da compactação é através do uso de penetrômetros ou penetrógrafos que exigem tempo considerável para a obtenção de dados, conforme relatado por ADAMCHUK & MOLIN (2006).

Algumas alternativas, em determinadas áreas, buscam meios para melhorar o aproveitamento do potencial dos solos e consequentemente, o aumento da produtividade, utilizando ferramentas ligadas à agricultura de precisão. Em busca de solução alternativa ao uso do penetrômetro, MACHADO (2013) desenvolveu um protótipo, de mensuração da resistência ao cisalhamento do solo, acoplado ao chassi dianteiro do trator, com um receptor de GPS e um sistema de aquisição de dados no qual gera mapas de resistência mecânica do solo ao longo do deslocamento e comanda o escarificador em tempo real, a trabalhar em profundidades de descompactação variável. Os resultados de campo demonstraram que o protótipo foi funcional, sendo possível mensurar a resistência mecânica do solo, armazenar e gerar mapas dos trajetos em locais compactados. O escarificador trabalhando a profundidade variável, obteve uma redução de 26% no consumo operacional de combustível e aumento de 14% na capacidade de campo efetiva comparado com profundidade fixa. Tendo em vistas, os bons resultados obtidos com o protótipo. Objetivou-se com esta pesquisa, desenvolver conceitos de mecanismos, baseados em um protótipo já construído, capaz de fazer a leitura de resistência do solo, em três diferentes camadas, que permita fazer curvas e desarmar quando possuir obstáculos, acompanhar as irregularidades do terreno.

MATERIAL E MÉTODOS: O desenvolvimento do equipamento foi baseado no protótipo de hastes instrumentadas, de leitura de resistência do solo e controle de profundidade do escarificador, (Figura 1) desenvolvido por MACHADO & LANÇAS (2014).

O protótipo era composto basicamente por: hastes com células de carga, sistema de aquisição de dados com controlador lógico programável (CLP), sistema de posicionamento (GPS) e sistema de controle hidráulico (controlador de fluxo de óleo) do escarificador (Figura 1b). Quando as hastes realizavam as leituras de cisalhamento do solo no qual o valor ultrapassava 2 MPa, o sistema de controle de fluxo de óleo era acionado automaticamente para baixar ou levantar o escarificador dependendo da profundidade de impedimento. O acionamento do sistema hidráulico frontal (atuador linear) (Figura 1a) era realizado manualmente por meio de uma alavanca de controle do trator, na qual era possível controlar a profundidade de trabalho das hastes.



FIGURA 1. Hastes instrumentadas e quadro articulado do protótipo (a). Protótipo do sistema de controle de profundidade variável, composto do sistema de leitura de força de cisalhamento do solo, GPS, CLP e escarificador(b). **Instrumented blades and articulated chassis prototype (a) Prototype control system of variable depth, consisting of the reading of shear strength of soil, GPS, PLC and chisel plow (b).**

O protótipo teve bom funcionamento em pista de testes, mais possuía algumas demandas, para o funcionamento em áreas comerciais, como: permitir que o equipamento faça curvas de até o ângulo de 20°, desarme o quadro como segurança para evitar danos ao equipamento e o acompanhamento das irregularidades do solo através de rodado. Para o desenvolvimento e evolução do projeto, foi utilizado o programa computacional SolidWorks, versão premium 2015 (Dassault Systèmes SolidWorks Corp®), na qual foram realizados os desenhos e simuladas as cargas para análise estrutural (elementos finitos) por Von Mises e dimensionamento dos equipamentos, através da ferramenta Simulationxpress. As hastes e as células de carga fixadas no quadro, na qual compunha o chassi, eram três, com profundidades de trabalho diferentes, sendo a primeira haste com profundidade de trabalho de 0,10

m a segunda haste com 0,20 m e a terceira haste com 0,30 m. Elas foram montadas no suporte das hastes tendo sua borda cortante de 45° em forma de cunha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A montagem das peças, sendo: quadro, chassi, atuador linear, hastes, barras pantográficas, células de carga e roda de eixo livre, gerou o equipamento de mensuração de resistência ao cisalhamento do solo conforme a figura 2a. O chassi foi dimensionado em 1851 mm x 155 mm com espessura de 20 mm, e o quadro com 740 mm x 120 mm e espessura de 15 mm sendo construídos em aço SAE 1020. As hastes com dimensões 600 mm x 100 mm e espessura de 20 mm, em aço SAE 4340, sendo posicionadas em paralelo, instrumentadas com células de carga com capacidade de 5 toneladas, no qual fazem as leituras das forças recebidas. A roda de eixo livre, limita a profundidade de trabalho das hastes e acompanha a irregularidade do terreno, a roda possui diâmetro de 300 mm e largura de 200 mm, sendo a mesma fixada em eixos que possuem giro livre, possibilitando um giro de 360° (Figura 2 b). O atuador linear hidráulico, regula o controle de altura de movimento de subida e descida, com curso de 400 mm, com capacidade e carga de 3 toneladas, sendo responsável pelo movimento de subida e descida do equipamento (Figura 2a). As barras pantográficas utilizadas para fixação do aparato com o trator, possuíam comprimento de 800 mm e espessura de 30 mm (Figura 2 a). Todas as dimensões, foram determinadas, após as análises de Von Mises, sendo verificado que as peças estavam abaixo do limite de escoamento, portando possuindo a robustez necessária para a tensão solicitada (Figuras 3a e b)

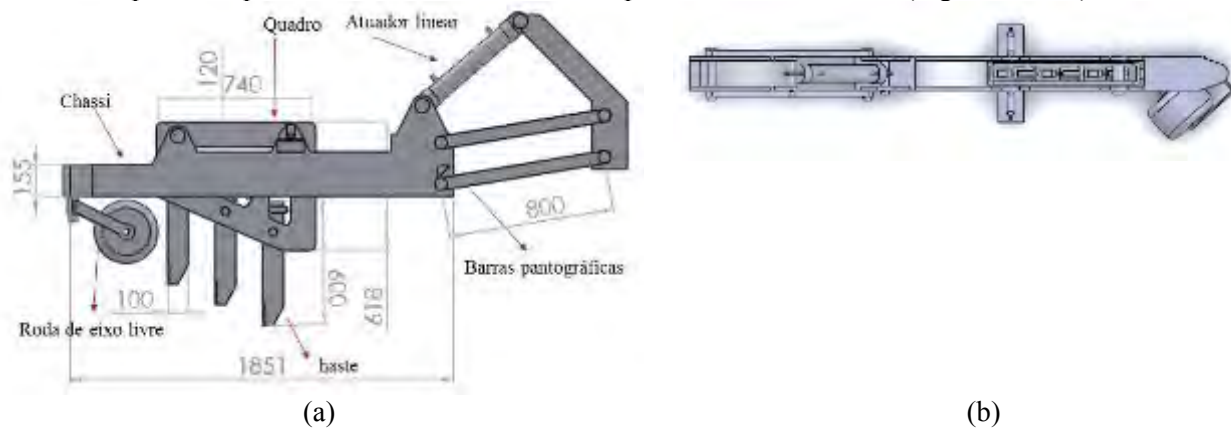


FIGURA 2. Projeção ortogonal do protótipo (a) vista lateral esquerda (b) vista superior, simulando a roda fazendo curva. **Orthogonal projection of the prototype (a) left side view (b) top view, simulating the wheel making turn.**

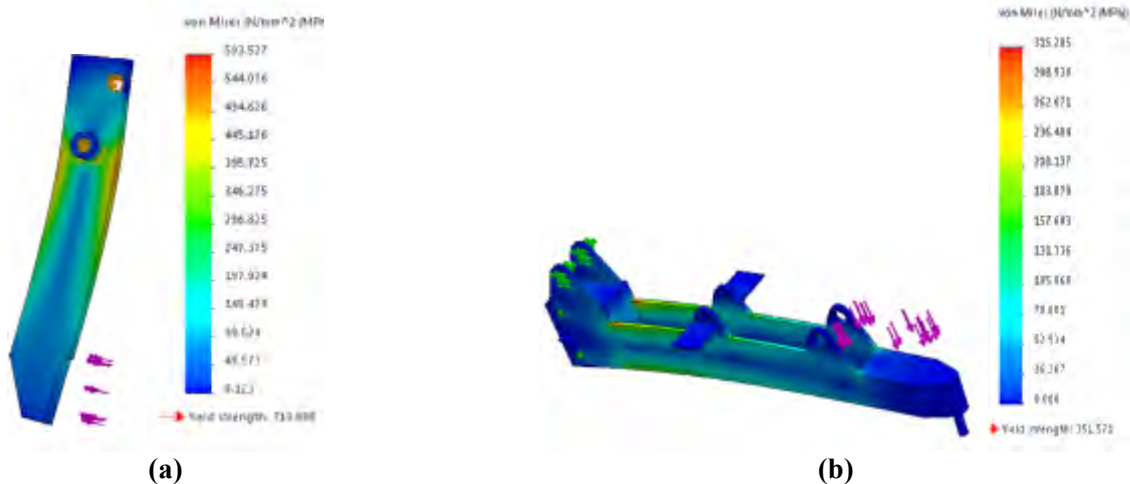
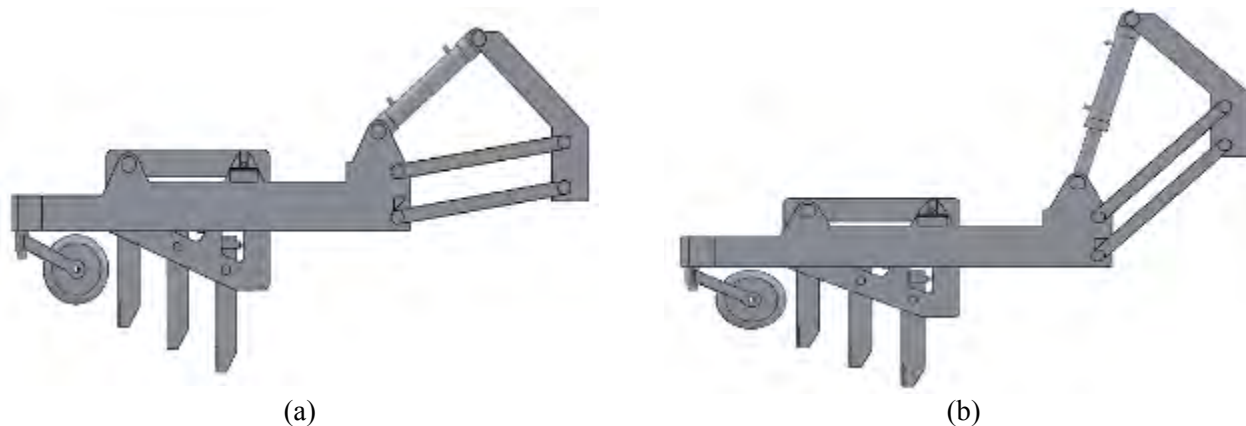


FIGURA 3. Análise de Von Mises, para determinação da tensão de escoamento das peças. (a) haste (b) chassi. **Von Mises analysis for determining the drain voltage of the parts. (A) rod (b) chassis.**

Através do sistema pantográfico e do atuador linear funcionando em modo flutuação, permite ao equipamento, acompanhar as irregularidades no terreno (Figuras 4a e b).

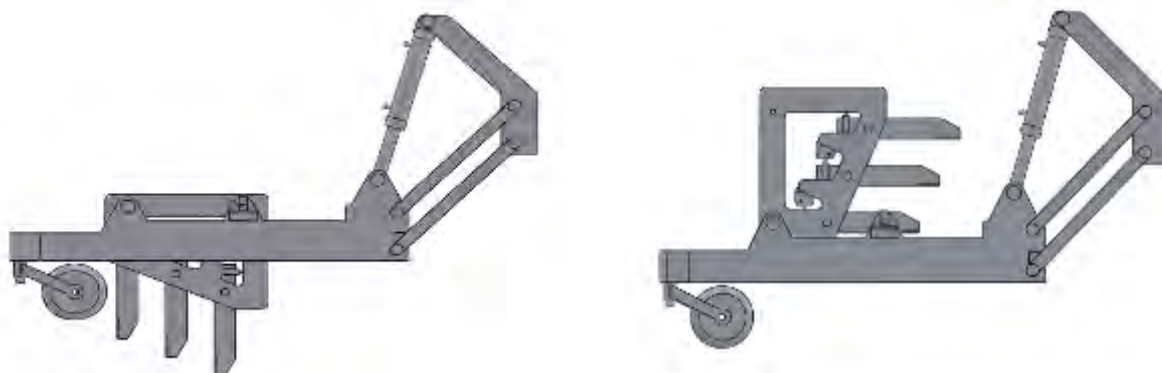


(a)

(b)

FIGURA 4. Simulação do sistema pantográfico em funcionamento: atuador linear curso mínimo (a), atuador linear em curso (b). **Simulation of the pantograph system in operation: minimum stroke linear actuator (a) linear actuator in travel (b).**

Em cargas, maiores que 15 MPa, para evitar danos na estrutura do equipamento e nas células de carga o quadro das hastes desarma (Figura 5b), retornando a posição de trabalho pela força da gravidade (Figura 5a).



(a)

(b)

FIGURA 5. Simulação do funcionamento do sistema de desarme do quadro de hastes. (a) hastes em trabalho normal sem impedimento físico. (b) desarme do quadro de hastes, quando houver impedimento físico. **Simulation of the operation of the disarming system rods frame. (a) rods in normal work without physical impediment. (b) trip rods frame, when physical impediment.**

CONCLUSÃO: De acordo com as análises estruturais, o equipamento demonstrou resistir as cargas solicitadas, o sistema de desarme das hastes e a roda de acompanhamento de perfil de solo, apresentaram ser funcionais. Um protótipo será construído e avaliado em condições de campo, para comprovar a robustez, demonstrada nas simulações computacionais.

REFERÊNCIAS:

- ADAMCHUK, V.I.; MOLIN, J. P. Hastes instrumentadas para mensuração da resistência mecânica do solo. **Revista Engenharia Agrícola**. V. 26, n.1, 2006. Disponível em: <<http://www.sbea.org.br>>. Acesso em: 4 jan. 2009.
- MACHADO, T. M. **Hastes instrumentadas com controle automatizado do escarificador atuando em profundidades variáveis**. 2013. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- MACHADO, T. M.; LANÇAS, K. P. Calibração das hastes instrumentadas do protótipo medidor de resistência ao rompimento do solo. **Energia na Agricultura**, v. 29, p.14-21, 2014. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/982>>. Acesso em: 4 julho. 2014.

ZONAS DE MANEJO EM POMAR DE VIDEIRA DE MESA COM BASE EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

HENRIQUE OLDONI¹, ALESSANDRA MONTEIRO SALVIANO², LUÍS HENRIQUE BASSOI³

¹ Engº Agrícola, Doutorando em Agronomia - Irrigação e Drenagem, Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu - SP, Fone: (0XX14) 99794-2247, henriqueoldoni@gmail.com

² Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina - PE.

³ Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos - SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Para que a aplicação de fertilizantes e corretivos do solo em taxa variada possa ser realizada em uma área agrícola, deve-se conhecer a variabilidade dos atributos químicos do solo, bem como a necessidade de cada nutriente para a cultura em questão. Em um pomar de videira de mesa irrigada em Petrolina, PE, o número de zonas de manejo foi determinado por meio da geoestatística e da análise multivariada com base nos valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg e Na. Para todos os atributos avaliados, foram identificados diferenças entre pelo menos duas zonas de manejo, e que podem orientar a aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável.

PALAVRAS-CHAVE: *Vitis vinifera* L., geoestatística, fuzzy c-means.

MAPPING OF MANAGEMENT ZONES IN A TABLE GRAPE ORCHARD BASED ON CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES

ABSTRACT: The variability of soil chemical attributes and the need of each nutrient to the crop should be known for the application of soil fertilizers and amendments in a variable rate in an agricultural area. In a table grape vine orchard irrigated in Petrolina, State of Pernambuco, Brazil, the number of management zones was determined by geostatistics and multivariate analysis based on pH value, and P, K, Ca, Mg and Na contents. For all attributes, differences were identified between at least two management zones, which can guide the application of fertilizers and amendments in a variable rate.

KEYWORDS: *Vitis vinifera* L., geostatistics, fuzzy c-means.

INTRODUÇÃO: Os procedimentos de agricultura de precisão podem possibilitar uma utilização mais eficiente de calcário e fertilizantes, quando comparados à aplicação de uma taxa uniforme, sem levar em conta a variabilidade das condições de fertilidade do solo (CAON; GENÚ, 2013), o que pode levar a uma fertilização excessiva ou abaixo da recomendada nas diferentes partes da área agrícola. Assim, a partir do conhecimento da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, o objetivo deste trabalho foi delimitar zonas de manejo em pomar de videira de mesa, utilizando a análise de componentes principais e de agrupamento fuzzy c-means.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em pomar de videira de mesa, cv. Sugaone sobre porta-enxerto SO4, plantada em 2002 em uma área de 7,31 ha, localizada em Petrolina, PE. O espaçamento entre plantas era de 4 m e entre fileiras de 3,5 m com duas plantas por cova e irrigado por microaspersão. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2013). Durante o ciclo de produção de julho a outubro de 2006, foram aplicados 135,9; 106,0; 268,0; 120; 50,8; 29,7; 0,5 e 4 kg ha⁻¹ de N,

P₂O₅, K₂O, S, Ca, Mg, B, Cu, Fe e Zn, respectivamente. As fontes utilizadas foram sulfato de amônio, nitratos de potássio e de cálcio, Amiorgan®, fosfatos monoamônico e monopotássico, cloretos de potássio e de cálcio, sulfatos de potássio e de magnésio, nitrato de ferro, sulfatos de zinco e de cobre e ácido bórico. Uma área de 38,5 x 60 m foi adotada para o estudo, contendo 11 fileiras de plantas com 15 pares de plantas para cada. Amostras de solo foram coletadas em cada um dos pares de plantas, (totalizando 165 pontos amostrais), na camada de solo de 0,00 - 0,20 m de profundidade. Cada amostra de solo foi submetida às análises químicas de acordo com os procedimentos descritos em Claessen (1997) para determinação dos atributos químicos pH, fósforo disponível (P, mg kg⁻¹), potássio, cálcio, magnésio e sódio trocáveis (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, cmol_c dm⁻³). Para a interpolação dos dados por meio da krigagem ordinária, avaliou-se a normalidade dos dados com o teste de Kolmogorov-Smirnov e a dependência espacial dos mesmos, por meio da análise geoestatística. Para classificar a área de estudo em zonas de manejo, inicialmente, empregou-se a análise de componentes principais (ACP) aos dados amostrados, buscando transformar as variáveis originais em um número menor de variáveis não correlacionadas, denominadas componentes principais (CPs), selecionando-os com autovalores superiores a 1,0 de acordo com Lin et al. (2013). A partir dos valores interpolados de cada atributo do solo e seus autovetores de cada CP selecionada, determinou-se os escores das mesmas para serem utilizados na análise de agrupamento. A análise estatística descritiva, o teste de normalidade e a ACP, foi realizada por meio do software STATISTICA versão 8.0 (STATSOFT, 2012). A análise geoestatística e a interpolação dos dados foram realizadas por meio do software GS+ versão 7.0 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004). A análise de agrupamento foi realizada por meio do algoritmo fuzzy c-means (BEZDEK et al., 1984), para valores entre dois e seis grupos, com auxílio do pacote “e1071” (MEYER et al., 2014) no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Para a escolha do melhor número de grupos a ser adotado para classificar a área em zonas de manejo, foram determinados dois índices de validação do número de grupos, o índice de desempenho fuzziness (FPI) e a entropia de partição modificada (MPE) (ODEH et al., 1992). Para avaliar se a classificação dos CPs em zonas de manejo, por meio do algoritmo de agrupamento fuzzy c-means, pôde caracterizar efetivamente a variabilidade espacial de atributos químicos do solo, foi verificada a diferença significativa entre as diferentes zonas por meio da análise de variância, além da aplicação do teste de Tukey HSD (diferença significativa honesta) para verificar quais zonas apresentaram essa diferença.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores do teor de P assimilável foram extremamente elevados, com valores variando entre 217 e 1750 mg kg⁻¹, mostrando o uso excessivo de fertilizantes fosfatados na área do estudo. Assim, o mesmo não foi considerado na análise geoestatística e multivariada, já que a área não necessitava da sua aplicação. Os atributos K⁺, Mg²⁺ e Na⁺ não apresentaram distribuição normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, deste modo, realizou-se a transformação logarítmica buscando eliminar a influência negativa no cálculo da semivariância dos mesmos. Diante dos resultados da análise dos semivariogramas, todos os atributos apresentaram dependência espacial dos dados, permitindo a interpolação dos mesmos pelo método da krigagem ordinária. Na ACP (Tabela 1), 61,48% da variância foi explicada até o segundo componente principal da análise, assumindo autovalores superiores a 1. Considerando a maior carga das variáveis aos CPs, verificou-se que os teores de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ apresentam maior influência negativa ao primeiro componente principal (CP1) e o atributo pH ao segundo componente principal (CP2). A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos escores de CP1 e CP2.

TABELA 1. Análise de componentes principais dos atributos químicos do solo, e componentes com autovalor superior a 1. **Principal component analysis of chemical soil attributes and components with value greater than 1.**

Componente principal	Autovalor	Variância acumulada (%)	Carga do componente principal				
			pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
CP1	1,84	36,74	-0,053	-0,620	-0,617	-0,654	-0,800
CP2	1,24	61,48	-0,850	-0,492	0,519	-0,014	0,049

K⁺ - potássio trocável; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Na⁺ - sódio trocável.

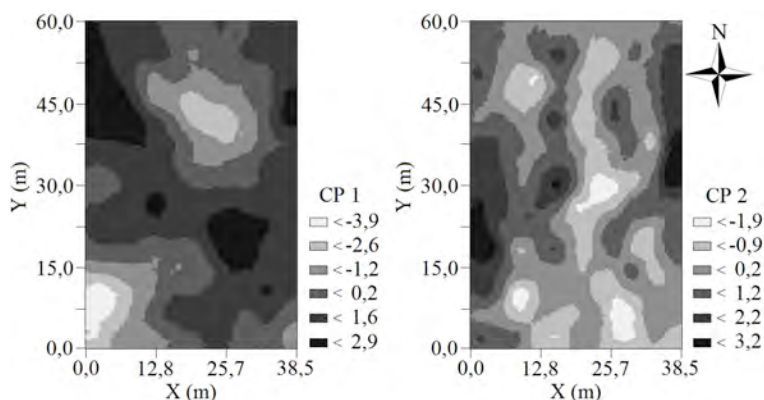


FIGURA 1. Mapas de distribuição espacial dos componentes principais (CP). **Spatial distribution map of principal components (CP).**

Os índices FPI e MPE não indicaram claramente o número de zonas de manejo ideal para a classificação dos dois CPs (Figura 2a). Diante disso, eliminaram-se os números de zonas que apresentaram os maiores valores de FPI e MPE (piores agrupamentos) e adotou-se o menor entre os restantes, com o intuito de simplificar o manejo da área. Assim, três zonas de manejo foi o número adotado para a classificação da área. A Figura 2b apresenta o mapa de zonas de manejo resultante.

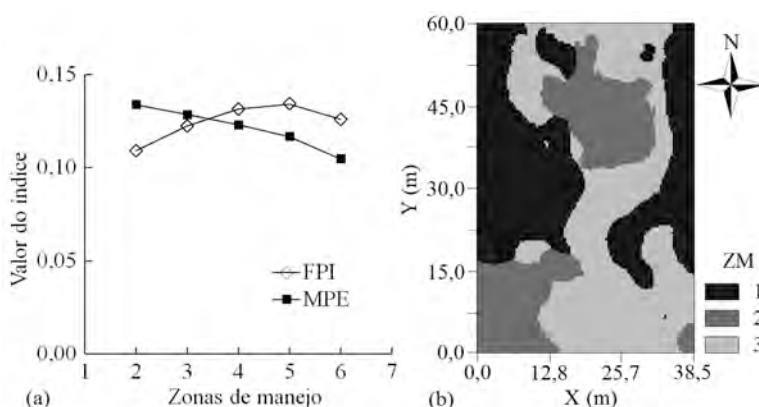


FIGURA 2. Índice de desempenho fuzziness (FPI) e entropia de partição modificada (MPE), calculadas para cada número de zonas de manejo (a); e mapa de distribuição espacial das zonas de manejo (ZM) (b). **Calculated fuzziness performance index (FPI) and modified partition entropy (MPE), against numbers of management zones (a); and spatial distribution map of management zones (ZM) (b).**

A partir da análise de variância, identificou-se diferença significativa ($p < 0,01$) para todos os atributos avaliados entre pelo menos duas zonas de manejo. O teste de Tukey HSD mostrou que a zona de manejo 2 (ZM2) apresentou as maiores médias de todos atributos químicos, com exceção do pH, o qual apresentou valor médio intermediário (Tabela 2). A zona de manejo 1 (ZM1) apresentou menores valores de média para todos os atributos, exceto para o teor de Ca^{2+} , sendo que Mg^{2+} e Na^+ não diferiram significativamente da zona de manejo 3 (ZM3). Para as três zonas de manejo, segundo Alvarez V. et al. (1999), os valores de pH são classificados como de alcalinidade fraca, mas agronomicamente considerados elevados, devido à redução na disponibilidade de alguns micronutrientes. Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são classificados como muito bons (ALVAREZ V. et al., 1999), para todas as zonas de manejo. O teor de K^+ foi considerado muito bom ($>0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) apenas na ZM2, sendo classificado como bom ($0,18 - 0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas demais ZMs (ALVAREZ V. et al., 1999). Assim, a necessidade de adubação com potássio na ZM2 é menor que nas demais ZM (FARIA; SILVA, 2004). Considerando-se os valores da soma das bases

(Ca+Mg+K+Na), os teores de Na⁺ não são considerados expressivos e, por isso, não representam efeitos deletérios ao crescimento das plantas. Embora o estudo não considere a relação da produtividade da videira com as zonas de manejo geradas, os resultados oferecem uma base de informações para um manejo diferenciado da fertilidade do solo.

TABELA 2. Valores médios, análise de variância e teste de Tukey HSD dos atributos químicos do solo para cada zona de manejo. **Mean values, ANOVA and Tukey HSD test of soil chemical attributes for each management area.**

Zona de manejo	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
		(cmol _c dm ⁻³)			
1	7,23c*	0,221c	5,14b	1,66b	0,058b
2	7,43b	0,383a	5,94a	2,59a	0,076a
3	7,54a	0,280b	4,57c	1,76b	0,063b
Valor de F**	52,12	22,40	18,49	35,50	13,48

K⁺ - potássio trocável; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Na⁺ - sódio trocável; * Médias de cada variável seguidas por letras diferentes na mesma coluna, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD (Diferença Significativa Honesta) para p < 0,05; ** Diferença significativa pra todas variáveis entre pelo menos duas zonas de manejo para p<0,01.

CONCLUSÃO: A análise de componentes principais e o agrupamento fuzzy c-means considerando a distribuição espacial dos atributos químicos do solo, possibilita a classificação de área de videira de mesa irrigada em diferentes zonas, para um manejo diferenciado da fertilidade do solo.

AGRADECIMENTOS: Ao CNPq e a Embrapa pelo apoio financeiro e a Fazenda Alpha Vale, pela disponibilização da área para realização do experimento.

REFERÊNCIAS: ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. Cap.5, p.25-32.

BEZDEK, J.C.; EHRlich, R.; FULL, W. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. **Computers & Geosciences**, v.10, p.191-203, 1984.

CAON, D.; GENÚ, A.M. Mapeamento de atributos químicos em diferentes densidades amostrais e influência na adubação e calagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 629-639, 2013.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (Documentos, 1).

FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J. Nutrição, calagem e adubação In: LEÃO, P.C.S. **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences**. Plainwell: Gamma Design Software, 2004.

LIN, Q.; LI, H.; LUO, W.; LIN, Z.; LI, B. Optimal soil-sampling design for rubber tree management based on fuzzy clustering. **Forest Ecology and Management**, v.308, p.214-222, 2013.

MEYER, D.; DIMITRIADOU, E.; HORNİK, K.; WEINGESSEL, A.; LEISCH, F.; CHANG, C.C.; LIN, C.C. 2014. **Misc functions of the department of statistics (e1071)**, TU Wien.

ODEH, I.O.A.; McBRATNEY, A.B.; CHITTLEBOROUGH, D.J. Soil pattern recognition with fuzzy-c-means: application to classification and soil-landform interrelationships. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.505-516, 1992.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2012.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MODELOS NEURAL E FUZZY PARA ESTIMATIVA DE TEMPERATURA RETAL DE BOVINOS UTILIZANDO TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO

TATIANA FERNANDA CANATA¹, RAFAEL VIERIA DE SOUSA², LUCIANE SILVA MARTELLO³

¹ Eng^a Biossistemas, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447-8581, tatiana.canata@usp.br

² Eng^o Elétrico, Professor Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP.

³ Zootecnista, Professora Doutora, Depto. Engenharia de Biossistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP.

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A termografia de infravermelho (TIV) tem sido pesquisada como uma alternativa para avaliação do estresse térmico de modo não invasivo na produção animal. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento e a avaliação de dois modelos, sendo um baseado em Lógica Fuzzy (modelo fuzzy) e o outro em Rede Neural Artificial (modelo neural), para estimativa da temperatura retal (TR) de bovinos de corte através de imagens de TIV da superfície corporal de animais associadas a variáveis climáticas. Um experimento foi realizado com dois grupos de animais Nelore confinados em diferentes períodos para a aquisição da TR e de TIV de quatro áreas da superfície corporal dos animais (frente, patas, região ocular e flanco). Para a construção do modelo fuzzy utilizou-se o método Mamdani tendo como entradas a TIV, a temperatura de bulbo seco (TBS) e a temperatura de bulbo úmido (TBU) para gerar a TR estimada para cada grupo de entradas. O modelo neural utilizou arquitetura sem realimentação, multicamada, com aprendizado supervisionado, tendo como entradas a TIV, TBS e TBU para geração da TR estimada para cada grupo de entradas. A análise de correlação entre a TR medida e estimada mostrou que o modelo neural foi superior em relação ao estimador, com coeficiente de correlação linear de 0,81 comparado com o coeficiente de 0,71 para o modelo fuzzy durante a fase de construção dos modelos (primeiro grupo de animais n=8). Na fase de validação (segundo grupo de animais n=18) o modelo neural apresentou o coeficiente de correlação de 0,68 e o modelo fuzzy 0,66. Estes resultados reforçam a capacidade de generalização dos modelos de inteligência artificial e validam a sua aplicação como estimadores para a temperatura retal de animais.

PALAVRAS-CHAVE: inteligência artificial, termografia de infravermelho, zootecnia de precisão

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A THERMAL STRESS CLASSIFIER BASED ON THE FUZZY LOGIC FOR BEEF CATTLE

ABSTRACT: The infrared thermography (IRT) has been investigated as an alternative for the evaluation of non-invasive way of heat stress in animal production. The objective of this work was the development and evaluation of two models, one based on fuzzy logic (fuzzy model) and the other in Artificial Neural Network (neural model) to estimate the rectal temperature (RT) of beef cattle through IRT images of the body surface of animals linked to climatic variables. An experiment was conducted with two groups of animals confined Nelore in different periods for the acquisition of RT and IRT using four areas of the body surface of animals (forehead, legs, ocular area and flank). For the construction of fuzzy model used the Mamdani method having as inputs the IRT, the dry bulb temperature (DBT) and the wet bulb temperature (WBT) to generate the RT estimated for each group of inputs. The neural model used without feedback architecture, multi-layer, supervised learning, having as inputs the IRT, DBT and WBT for generation RT estimated for each group of inputs. The correlation analysis between the measured and estimated RT showed that the neural model was higher than the estimator with linear correlation coefficient of 0.81 compared to the coefficient of 0.71 for the fuzzy model for the construction of models (first group of animals n=8). In the validation phase (second group of animals n=18) the neural model showed a linear correlation coefficient of 0.68 and

the fuzzy model 0.66. These results strengthen the capacity of generalization of the artificial intelligence models and validate its application as estimators for the rectal temperature of animals.

KEYWORDS: artificial intelligence, infrared thermography, precision livestock

INTRODUÇÃO: As condições climáticas e ambientais têm um significativo impacto sobre o desempenho da produção animal devido, principalmente, a elevada temperatura, umidade e radiação solar na medida em que reduz o conforto animal e o ganho de peso, e em situações extremas pode ocasionar o óbito do animal (Mader e Griffin, 2015). Algumas respostas fisiológicas, como a taxa de respiração e temperatura corporal, são bons indicadores de estresse térmico animal (Burfeind et al., 2012; Gaughan e Mader, 2013). A abordagem de avaliação do estado fisiológico dos animais, tradicionalmente, inclui manejo e contenção dos animais, o que é trabalhoso, invasivo e estressante para o animal (Wathes et al., 2008). Assim, o desenvolvimento de modelos para prever o estresse térmico, que considere, além de fatores ambientais, a resposta fisiológica do animal pode contribuir de forma mais adequada para inferir a saúde e bem-estar animal (Mader et al., 2006; Dikmen e Hansen, 2009;). Entre as ferramentas não invasivas, a termografia de infravermelho tem sido pesquisada para utilização em sistemas de instrumentação para o monitoramento contínuo da temperatura dos perfis de superfície corporal, buscando sua correlação com outros fatores de bem-estar animal (Wathes et al., 2008). O objetivo deste trabalho é avaliar dois novos métodos baseados em algoritmos de inteligência artificial para estimar a temperatura retal através da medição da temperatura de superfície corporal realizada por termografia de infravermelho. Foram construídos dois modelos sendo um baseado no sistema de inferência por Lógica Fuzzy (modelo fuzzy) e outro baseado em Rede Neural Artificial (modelo neural). Os modelos empregam a temperatura de área da superfície corporal do animal e dados climáticos para estimar a temperatura retal de bovinos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram realizados experimentos para coleta de dados para construção e validação dos modelos como estimadores. Para a etapa de construção dos modelos foi realizado experimento para coleta de dados pelo período de oito dias nos horários 7h, 11h, 14h e 16h com oito animais da raça Nelore com 18 meses de idade e 380 kg de peso vivo pertencentes ao rebanho experimental da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA-USP). Para a validação dos modelos foram utilizados 18 animais (16-21 meses de idade e 334 kg de peso vivo) por 10 dias em três horários: 7h, 12h e 16h. Os dados climáticos foram obtidos por estação meteorológica (Campbell Scientific Inc., Logan, EUA) sendo coletados e armazenados dados de temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido (TBU) durante o período experimental. A temperatura retal (TR) dos animais foi medida utilizando termômetro clínico e a temperatura de superfície corporal (TIV) foi obtida por meio de uma câmera termográfica TI20 (Fluke Inc., Everett, EUA) das seguintes regiões: frente, pata, área ocular e flanco (Figura 01).

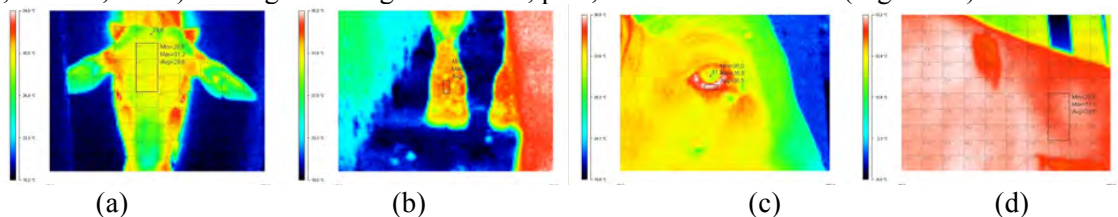


FIGURA 1. Imagens termográficas da superfície corporal dos animais: frente (a), pata (b), região ocular (c), flanco (d). **Thermographic images of the body surface of animals: front (a), paw (b), ocular area (c), flank (d).**

A análise estatística foi realizada com base na correlação de Pearson para determinar qual das áreas corporais possuía temperatura com maior valor de coeficiente de correlação linear com a temperatura retal medida para cada animal. Para isso, foi utilizado o *software* SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, EUA). A análise também foi utilizada para determinar os intervalos de nível de estresse térmico (normal, alerta, perigo e emergência) para a TIV em relação a intervalos de TR obtidos na literatura (Kolb, 1987). A modelagem baseada em Lógica Fuzzy empregou a metodologia descrita em Sousa et. al (2016). O modelo fuzzy para estimativa foi elaborado pelo *software* Matlab R2010b (The Mathworks Inc., Natick, EUA) utilizando o método de Mamdani associado ao operador Max-Min e o

método Centróide de defuzificação. As variáveis de entrada TBS, TBU e TIV foram associadas a intervalos referentes aos termos fuzzy: *Low*, *Medium* e *High*. A saída do modelo fuzzy é um valor de temperatura retal estimado (TRf) associado a cinco termos fuzzy de acordo com níveis de estresse térmico: *Low*, *Medium-Low*, *Medium*, *Medium-High* e *High*. A construção da base de conhecimento utilizou as mesmas regras fuzzy propostas por Sousa et. al (2016). A modelagem baseada em rede neural foi desenvolvida no *software* Matlab R2010b (The Mathworks Inc., Natick, EUA) utilizando a ferramenta *Neural Net* com a metodologia *Fitting*. Foi utilizada uma arquitetura sem realimentação multi-camada (*multi-layer perceptron*). Utilizou-se treinamento supervisionado com 80,0% dos dados selecionados de forma aleatória, tendo como entradas as variáveis TBS, TBU e TIV, e como saída a TR correspondente a cada conjunto de entrada. A rede neural foi definida com camada de entrada com três neurônios (um para cada variável) e camada de saída com um neurônio. Foram experimentadas arquiteturas camada escondida com três, cinco e dez neurônios sigmóides. O treinamento foi realizado utilizando o método Levenberg-Marquardt com número máximo de 3.000 interações (épocas) e erro quadrático médio de 0,00001. Os dados restantes (20,0%) foram utilizados para as etapas de validação e teste sendo divididos em grupos com 10,0% de dados para cada etapa para estimar a temperatura retal (TRn). O diagrama de dispersão entre a TR medida e os valores de TRf e TRn estimados, assim como os respectivos coeficientes de correlação linear foram utilizados para comparar e analisar os resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise estatística permitiu identificar a temperatura da região corporal da frente com melhor correlação ($r=0,79$) com a TR. Assim, a TIV da frente foi selecionada como entrada dos modelos. As Figuras 2a e 2b mostram respectivamente os diagramas de dispersão que relacionam a TR medida com os respectivos valores estimados pelo modelo fuzzy e pelo modelo neural para a etapa de construção dos modelos (oito animais). Entre as arquiteturas experimentadas para o modelo neural, a arquitetura com cinco neurônios na camada escondida apresentou maior valor de correlação.

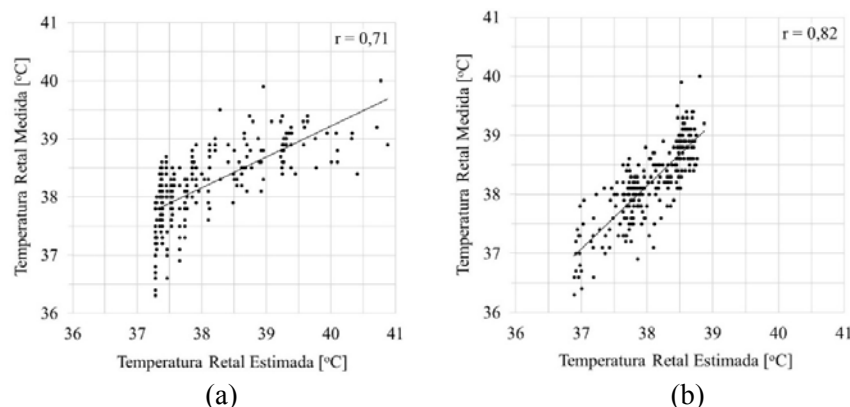


FIGURA 2. Correlação entre a temperatura retal medida e a estimada para o grupo de oito animais com os modelos: fuzzy (a), neural (b). **Correlation between mean rectal temperature and estimated for the group of eight animals with models: fuzzy (a), neural (b).**

Observa-se pelos diagramas da Figura 2 que o modelo neural apresentou melhor coeficiente de correlação linear ($r=0,82$) comparado com o valor do coeficiente para o modelo fuzzy ($r=0,71$). Entretanto, nos resultados do modelo neural não se identifica valores de estimativa de TRn acima de 39,0 °C embora entre os valores de TR medidos existam valores superiores a esse limite. Esse fato é um indicativo que as amostras de dados superiores à 39,0 °C não foram suficientes para treinamento do modelo neural. As Figuras 3a e 3b mostram os diagramas de dispersão para a etapa de validação (dezoito animais) com valores estimados pelo modelo fuzzy e pelo modelo neural. Verifica-se pelos diagramas que o modelo neural apresentou coeficiente de correlação linear ligeiramente superior ($r=0,68$) quando comparado ao coeficiente do modelo fuzzy ($r=0,66$). Nessa etapa, os resultados do modelo neural permaneceram dentro do limite da entrada TR, pois não houve valores acima de 39,0 °C.

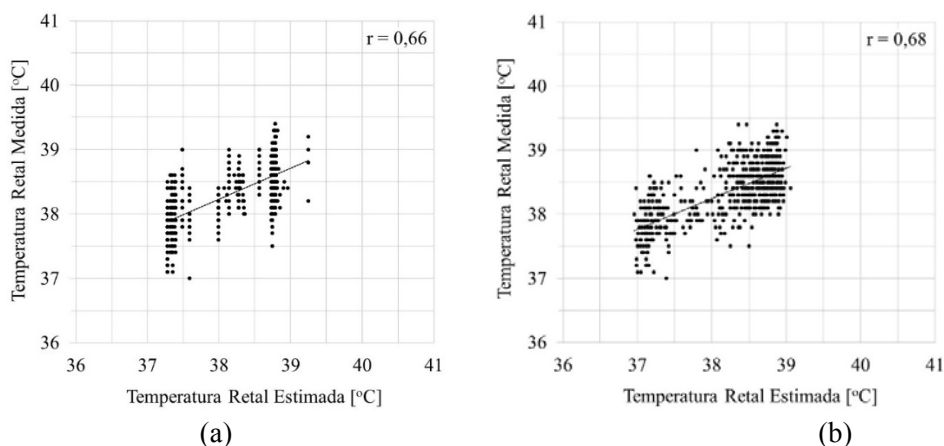


FIGURA 3. Correlação entre a temperatura retal medida e a estimada para o grupo de dezoito animais com modelo fuzzy (a) e com modelo neural (b). **Correlation between mean rectal temperature and estimated for the group of eighteen animals with models: fuzzy (a), neural (b).**

CONCLUSÃO: Os modelos desenvolvidos permitiram a integração de informações de variáveis obtidas com sensores não invasivos para estimar uma resposta fisiológica (temperatura retal) de bovinos de corte. O modelo neural apresentou resultado superior ao modelo fuzzy, porém ambos apresentaram capacidade de generalização quando apresentados a conjuntos de dados diferentes daqueles utilizados para sua construção. Os resultados validam o potencial da sua aplicação como estimadores para a temperatura retal.

AGRADECIMENTOS: A FAPESP (Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

BURFEIND, O., SUTHAR, V. S., HEUWIESER, W. Effect of heat stress on body temperature in healthy early postpartum dairy cows. **Theriogenology**, v. 78, n. 9, p. 2031–2038, 2012.

DIKMEN, S., HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 1, p. 109–116, 2009.

GAUGHAN, J. B., MADER, T. L. Body temperature and respiratory dynamics in unshaded beef cattle. **International Journal of Biometeorology**, p. 1–8, 2013.

KOLB, E. Lehrbuch der Physiologie der Haustiere. **Trans. Waldir Gandolfi**. Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 1987.

MADER, T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. **Journal Animal Science**, v. 84, n. 3, p. 712–719, 2006.

MADER, T. L., GRIFFIN, D. Management of Cattle Exposed to Adverse Environmental Conditions. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 31, n. 2, p. 247–258, 2015.

SOUSA, R. V., CANATA, T. F., LEME, P. R., MARTELLO, L. S. Development and evaluation of a fuzzy logic classifier for assessing beef cattle thermal stress using weather and physiological variables. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, n. 1, p. 176–183, 2016.

WATHES, C. M., KRISTENSEN, H. H., AERTS, J. M., BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 64, n. 1, p. 2–10, 2008.

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO TEOR DE POTÁSSIO, EM SOLO E FOLHA, EM TRÊS ÉPOCAS, NA CAFEICULTURA DE PRECISÃO

LUIS CARLOS CIRILO CARVALHO¹, FÁBIO MOREIRA DA SILVA², GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERAZ², RODRIGO DIAS³, THIAGO DE JESUS TOMAZELLI⁴

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Ciências Agrárias e Ambientais, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)36805259, lcccarvalho@uesc.br

² Engº Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia - DEG, UFLA, Lavras - MG

³ Doutorando do programa de pós-graduação em produção vegetal, Departamento de ciências agrárias - DAG, UFLA, Lavras -MG

⁴ Graduando em Agronomia, UESC, Ilhéus - BA

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: É cada vez mais comum a adoção da agricultura de precisão por parte dos cafeicultores objetivando o conhecimento espacial e temporal de variáveis que influenciam o desenvolvimento das plantas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial do teor de potássio, no solo e na folha, de uma lavoura de café, em três épocas, bem como a relação entre eles. O experimento foi realizado em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico argiloso, em uma malha de 100 pontos amostrais. Os dados foram analisados por meio de correlação linear de Pearson e por geoestatística. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial. Verificou-se correlações significativas para o teor de potássio no solo, entre as épocas de coleta. Ao comparar visualmente os mapas, a distribuição espacial do teor de potássio no solo se comportou de maneira semelhante, entre os períodos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: café arábica; geoestatística; mapas temáticos

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF POTASSIUM CONTENT, IN SOIL AND LEAF, IN THREE PERIODS, IN PRECISION COFFEE

ABSTRACT: It is increasingly common the adoption of precision agriculture by the farmers aiming spatial and temporal knowledge of variables that influence plant development. This study aimed to evaluate the spatial variability of potassium content in soil and leaf, in a coffee plantation in three periods, and the relationship between them. The experiment was conducted in a Haplustox in a grid of 100 sample points. Data were analyzed using Pearson correlation and geostatistics. All variables presented spatial dependence. There was significant correlation to the potassium content in the soil, between periods. By visually comparing the maps, the spatial distribution of the potassium in the soil behaved similarly, between the periods.

KEYWORDS: arabic coffee; geostatistics; thematic maps

INTRODUÇÃO: A produtividade das lavouras é significativamente afetada por fatores relacionados com o sistema solo-planta-atmosfera, os quais podem variar no espaço e no tempo. É preciso utilizar ferramentas que identifiquem essa variabilidade existente nos diversos sistemas produtivos e que realizem ações adequadas para manejá-la. O conhecimento da variabilidade espacial e temporal das propriedades dos solos e das culturas é considerado o princípio básico para o manejo preciso de lavouras (GREGO; VIEIRA, 2005). Dessa maneira, produtores rurais têm adotado cada vez mais a agricultura de precisão (AP) para a tomada de decisões em suas propriedades. O equilíbrio nutricional da lavoura é importante, uma vez que os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais ao metabolismo das plantas. Frequentemente, os produtores rurais realizam o monitoramento do estado nutricional da lavoura, por meio da análise foliar. Vieira et al. (2010) destacam que, apesar de a análise química do tecido vegetal fornecer um panorama da nutrição da planta num estágio avançado de desenvolvimento, essa é sem dúvida uma das melhores formas de se avaliar a disponibilidade dos nutrientes no solo, pois se utiliza a planta como extrator de elementos químicos do solo. Este trabalho

foi realizado com os objetivos de caracterizar a variabilidade espacial do teor de potássio, no solo e na folha, de uma lavoura cafeeira, em três épocas, além de verificar quais variáveis têm relação espacial entre si. Também foi avaliada a correlação linear de Pearson, para a mesma variável em função dos períodos de amostragem, e para o mesmo período, em função das variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na fazenda Brejão, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd, de textura argilosa, localizada no município de Três Pontas, no sul do Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas médias 21°25'58"Se 45°24'51"O, altitude máxima de 914,7 m. A área experimental tem 22 hectares cultivados com café (*Coffea arabica* L.) cultivar Topázio, tendo a lavoura sido implantada em 2005 no espaçamento 3,8 metros entre linhas e 0,8 metros entre plantas. A área experimental foi georreferenciada por meio de um receptor GPS geodésico, com a marcação de 100 pontos amostrais, espaçados a distâncias variáveis. Em cada ponto, foram retiradas amostras de solo e folhas. As amostras de solo foram coletadas em três épocas: junho de 2012; dezembro de 2012; e junho de 2013, na camada de zero a vinte centímetros de profundidade, para determinação do potássio trocável - K (mg.dm⁻³). Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises de solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), para processamento. As amostras foliares foram coletadas nos mesmos momentos da coleta das amostras de solo, para determinação do teor de potássio foliar - K (%). A coleta das amostras foliares foi realizada de acordo com Carvalho et al. (2010). Posteriormente, todas as amostras coletadas foram encaminhadas para processamento, no Laboratório da Fundação Procafé, em Varginha- MG. Inicialmente foi feita a correlação linear de Pearson, para todas as variáveis. A análise geoestatística foi feita pela identificação da variabilidade espacial, por meio de ajustes de semivariogramas, pelo estimador clássico (VIEIRA, 2000), utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários e o modelo esférico. A fim de avaliar os ajustes nos semivariogramas, foi realizada a validação (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989). Após identificação da variabilidade espacial após, foi feita a interpolação dos dados por krigagem ordinária, sendo possível criar mapas temáticos para cada variável, nas épocas avaliadas. Para a análise geoestatística e a criação dos mapas, foi utilizado o software de distribuição livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) pelo pacote geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio da análise geoestatística (TABELA 1), foi possível identificar a variabilidade espacial para todas as variáveis avaliadas, pois a diferença entre duas amostras aumentou para distâncias entre coletas cada vez maiores. Dessa forma, ocorreu a estabilidade do semivariograma, definindo a distância máxima em que a variável possui dependência espacial. Encontrou-se efeito pepita igual a zero apenas para o potássio foliar em Junho de 2012. O alcance representa amostragens distância a partir da qual deixa de haver relação entre o valor observado e a posição das amostras, servindo para definir a densidade amostral adequada. Quanto menor o valor do alcance, menor será a quantidade de pontos utilizada para a interpolação. Verificou-se que os valores de alcance das variáveis avaliadas foram bastante distintos. Para o potássio no solo, o alcance variou de 241,6 até 464,5 metros, para Junho de 2013 e Dezembro de 2012, respectivamente. No caso do potássio no tecido foliar, variou de 40 a 100 metros, para Dezembro e Junho de 2012, respectivamente. Verificou-se correlação linear significativa (QUADRO 1), a 1% de probabilidade, para o potássio no solo, entre todas épocas. Uma vez identificada variabilidade espacial de todas as variáveis, por meio dos ajustes dos semivariogramas, estimaram-se valores destas variáveis para os locais em que não houve coleta de amostras, por meio de krigagem ordinária, possibilitando a criação de mapas temáticos com a distribuição espacial de cada variável (FIGURA 1).

TABELA 1. Parâmetros estimados para os semivariogramas ajustados pelo modelo esférico e utilizando o método dos quadrados mínimos ordinários, para as variáveis avaliadas. **Estimated parameters for semivariograms adjusted by the spherical model and using the ordinary least squares, for the variables evaluated.**

Variável	C ₀	C ₁	C ₀ +C ₁	a	EM	EMR	S _{EM}	S _{EMR}
K (mg.dm ⁻³) - Jun/12	1.066,7024	819,6690	1.886,3714	259,9	-0,0525	-0,0008	34,2920	0,9459
K (mg.dm ⁻³) - Dez/12	463,5510	1.238,5651	1.702,1161	464,5	0,1949	0,0038	28,3466	1,0909
K (mg.dm ⁻³) - Jun/13	523,7058	173,2365	696,9423	241,6	-0,0062	-0,0001	23,9930	0,9757
K (%) - Jun/12	0,0000	0,1379	0,1379	100,0	-0,0017	-0,0047	0,3243	1,4950
K (%) - Dez/12	0,0122	0,0443	0,0565	40,0	-0,0027	-0,0072	0,2152	1,0776
K (%) - Jun/13	0,0284	0,0375	0,0659	95,8	-0,0072	-0,0165	0,2152	0,9573

C₀ - Efeito pepita; C₁ - Contribuição; C₀+C₁ - Patamar; a - alcance (m); GD - Grau de dependência espacial; EM - Erro médio; S_{EM} - Desvio padrão do erro médio; EMR - Erro médio reduzido; S_{EMR} - Desvio padrão do erro médio reduzido

QUADRO 1. Resultados da correlação de Pearson entre as diferentes variáveis. **Results of the Pearson correlation between different variables.**

Variável\Variável	K (mg.dm ⁻³) - Jun/12	K (mg.dm ⁻³) - Dez/12	K (mg.dm ⁻³) - Jun/13	K (%) - Jun/12	K (%) - Dez/12	K (%) - Jun/13
K (mg.dm ⁻³) - Jun/12	1	0,4585**	0,3676**	0,0737 ^{ns}	-0,0358 ^{ns}	0,0419 ^{ns}
K (mg.dm ⁻³) - Dez/12		1	0,4579**	0,0389 ^{ns}	-0,1213 ^{ns}	0,0064 ^{ns}
K (mg.dm ⁻³) - Jun/13			1	0,0459 ^{ns}	-0,0843 ^{ns}	0,0554 ^{ns}
K (%) - Jun/12				1	-0,0197 ^{ns}	0,0528 ^{ns}
K (%) - Dez/12					1	0,0607 ^{ns}
K (%) - Jun/13						1

ns: não significativo; **: significativo a 1% de probabilidade

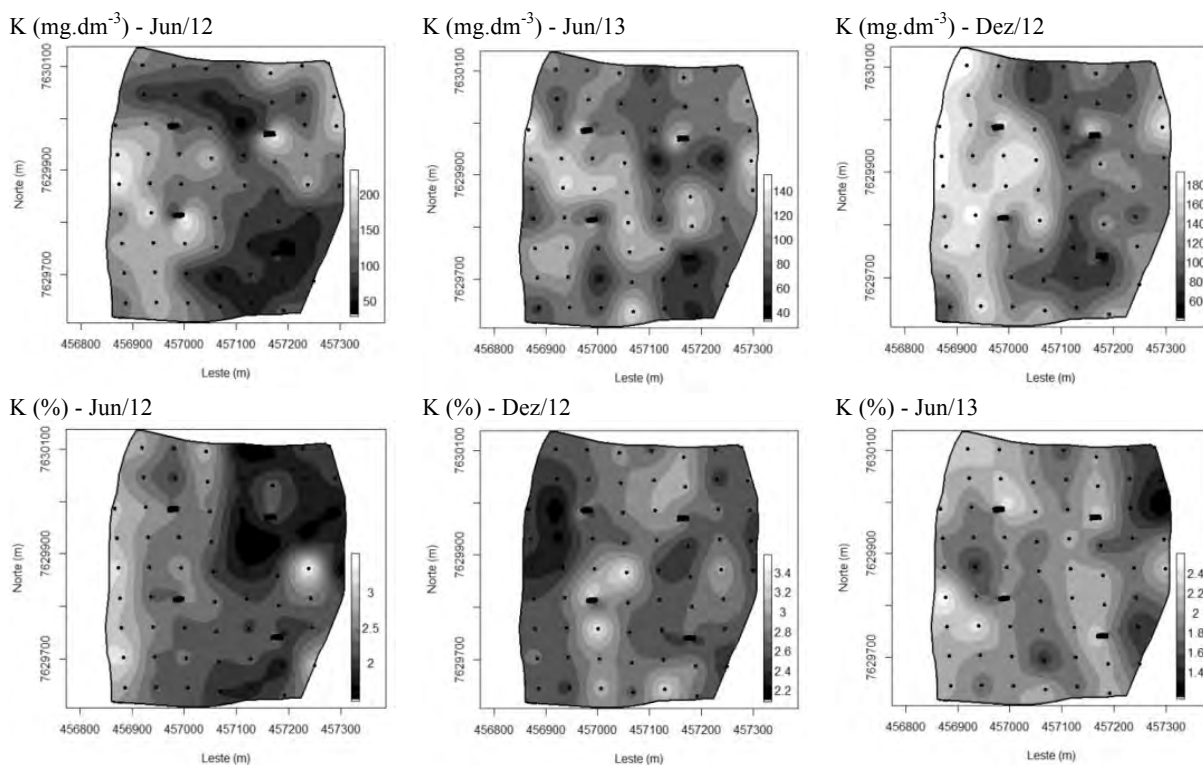


FIGURA 1. Distribuição espacial dos teores de K (mg.dm⁻³) e K (%), em três épocas. **Spatial distribution of content of K (mg.dm⁻³) and K (%), in three periods.**

Por meio de comparação visual, tomando como referência um mesmo período, percebe-se que não há um padrão quando são comparados os mapas do potássio no solo com o potássio foliar. Já quando se leva em consideração a mesma variável, para diferentes períodos, verificou-se que os menores valores tendem a ocorrer na região inferior direita e superior esquerda do mapa. Este fenômeno não foi observado ao comparar os mapas do potássio foliar, em diferentes épocas. Estes resultados estão de acordo com os resultados da correlação entre as variáveis presentes no Quadro 1.

CONCLUSÃO: Todas as variáveis apresentaram dependência espacial, o que permitiu a criação dos mapas temáticos. Os teores de potássio no solo - K ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), entre as diferentes épocas de amostragem, possuem correlação linear significativa a 1% de probabilidade. Não houve correlação significativa entre o teor de potássio foliar - K (%), para as diferentes épocas, e nem com os teores de potássio no solo. Por meio de comparação visual, percebeu-se que há relação espacial entre os mapas do teor de potássio no solo - K ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), para as diferentes épocas. Para o teor de potássio foliar - K (%), essa relação não foi observada.

REFERÊNCIAS:

- CARVALHO, J. G. et al. Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p. 69-101.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 169-177, mar./abr. 2005.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.
- TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, n. 1, p. 45-94, Feb. 1985.
- VIEIRA, S. R. et al. Variabilidade espacial dos teores foliares de nutrientes e da produtividade da soja em dois anos de cultivo em um Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1503-1514, set./out. 2010.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO FÓSFORO DISPONÍVEL E DO FÓSFORO REMANESCENTE, EM TRÊS ÉPOCAS, NA CAFEICULTURA DE PRECISÃO

LUIS CARLOS CIRILO CARVALHO¹, FÁBIO MOREIRA DA SILVA², GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ², LUIZ DE GONZAGA FERREIRA JUNIOR³, CAIQUE CARVALHO MEDAUAR⁴

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Ciências Agrárias e Ambientais, UESC, Ilhéus – BA, Fone: (73)36805259, lcccarvalho@uesc.br

² Engº Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia - DEG, UFLA, Lavras - MG

³ Doutorando do programa de pós-graduação em Máquinas e automação agrícola, Departamento de engenharia- DEG, UFLA, Lavras -MG

⁴ Mestrando do programa de pós-graduação em Produção vegetal, Depto. de Ciências Agrárias e Ambientais UESC, Ilhéus - BA

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A agricultura de precisão busca aumentar a eficiência dos sistemas produtivos por meio da identificação da variabilidade espacial e temporal dos fatores que influenciam a produtividade das lavouras. Por isso, a adoção dessas técnicas por parte de cafeicultores é cada vez mais comum. Objetivou-se, com este trabalho, identificar a dependência espacial do fósforo disponível e do fósforo remanescente de uma lavoura de café, em três épocas, além de verificar a existência de correlação espacial entre as variáveis. O trabalho foi realizado em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, em uma malha de 100 pontos de amostragem. Os dados foram analisados por meio de geoestatística e correlação de Pearson. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial. Houve correlação significativa entre o fósforo disponível entre Junho de 2012 e Junho de 2013, bem como para o fósforo remanescente, entre todos os períodos. Pela comparação visual entre os mapas, o fósforo remanescente se comportou espacialmente de forma similar, entre os períodos.

PALAVRAS-CHAVE: café arábica; geoestatística; mapas temáticos

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF AVAILABLE PHOSPHORUS AND SOLUTION EQUILIBRIUM P, IN THREE PERIODS, IN PRECISION COFFEE

ABSTRACT: Precision agriculture aims to increase the efficiency of production systems by identifying the spatial and temporal variability of the factors that influence the yield of crops. Therefore, the adoption of these techniques by farmers is increasingly common. The objective of this study was to identify the spatial dependence of phosphorus available and the solution equilibrium P of a coffee plantation in three seasons, and verify the existence of spatial correlation between the variables. The study was conducted in an Haplustox, in a grid of 100 sampling points. Data were analyzed using geostatistical and Pearson correlation. All variables presented spatial dependence. There was a significant correlation between phosphorus available between June 2012 and June 2013, and for the solution equilibrium P, of all periods. For visual comparison between the maps, the solution equilibrium P spatially behaved similarly between periods.

KEYWORDS: arabic coffee; geostatistics; thematic maps

INTRODUÇÃO: Alves, Queiroz e Pinto (2006) definem cafeicultura de precisão como o emprego de técnicas de agricultura de precisão na produção de café, em que se objetiva identificar a variabilidade espacial de variáveis do sistema produtivo. Segundo definição do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013), a agricultura de precisão é um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente. O equilíbrio nutricional da lavoura é importante, uma vez que os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais ao metabolismo das plantas. O fósforo desempenha papel fundamental nas transformações energéticas dos processos vitais da planta, tais como,

fotossíntese, respiração, síntese de aminoácidos, lipídeos, entre outros (CARVALHO et al., 2010). Diversos fatores influenciam a dinâmica dos nutrientes no solo, condicionando a capacidade do solo de suprir plantas desses nutrientes, sendo a disponibilidade de nutrientes variável no espaço e no tempo (FURTINI NETO et al., 2001). Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a dependência espacial do fósforo disponível e do fósforo remanescente, em três épocas de amostragem, além de verificar a existência de correlação espacial entre as variáveis, por meio de comparação visual entre mapas. Também objetivou-se avaliar a correlação linear de Pearson, entre as variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na fazenda Brejão, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd, de textura argilosa, localizada no município de Três Pontas, no sul do Estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas médias 21°25'58"Se 45°24'51"O, altitude máxima de 914,7 m. A área experimental tem 22 hectares cultivados com café (*Coffea arabica* L.) cultivar Topázio, tendo a lavoura sido implantada em 2005 no espaçamento 3,8 metros entre linhas e 0,8 metros entre plantas. A área experimental foi georreferenciada por meio de um receptor GPS geodésico, com a marcação de 100 pontos amostrais, espaçados em distâncias variáveis, em que para cada ponto foram retiradas quatro sub-amostras de solo na projeção da saia do cafeeiro. As amostras de solo foram coletadas em três épocas: junho de 2012; dezembro de 2012; e junho de 2013, na camada de zero a vinte centímetros de profundidade, por meio de um trado holandês, para determinação do fósforo disponível - P (mgdm⁻³) e fósforo remanescente P-rem (mgL⁻¹). Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises de solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), para processamento. Inicialmente foi feita a correlação linear de Pearson, para todas as variáveis. A análise geoestatística foi feita pela identificação da variabilidade espacial, por meio de ajustes de semivariogramas, pelo estimador clássico (VIEIRA, 2000), utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários e o modelo esférico. A fim de avaliar os ajustes nos semivariogramas, foi realizada a validação (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989). Após a caracterização da variabilidade espacial foi feita a interpolação dos dados por krigagem ordinária, sendo possível criar mapas temáticos para cada variável, nas épocas avaliadas. Para a análise geoestatística e a criação dos mapas, foi utilizado o software de distribuição livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014) pelo pacote geoR (RIBEIRO JUNIOR; DIGGLE, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados da análise geoestatística estão apresentados na TABELA 1, de modo que todas as variáveis apresentaram dependência espacial. Somente o fósforo disponível para Junho de 2013 apresentou efeito pepita igual a zero. O alcance variou entre 53,6 até 194,8 metros, para o fósforo disponível de Junho de 2012 e Dezembro de 2012, respectivamente. Nota-se que os valores de alcance, para o P-rem nos três períodos, foram bem próximos, o que indica que esta variável pode ser avaliada utilizando uma distância de amostragem entre pontos entre 95 e 106 metros. Ainda na tabela 1, percebe-se que o ajuste do modelo esférico atende às exigências da validação. Verificou-se correlação linear significativa (QUADRO 1), a 1% de probabilidade, para o fósforo disponível entre os meses de Junho de 2012 e Junho de 2013, bem como do P-rem, entre todas as épocas. Uma vez identificada a variabilidade espacial de todas as variáveis, por meio dos ajustes dos semivariogramas, estimaram-se valores destas variáveis para os locais em que não houve coleta de amostras, por meio de krigagem ordinária, possibilitando a criação de mapas temáticos com a distribuição espacial de cada variável (FIGURA 1). Por meio de comparação visual, tomando como referência um mesmo período, percebe-se que há um padrão quando são comparados os mapas do fósforo disponível entre Junho de 2012 e Junho de 2013, uma vez que há coincidência da localização de manchas mais claras entre os dois mapas. Para o fósforo remanescente, os mapas apresentam comportamento espacial semelhantes. Ao comparar os mapas de diferentes variáveis, para um mesmo período, não se observa correlação espacial. Estes resultados estão de acordo com os resultados da correlação entre as variáveis presentes no Quadro 1.

TABELA 1. Parâmetros estimados para os semivariogramas ajustados pelo modelo esférico e utilizando o método dos quadrados mínimos ordinários, para as variáveis avaliadas.
Estimated parameters for semivariograms adjusted by the spherical model and using the ordinary least squares, for the variables evaluated.

Variável	C_0	C_1	C_0+C_1	a	EM	EMR	S_{EM}	S_{EMR}
P (mg.dm ⁻³)- Jun/12	25,9219	14,3919	40,3138	194,8	-0,0091	-0,0008	6,3794	1,1230
P (mg.dm ⁻³)- Dez/12	5,2367	11,5470	16,7837	53,6	0,0054	0,0015	3,9538	1,0783
P (mg.dm ⁻³)- Jun/13	0,0000	44,5974	44,5974	62,8	0,0913	0,0119	6,7573	1,3191
P-rem (mg.L ⁻¹)- Jun/12	0,3794	9,3062	9,6856	102,7	-0,0038	-0,0012	2,2280	1,1736
P-rem (mg.L ⁻¹)- Dez/12	3,8235	8,7442	12,5677	106,7	0,0421	0,0078	3,0571	1,0448
P-rem (mg.L ⁻¹)- Jun/13	2,1887	6,3688	8,5575	95,1	0,0347	0,0072	2,6590	1,0760

C_0 - Efeito pepita; C_1 - Contribuição; C_0+C_1 - Patamar; a - alcance (m); GD - Grau de dependência espacial; EM - Erro médio; S_{EM} - Desvio padrão do erro médio; EMR - Erro médio reduzido; S_{EMR} - Desvio padrão do erro médio reduzido

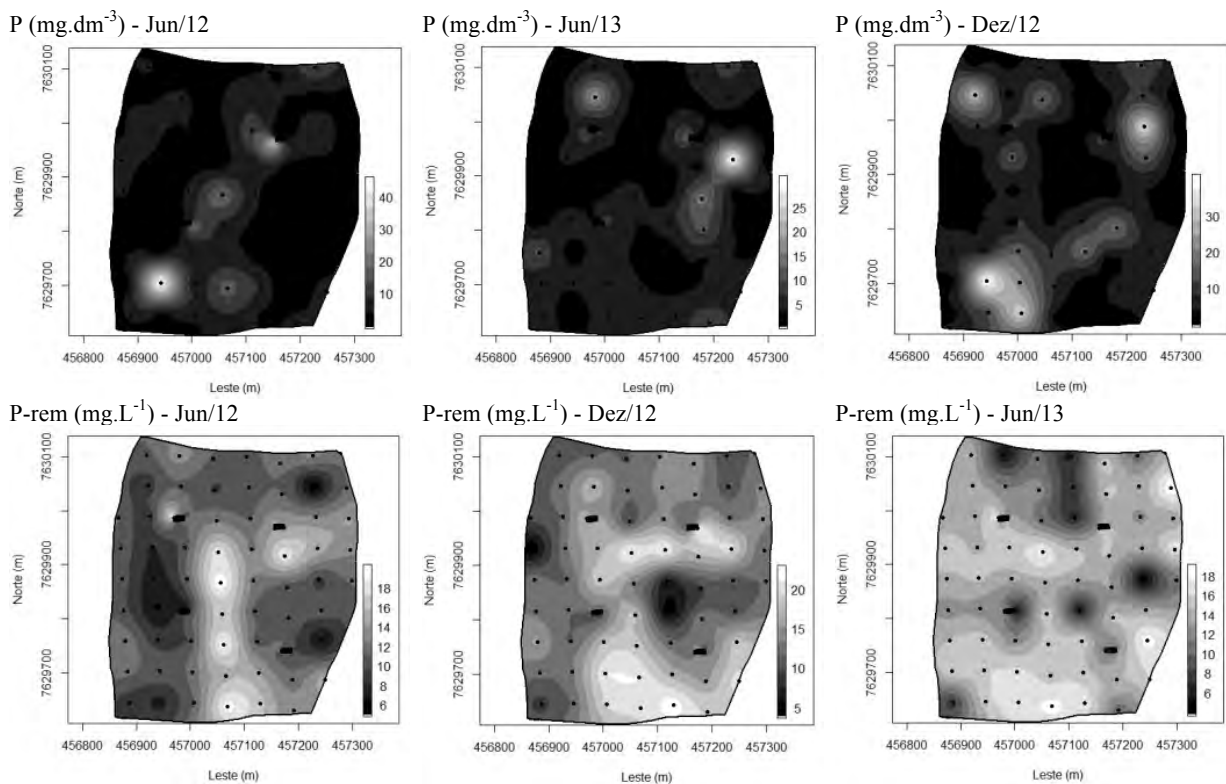


FIGURA 1. Distribuição espacial dos teores de P (mg.dm⁻³) e P-rem (mg.L⁻¹), em três épocas. **Spatial distribution of content of P (mg.dm⁻³) and SEP (mg.L⁻¹), in three periods.**

QUADRO 1. Resultados da correlação de Pearson entre as diferentes variáveis. **Results of the Pearson correlation between different variables.**

	P (mg.dm ⁻³)- Jun/12	P (mg.dm ⁻³)- Dez/12	P (mg.dm ⁻³)- Jun/13	P-rem (mg.L ⁻¹)- Jun/12	P-rem (mg.L ⁻¹)- Dez/12	P-rem (mg.L ⁻¹)- Jun/13
P (mg.dm ⁻³) - Jun/12	1	-0,0062 ^{ns}	0,5460 ^{**}	0,1281 ^{ns}	-0,0400 ^{ns}	-0,0232 ^{ns}
P (mg.dm ⁻³) - Dez/12		1	0,1271 ^{ns}	0,1686 ^{ns}	0,1846 ^{ns}	-0,0018 ^{ns}
P (mg.dm ⁻³) - Jun/13			1	-0,0657 ^{ns}	0,0444 ^{ns}	0,1821 ^{ns}
P-rem (mg.L ⁻¹) - Jun/12				1	0,4138 ^{**}	0,3629 ^{**}
P-rem (mg.L ⁻¹) - Dez/12					1	0,3964 ^{**}
P-rem (mg.L ⁻¹) - Jun/13						1

ns: não significativo; **: significativo a 1% de probabilidade

CONCLUSÃO: Todas as variáveis apresentaram dependência espacial, o que permitiu a criação dos mapas temáticos. O fósforo remanescente - P-rem (mg.L⁻¹), entre as diferentes épocas de amostragem, possuem correlação linear significativa a 1% de probabilidade. Não houve correlação significativa entre o fósforo disponível - P (mg.dm⁻³), para as diferentes épocas, e nem com o fósforo remanescente. Por meio de comparação visual, percebeu-se que há relação espacial entre os mapas do fósforo remanescente, para as diferentes épocas. Para o fósforo disponível, essa relação não foi observada.

REFERÊNCIAS:

- ALVES, M. C. **Geoestatística e Sistemas 'Fuzzy' na proteção de plantas**. 2006. 186 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília, 2013. 36 p.
- CARVALHO, J. G. et al. Sintomas de desordens nutricionais em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p. 69-101.
- FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.
- ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University, 1989. 561 p.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.Rproject.org/>>. Acesso em: 24 mar. 2014.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, New York, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

DENSIDADE DE PONTOS GERADOS POR MONITOR DE PRODUTIVIDADE PARA CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE

LEONARDO F. MALDANER¹, JOSÉ P. MOLIN¹, MATEUS T. EITELWEIN¹

¹ Depto. Engenharia de Biosistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (XX19)34478581, leonardofm@usp.br, mateus_eitelwein@usp.br; jpmolin@usp.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Dados de produtividade fornecem informações essenciais para a gestão localizada da lavoura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da frequência de aquisição de dados pela colhedora no mapa final de produtividade. Para isso foram simuladas as frequências de aquisição de dados de 2Hz, 0,2Hz e 0,1Hz. Para a simulação foram utilizados dois conjuntos de dados gerados por monitores de produtividade de cana-de-açúcar e soja adquiridos a uma frequência de 1Hz. O conjunto de dados gerados por monitores com frequência de coleta menores demonstram a variabilidade produtiva da lavoura eliminando as pequenas variações da produtividade dentro do talhão. Quanto maior a frequência de aquisição de dados, maior a resolução e detalhamento da variação dos valores de produtividade dentro do talhão.

PALAVRAS-CHAVE: aquisição de dados, frequência, mapa de colheita

DENSITY OF POINTS GENERATED BY THE YIELD MONITOR FOR CHARACTERIZATION OF THE SPATIAL VARIABILITY OF YIELD

ABSTRACT: Yield data provide essential information for the specific management of the crop. The objective of this study was evaluate the influence of data logging frequency by the combine in the final yield map. For this reason were simulated the data logging frequency of 2Hz, 0,2Hz and 0,1Hz. For the simulation were used two data set generated by yield monitors of sugarcane and soybeans purchased at a frequency of 1 Hz. The data set generated by monitors with data logging frequency under demonstrate the variability of the yield by eliminating the small variations in productivity within the field. The higher data logging frequency, the greater the resolution and detail the variation of yield within the field.

KEYWORDS: data logging, frequency, data set, yield map

INTRODUÇÃO: O monitoramento da produtividade pode ser considerado o primeiro passo na implantação de um projeto de Agricultura de Precisão. Mapas de produtividade são determinantes nos processos, fornecendo informações essenciais para o manejo das próximas culturas a serem implantadas. O rendimento da cultura auxilia diretamente na recomendação da aplicação dos insumos e/ou indiretamente, na composição de unidades de gestão diferenciadas (UGD), uma vez que o acumulo de mapas de produtividade pode mostrar um padrão temporal das culturas na lavoura (Molin et al., 2015). Em culturas perenes como citros, café e a cana-de-açúcar onde a colheita mecanizada fornece dados de rendimento para cada fileira da cultura, o conjunto de dados pode fornecer informações localizadas em alta resolução dentro da fileira. O número de dados gerados pelo monitor de produtividade tem grande importância, pois determina a sua qualidade técnica e fornece uma série de informações imprescindíveis, participando diretamente nas avaliações interpretativas dos mapas elaborados. Atualmente não há uma padronização da taxa de aquisição de dados nos monitores de produtividade disponíveis no mercado, cada fabricante fornece uma configuração que considera mais adequada. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da frequência de aquisição de dados pela colhedora no mapa final de produtividade.

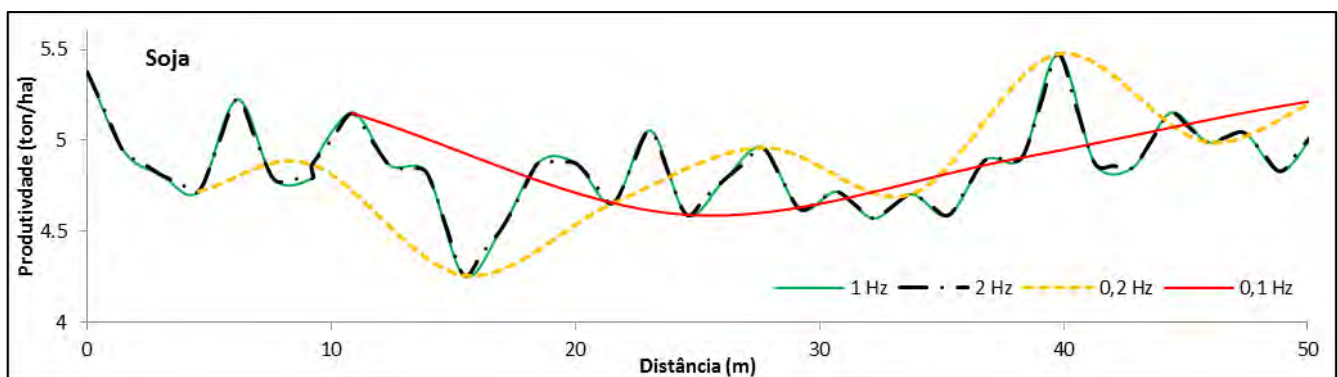
MATERIAL E MÉTODOS: Os dados utilizados neste estudo foram gerados por monitores de produtividade nas culturas de soja e cana-de-açúcar, ambos com frequência de aquisição de 1 Hz (1 ponto por segundo). Os dados originais passaram por uma filtragem para eliminação de valores errôneos utilizando a metodologia descrita por Spekken et al. (2013). A partir do conjunto de dados remanescentes da filtragem foram simuladas três diferentes densidades de pontos. A variação da densidade de pontos foi simulada variando a frequência de aquisição de dados do monitor de produtividade. Foram simuladas frequências de 2Hz, 0,2Hz e 0,1Hz (um ponto a cada: 0,5s, 5s e 10s). Para a frequência de 2Hz foi criado um novo ponto entre dois pontos no conjunto de dados originais e o valor da produtividade foi estimado por interpolação linear. As demais frequências foram simuladas realizando a retirada de pontos do conjunto de dados originais. Para análise dos resultados realizou-se a estatística descritiva dos dados da simulação e dos dados originais e a partir de então foram gerados os mapas de produtividade utilizando software VESPER 1.6 (Minasny et al., 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio da análise da estatística descritiva dos dados (Tabela 1), foi possível verificar que com a redução da frequência de aquisição de dados de 0,1 Hz (1 ponto a cada 10s) ocorreu a diminuição do valor máximo da produtividade para as duas culturas, porém não houve mudança no valor médio. Nos demais conjuntos de dados as diferentes densidades de dados não influenciaram nos valores médios e nem na amplitude dos valores de produtividade. Não houve diferença entre os valores do coeficiente de variação variando a densidade de pontos coletados.

TABELA 1. Estatística descritiva dos conjuntos de dados de produtividade de acordo com a variação da frequência de registro pelo monitor de produtividade. **Descriptive statistics of yield data sets according to the variation of the data logging frequency by yield monitor**

Frequência	Nº pontos <i>n</i>	Densidade pontos ha ⁻¹	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	CV %
			Cana-de-açúcar					
2,0 Hz	22098	6423	214,6	30,2	0,0	211,2	409,2	14,06
1,0 Hz	11050	3212	214,6	31,2	0,0	211,4	409,2	14,55
0,2 Hz	2762	803	214,6	31,5	0,0	211,8	379,8	14,67
0,1 Hz	1227	357	214,4	30,6	0,0	211,0	352,5	14,29
Soja								
2,0 Hz	20766	1310	4,1	0,8	1,3	4,2	11,4	19,01
1,0 Hz	10384	656	4,1	0,8	1,3	4,2	11,4	19,36
0,2 Hz	2596	164	4,1	0,8	1,4	4,2	11,4	19,56
0,1 Hz	1153	73	4,1	0,8	1,4	4,2	8,5	19,39

A variação da produtividade em relação à frequência de aquisição de pontos pode ser melhor observada na figura 1. Observou-se que a variação da produtividade em relação às frequências de 1 Hz e 2 Hz dentro da mesma passada foi semelhante, isso era esperado uma vez que os dados de 2Hz foram simulados a partir da interpolação linear dos dados de 1Hz. Com a diminuição da frequência para 0,2 Hz observou-se que houve uma suavização na variação da produtividade dentro do talhão, porém ainda continua caracterizando a variabilidade da produtividade dentro da passada. Diminuindo a frequência para 0,1 Hz (um ponto a cada 10 segundos) os valores foram totalmente diferentes das demais produtividades nas diferentes frequências de aquisição de dados, descaracterizando a variação de produtividade dentro da passada.



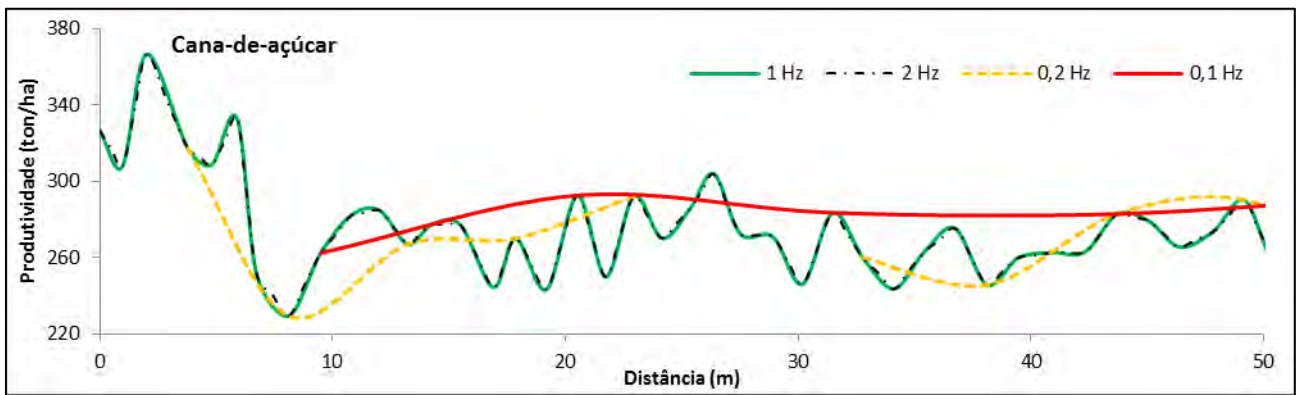


FIGURA 1. Comparação da variação de produtividade em diferentes frequências de registro de dados dentro de uma mesma passada para as culturas da soja e cana-de-açúcar. **Comparison of yield variability in different data logging frequencies within the same path to the soybean and sugarcane.**

Observando a Figura 2 nota-se que os dados com uma frequência de aquisição mais alta após a interpolação mostram uma variabilidade mais detalhada da produtividade dentro do talhão, identificando valores locais de produtividade baixa e alta em pequenas distâncias, enquanto os dados resultantes de frequência de aquisição mais altas demonstram a variabilidade do potencial produtivo do talhão, pois eliminam variações de pequeno alcance.

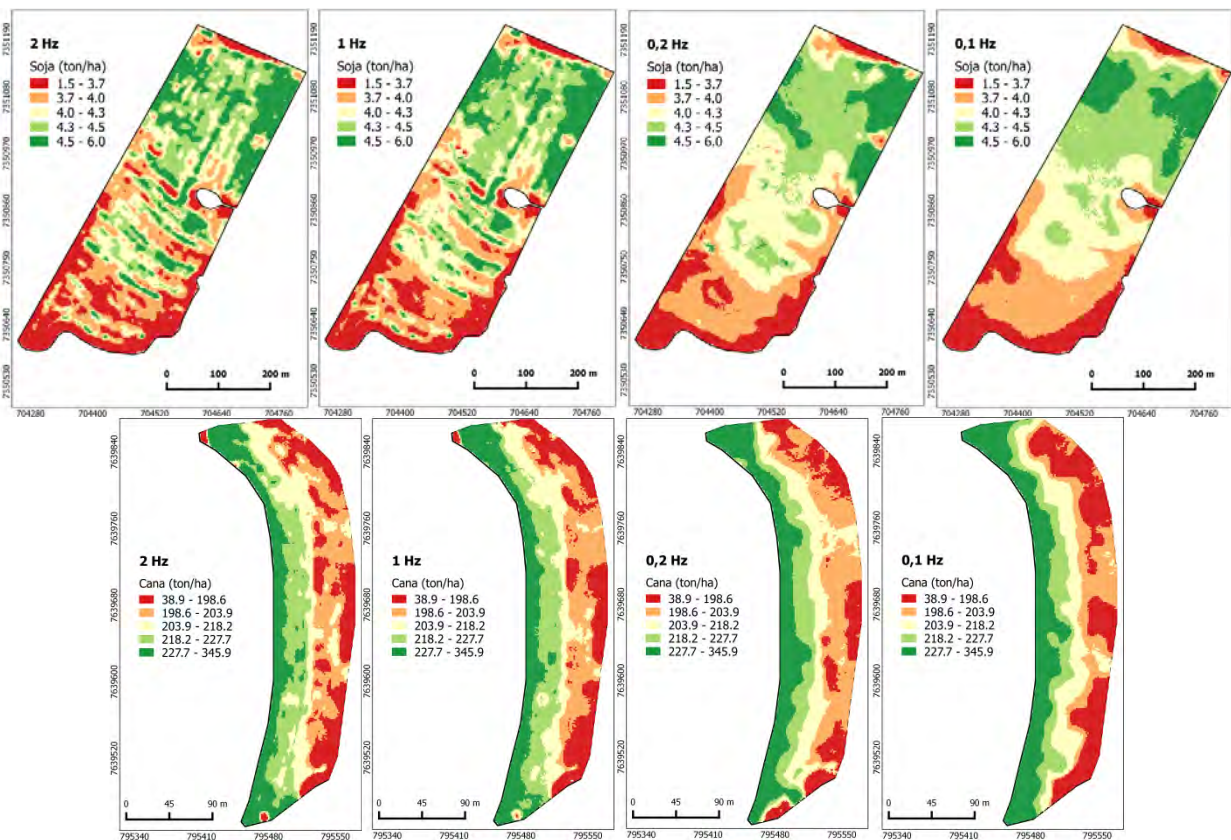


FIGURA 2. Mapas de produtividade gerados por diferentes frequências de registro de dados para a cultura da soja e a cultura da cana-de-açúcar. **Yield maps generated by different data logging frequency of soybean and sugarcane.**

Observa-se que a frequência de aquisição de dados é de extrema importância para a caracterização da variação da produtividade em pequenas distâncias para cultura da cana-de-açúcar, pois as pequenas variações de produtividades dentro do talhão podem identificar locais com ausência de plantas na fileira (falhas) e um processamento destes dados podem fornecer dados georreferenciados para uma posterior intervenção.

CONCLUSÃO: A densidade de pontos coletados pelo monitor de produtividade influencia diretamente na caracterização da variabilidade espacial da produtividade. Quanto maior a frequência de coleta maior será o detalhamento da variação da produtividade em pequenas distâncias. Apesar da perda de detalhamento com baixas frequências de coleta de dados (0,2 e 0,1 Hz), foi possível caracterizar a macrovariabilidade do potencial produtivo dos talhões estudados.

AGRADECIMENTOS: Agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS:

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A.B.; WHELAN, B.M. Vesper version 1.6. Australian Centre for Precision Agriculture, The University of Sydney, 2002.

MOLIN, J. P.; DO AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
SPEKKEN, M.; ANSELMINI, A. A.; MOLIN, J. P. **A simple method for filtering spatial data**. In: 9th European conference on precision agriculture, 2013, Lleida. Precision Agriculture'13. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2013. v. 1. p. 1-823.

COMPARAÇÃO DE DOIS PENETRÔMETROS SUBMETIDOS A DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO

LEONARDO F. MALDANER¹, BRUNA P. PASSALAUQUA¹, PEDRO H. SANTOS¹, MURILO M. BAESSO²

¹Pós-graduandos, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, Fone: (19) 3447-8581, leonardofm@usp.br; bpassalauqua@usp.br; phsantos@ifi.unicamp.br

²Eng°. Agrônomo, Professor Doutor, FZEA/USP, Pirassununga -SP, baesso@usp.br

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016

Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A compactação do solo afeta diretamente o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A identificação da camada compactadas do solo é muito importante para uma posterior intervenção. Atualmente existem vários equipamentos disponíveis no mercado que medem indiretamente a resistência do solo a penetração. O estudo tem como objetivo comparar dois penetrômetros, manual e automatizado utilizando diferentes teores de umidade do solo a fim de observar os valores encontrados para cada um dos equipamentos. Observou-se que medindo a resistência a penetração no solo com teor de água em capacidade de campo houve diferença entre os dois equipamentos. Nas demais umidades os equipamentos tiveram valores de resistência a penetração diferentes na camada superior do solo, porém em camadas mais profundas os valores foram semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: resistência a penetração, índice de cone, equipamentos

COMPARISON OF TWO PENETROMETER SUBMITTED TO DIFFERENT SOIL MOISTURE

ABSTRACT: Soil moisture directly affects the development of the root system of plants. The identification of the compacted soil layer is very important for the later intervention. Currently there are several devices available that indirectly measures the soil resistance to penetration. The study aims to compare two penetrometer, manual and automated using different soil moisture, in order to observe the values found for each of the equipment. It was observed that the penetration resistance measuring soil water content of field capacity was no difference between the two devices. In the other units the equipment had different penetration resistance values, but in deeper layers the values were similar.

KEYWORDS: resistance to penetration, cone index, equipment

INTRODUÇÃO: Com o aumento da produção agrícola, a mecanização do setor tem sido cada vez mais utilizada e explorada pelos produtores, o que resulta na compactação de solo que compromete o desenvolvimento radicular. Dentre as propriedades físicas afetadas pela compactação de solo, a resistência à penetração (RP) é uma das mais estudadas, já que esta explica a resistência física que o solo oferece quando algo tenta se mover através dele e também serve como base para a avaliação dos efeitos causados pelos sistemas de manejo de solo em relação ao ambiente radicular (GONÇALVES JR. et al., 2009 apud TORMENA & ROLOFF, 1996). A RP é influenciada diretamente pelo conteúdo de água, textura, densidade do solo e tipo de mineral de argila encontrado. Nesse âmbito, o conteúdo de água, quando na capacidade de campo, é considerada ideal para determinação da RP, condição na qual é obtida a melhor correlação com a densidade de solo e o crescimento radicular, sendo a sua influência acentuada em solos com maior teor de argila. Com relação a determinação da compactação, o método indireto adotado é o Índice de Cone (IC) que mede a resistência que o solo desempenha em relação à penetração de uma ponta cônica. Para tanto, são utilizados equipamentos específicos, que exercem essa penetração, denominados penetrômetros (MOLIN et al., 2012). A grande variedade em equipamentos pode

trazer diferenças nos dados obtidos e influências decorrentes a velocidade de penetração, forma e área de projeção da ponteira que irá penetrar no solo, as quais são normalizadas pela ASABE (2006). Assim, estabeleceu a hipótese de que os valores obtidos de RP, mesmo quando submetidos aos mesmo tratamentos, terão valores distintos entre si, mudando de acordo com o equipamento utilizado. O estudo tem como objetivo comparar dois penetrômetros, manual e automatizado utilizando diferentes teores de umidade do solo, a fim de observar os valores encontrados para cada um dos equipamentos.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em campo localizado no Departamento de Máquinas Agrícolas da ESALQ/USP situada em Piracicaba, com latitude de 22° 44' 48'' S e longitude de 47° 37' 41'' W. A temperatura média característica da região é de 37,5 °C, no mês mais quente, e de 18 °C, no mês mais frio. A precipitação média anual é de 1.070,6 mm. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arenoso (EMBRAPA, 1999). A resistência do solo foi determinada usando-se o penetrômetro manual PLG 1020 penetroLOG® (Falker, Porto Alegre, Brasil) e o penetrômetro com acionamento elétrico SoloStar (Falker, Porto Alegre, Brasil) (Figura 1), ambos com armazenamento eletrônico dos dados e configurados para realizar leituras a cada 0,01 m de profundidade. Utilizou-se para ambos os penetrômetros, cone com base de 12,83 mm e ângulo de penetração de 30°. A velocidade de deslocamento da haste é de 30 mm s⁻¹ para o penetrômetro com acionamento elétrico, enquanto que para o penetrômetro manual o controle da velocidade de deslocamento é realizado pelo próprio operador.



FIGURA 1 - Representação gráfica das linhas de plantio previamente projetadas para cada uma das áreas.
Graphical representation of planting lines previously projected for each of the areas.

Realizaram-se determinações da resistência do solo à penetração em quatro diferentes umidades. A primeira foi 24 horas após a chuva (Umidade 1), a segunda 48 horas após a mesma chuva (Umidade 2), a terceira 72 horas após a mesma chuva (Umidade 3) e a quarta 120 horas após a chuva (Umidade 4). Este procedimento permitiu simular diferentes teores de água no solo e relacioná-los com a resistência do solo à penetração. Foram realizadas três repetições em cada parcela experimental, de forma aleatória. A RP do solo foi determinada a partir da superfície do solo até a profundidade de 0,50 m, em 10 pontos por parcela, amostrados aleatoriamente. O teor de água no solo foi obtido pelo método gravimétrico em amostras deformadas, coletadas com um trado calador na mesma profundidade que a determinação da RP. Os resultados de resistência à penetração foram submetidos aos procedimentos da estatística descritiva, para a obtenção da média, desvio padrão, coeficientes de variação e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico Minitab 17 (Minitab Inc., Pensilvânia, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os teores de água no solo durante a amostragem da RP foram 19,69% (Umidade 1), 16,13% (Umidade 2), 14,81% (Umidade 3) e 13,61% (Umidade 4). Houve diferença entre os valores de RP (Tabela 1) entre os dois equipamentos na umidade 1, significando que os equipamentos quando utilizados em solos com teor de água em sua capacidade de campo tiveram resultados diferentes. Já na umidade 2 os dois equipamentos diferem nos valores de RP somente nas camadas de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade, mas demais camadas não houve diferença entre os valores de RP entre os equipamentos

estudados. Na umidade 3 não houve diferença entre os valores de RP nas profundidades 20 a 30 cm e 30 a 40 cm.

TABELA 1. Comparação dos valores de resistência à penetração (MPa) entre os equipamentos utilizados para cada umidade em diferentes profundidades. **Comparison of penetration resistance values (MPa) of the equipment used for each moisture at different depths.**

Profundidade (m)	0.0 - 0.10	0.10 - 0.20	0.20 - 0.30	0.30 - 0.40	0.40 - 0.50	0.50 - 0.60
Umidade 1						
Automático	0.80 a	1.27 a	1.98 a	2.83 a	2.47 b	2.12 b
Manual	0.37 b	1.04 b	1.63 b	2.26 b	3.31 a	2.88 a
Umidade 2						
Automático	1.43 a	1.74 a	2.19 a	2.48 a	2.93 a	2.54 a
Manual	0.74 b	1.52 b	1.93 a	2.39 a	2.57 a	2.33 a
Umidade 3						
Automático	1.39 a	1.93 a	2.61 a	3.30 a	2.29 b	2.03 b
Manual	0.70 b	2.04 a	2.67 a	3.37 a	3.00 a	2.68 a
Umidade 4						
Automático	1.64 a	2.07 a	2.34 b	2.86 b	3.43 a	2.48 b
Manual	1.01 b	2.04 a	2.96 a	3.74 a	3.76 a	2.98 a

A variação da RP de acordo com a profundidade para os dois equipamentos nas diferentes umidades pode ser observada na Figura 2. Observou-se que para as diferentes umidades o equipamento manual obteve valores muito baixos ou nulos de RP nas camadas mais superficiais. Isso ocorre devido ao espaço entre a superfície do solo e a placa metálica utilizada para medir a profundidade da medição. Esses valores não ocorrem no equipamento automático pois o mesmo começa a medir a RP do solo quando a haste entra em contato com o solo.

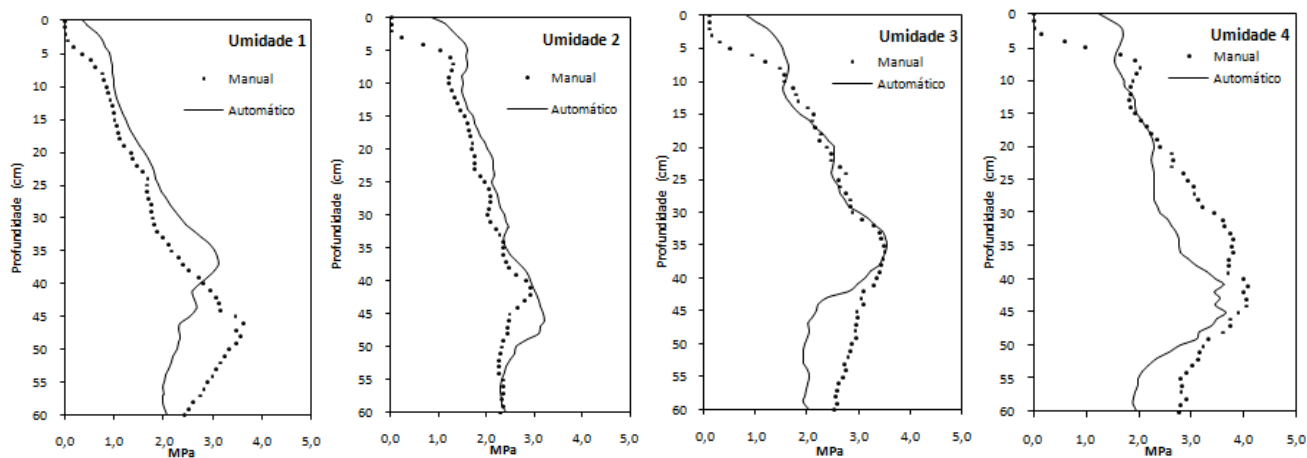


FIGURA 2. Comparação dos valores de resistência à penetração em relação a profundidade entre os dois equipamentos nas diferentes umidades analisadas. **Comparison of penetration resistance values on the depth between the two devices in different moisture analyzed.**

Há a necessidade de processamento dos dados do equipamento manual para que estes valores sejam eliminados, o que afeta na profundidade de mediação do equipamento. Observou-se que para ambos equipamentos os valores de RP foram diferentes quando comparados a diferentes teores de água no solo. Houve um aumento nos valores de RP de acordo com o menor teor de água no solo.

CONCLUSÃO: A partir dos testes foi possível observar que os valores encontrados para a resistência à penetração, mesmo quando submetidos a tratamentos iguais, diferem para cada penetrômetro. Para as diferentes umidades há necessidade de processamento dos dados gerados pelo equipamento manual para corrigir a profundidade de medição, o que não ocorre no equipamento automático.

AGRADECIMENTOS: A CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pelo auxílio financeiro dos dois primeiros autores.

REFERÊNCIAS:

- ASABE - **American Society of Agricultural and Biology Engineering**. Standards 2006 93: ASABES313.1 FEB 04 Soil cone penetrometer. St. Joseph: ASABE, 2006. p.391-398.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1. ed., 360 p. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 1999.
- GONÇALVES JR, D.; SILVA, G. P.; MENEZES, J. F. S.; GONÇALVES, M. E. M. P.; SANTOS, C. J. L.; SILVA, T. R. **Influência da resistência do solo à penetração no peso radicular da cultura da cana-de-açúcar em solos adubados com dejetos líquidos de suíno**. In: I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais - Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante, 2009, Florianópolis.
- MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. dos S.; CARBONERA, L. Estudo com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 5, p.584-590, 2012.
- TORMENA, C.A. & ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 20:333-339, 1996.

MONITORAMENTO DA ACURÁCIA E PRECISÃO POR MEIO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

**ADÃO FELIPE DOS SANTOS¹, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA², LÍGIA NEGRI CORRÊA³,
MATHEUS ANAAN DE PAULA BORBA⁴, LUCAS AUGUSTO DA SILVA GIRIO⁵,**

¹ Eng^o Agrônomo, Mestrando, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP, Fone: (16) 3209-7289, adaofeliped@gmail.com

² Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

³ Eng^a Agrônoma, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

⁴ Eng^o Agrônomo, Mestrando, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

⁵ Eng^o Agrônomo, Doutorando, Depto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: A adoção de tecnologia por partes dos agricultores tem se tornado fundamental para o melhor desempenho das atividades agrícolas, principalmente no âmbito de posicionamento das máquinas nas mais diversas operações. Contudo, o êxito nas operações só é obtido quando se tem elevada acurácia e precisão dos sinais GNSS. Nesse sentido, levando em consideração que deve se realizar o monitoramento constante das máquinas que trafegam sob direcionamento automático e que as operações desenvolvidas por elas devem ser realizadas com precisão e acurácia, objetivou-se avaliar o emprego do Controle Estatístico de Processo no monitoramento da precisão e acurácia na operação de semeadura de amendoim com sinal RTX, bem como, verificar qual o melhor múltiplo de desvio padrão a ser utilizado nesse tipo de processo. Os dados utilizados foram coletados após a semeadura onde realizou-se a sobreposição dos mapas de semeadura projetado com o executado, em seguida calculou-se, pela diferença ortogonal os erros de posicionamento do trator. Em seguida elaborou-se as cartas de controle com os valores obtidos, variando o múltiplo do estimador do desvio padrão 1, 2 e 3 σ , e ainda, estabeleceu-se os limites específicos de controle, com base na precisão que o fornecedor do sinal garante (3,8 cm). A utilização de 1 e 2 σ resultou na ocorrência de alarme falso, ou erro tipo I, entretanto, quando se utilizou o valor 2 σ , esses não causaram prejuízo na interpretação do analista, pois estão acima do limite específico de controle ($>3,8$ cm). As cartas de controle foram eficientes no monitoramento da acurácia e da precisão, principalmente quando se utilizou o múltiplo 2 em associação com o desvio padrão. Não houve precisão e nem acurácia na semeadura de amendoim com direcionamento automático com sinal RTX.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de qualidade, GNSS, RTX

MONITORING THE ACCURACY AND ACCURACY THROUGH CONTROL OF STATISTICAL PROCESS

ABSTRACT: The adoption of technology by farmers parts has become critical for the best performance of agricultural activities, particularly in the context of positioning the machines in several operations. However, the success in operations is only obtained when you have high accuracy and precision of GNSS signals. In this sense, taking into consideration that must be held constant monitoring of machines that travel under automatic direction and that the operations undertaken by them must be carried out with precision and accuracy, the objective was to evaluate the use of Statistical Process Control in monitoring accuracy and accuracy in peanut sowing operation with RTX sign and verify which the best multiple of standard deviation to be used in this type of process. The data were collected after sowing where there was the overlap of seeding maps designed to run then was calculated by the difference orthogonal tractor positioning errors. Then drew up control charts with the values obtained by varying the multiple of the standard deviation of the estimator 1, 2 and 3 σ , and also set up specific control limits based on accuracy that the signal supplier guarantees (3.8 cm). The use of 1 and 2 σ resulted in false alarm occurrence or type I error, however, when using the value 2 σ , these did not cause injury

in the interpretation of the analyst as they are above the specific control limit ($> 3 \sigma$). Control Charts were efficient in monitoring the accuracy and precision, especially when using multiple 2 in combination with the standard deviation. There was precision and not accuracy in peanut seeding with automatic routing with RTX signal.

KEYWORDS: Quality control, GNSS RTK

INTRODUÇÃO: A alteração da qualidade de um processo está ligada a interação de fatores conhecidos como 6M's (mão-de-obra, matéria-prima, métodos, medição, máquinas e meio-ambiente), o que leva este a ser considerado instável (ocorrência de erros), ou seja, erros que são inerentes ao processo, e que devem ser corrigidos (MONTGOMERY, 2009). Quanto aos erros de posicionamentos dos GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), Monico (2008) ressalta que podem ser sistemáticos ou aleatórios, os primeiros podem ser reduzidos e em alguns casos até eliminados por técnicas de observação, e os segundos são aqueles que não apresentam qualquer relação com as medidas, e são em geral a discrepância remanescente das observações, depois que os primeiros são eliminados/minimizados. Diante do exposto é possível fazer uma analogia entre os erros dos GNSS com os erros do Controle Estatístico de Processo (CEP), uma vez que os erros sistemáticos dos GNSS, podem corresponder, na óptica do CEP, aos erros provocados pelos fatores 6M's, o que leva a um processo instável, e os erros aleatórios, tanto dos GNSS quanto no CEP, são aqueles que fazem parte do processo e não convém a sua eliminação. Assim, é possível mensurar essa variação através das ferramentas do CEP, que tem como representante mais ativo as cartas de controle, essas, via de regra, contêm um gráfico que corresponde aos valores individuais amostrados em cada ponto; em que os limites de controle (LSC e LIC), geralmente, são calculados utilizando o valor de número três (3σ) em associação com o desvio-padrão (BARROS & MILAN, 2010). Nelas ainda, é possível de se estabelecer os limites específicos de controle (LSE e LIE), aqueles que se deseja alcançar durante o monitoramento de um processo. Essa analogia pode ser reforçada quando levamos em consideração que; a precisão se relaciona com a variação do valor, medido repetidamente sob mesmas condições experimentais, em torno do valor médio observado, e que à acurácia refere-se à exatidão da medida, ou seja, refere-se a quão próximo está o valor medido do valor real. Ainda mais que, a precisão é afetada somente pelos erros aleatórios no processo de medição, enquanto a acurácia é afetada pela precisão, bem como, pela existência de erros desconhecidos ou erros sistemáticos (CAPPELLI et al., 2006). Tão logo, fica claro que as ferramentas do CEP podem ser usadas no monitoramento da precisão e acurácia. Nesse sentido, considerando a estrutura das cartas de controle, e que elas podem ser eficientes nesse tipo de monitoramento, objetivou-se verificar a eficiência dessas no monitoramento da precisão e acurácia, com base nos erros de posicionamento de máquinas agrícolas utilizando sinal RTX, bem como qual o melhor múltiplo do desvio padrão 1, 2 ou 3 σ , para se empregar no processo de monitoramento.

MATERIAL E MÉTODOS: O monitoramento dos erros utilizados para avaliar a precisão e acurácia neste trabalho, foram provenientes da semeadura em uma área comercial de aproximadamente 50 alqueires destinados para produção de sementes de amendoim, localizada próximo às coordenadas geográficas 21°06'39" S e 48°14'09" O, com altitude e declividade média de 540 metros e 2,5%, respectivamente.

As cartas de controle foram confeccionadas após à operação de semeadura, a qual foi realizada mediante elaboração de um projeto em software CAD, levando em consideração a largura de trabalho da semeadora-adubadora, bem como o espaçamento da cultura, ficando as linhas para orientação do Piloto Automático espaçadas em 3,60 m (pois cada passada possui 4 linhas de semeadura de 0,90 m de espaçamento).

O conjunto mecanizado utilizado na operação foi um trator JD 6110J (110 cv) de potência no motor, e uma semeadora-adubadora PHT₄ Suprema. O trator encontrava-se equipado com antena modelo AG25 e monitor/processador modelo CFX750, para receber o sinal RTX *CenterPoint (Real Time eXtended)*.

Os erros foram mensurados após sobreposição dos mapas (projetado e executado) no programa Autocad®, por meio da diferença ortogonal entre as linhas previamente projetadas com as executadas pelo trator. A análise da precisão e acurácia no posicionamento, se deu conforme esquema apresentado na Figura 1.

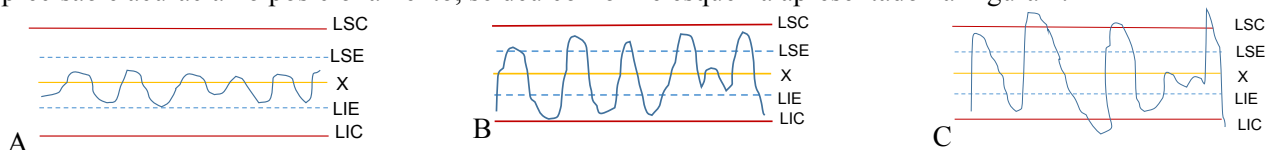


Figura 1. Representação esquemática das cartas de controle no monitoramento da precisão e acurácia: alta precisão e alta acurácia (A); Baixa precisão, mas com acurácia (B); sem precisão e sem acurácia (C)
Schematic representation of control charts in monitoring the accuracy and precision: high precision and high accuracy (A); Low accuracy, but accuracy (B); without precision and accuracy without (C)

LSC: Limite superior de controle. LSE: Limite superior específico. X: Média. LIE: Limite inferior específico. LIC: Limite inferior de controle.

A análise da variabilidade do processo foi monitorada por meio das ferramentas do controle estatístico de processo, optando por avaliar a eficiência no monitoramento com as cartas de controle de valores individuais, que foram calculadas e elaboradas utilizando-se da largura da faixa entre a média e os limites de controle (múltiplos do desvio padrão), com os valores 1, 2 e 3 σ . Além desses limites, foram estabelecidos os limites específicos de controle (LIE e LSE), que se referem à faixa do erro médio estipulado pelo fornecedor do sinal, em que esse deve trabalhar ($\pm 3,8$ cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A distribuição dos erros de posicionamento apresentados na figura 2, mostram que a variação no erro de posicionamento via satélite, tiveram influência na variação do múltiplo do desvio padrão, em que, sob a óptica do CEP, é possível notar a ocorrência de erros do tipo I (Figuras 2 A e B), que são aquelas observações que estão dentro dos limites e são consideradas como causas especiais, ou seja, alarme falso, o que leva a instabilidade no processo.

Na Figura 2A, a utilização do valor 1 em associação com o desvio padrão, deixou a análise com caráter muito rigoroso, uma vez que se observa pontos que podem ser considerados como alarme falso, tão logo, a análise da precisão e acurácia utilizando 1 σ (68% de probabilidade), pode induzir o analista a interpretação errada, pois, o mesmo irá considerar pontos que estão dentro dos limites aceitáveis como pontos provenientes de causas especial, e que merecem ser corrigidas. Para Zanini, (2006) a rigorosidade do teste em que se utiliza menores valores em associação com o desvio padrão proporcionam, a ocorrência de alarmes falsos, ou seja, indicando a instabilidade do processo quando somente há a existência de causas comuns ou aleatórias. Ao utilizar esse estimador de desvio padrão no monitoramento do erro de posicionamento do GNSS, obteve-se aproximadamente 40% de taxa de alarme falso, em um total de 50% dos pontos que estão fora de controle. Tão logo é inviável a sua utilização nesse tipo de monitoramento. Voltarelli (2015) também encontrou maior probabilidade de ocorrência de erros do tipo I, em todos os indicadores avaliados quando utilizou 1 σ como múltiplo do desvio padrão.

A ocorrência de alarmes falsos (erro Tipo I), ainda é observado quando se utiliza o múltiplo 2 σ , 95% de probabilidade, no entanto, é possível notar que existe uma redução de quando se utiliza o múltiplo 1 σ , de modo que apenas 5% dos erros nessa carta são considerados como alarme falso (Figura 2B). A utilização do estimador 2 para o desvio padrão no monitoramento da precisão e da acurácia, mostra-se promissor, pois, os pontos que são considerados como alarme falso (5%) estão acima do limite específico de controle, 0,038 m. Esses pontos se devem os erros dos GNSS, que segundo Monico (2008) esses podem ser decorrente de fontes como satélites, propagação do sinal e receptor/antena. Assim, as cartas de controle com múltiplo 2 em associação com o desvio padrão, podem ser usadas no monitoramento da acurácia e precisão sem que haja interferência na interpretação do analista, de modo que, quando identificado esses pontos fora de controle (causas especiais, na óptica do CEP) devem ser adotadas medida para correção e eliminação da fonte de erro proveniente do sinal, e conseqüentemente manter o posicionamento no campo dentro do estipulado. Hessler, Camargo e Dorion (2009) afirmam que é fundamental manter o monitoramento contínuo por meio do CEP, pois ele permite a detecção e a eliminação de toda ou quase todas as fontes de variação, e ainda, é possível obter a melhoria do processo como um todo, mantendo-o estável, com o objetivo de atender aos limites específicos estabelecidos, o que torna ainda mais interessante a utilização dessa ferramenta no monitoramento de sinais GNSS.

Ao observar a Figura 2C, em que se utiliza 3 vezes o desvio padrão como estimador da região de aceitação, é possível inferir que existe apenas a ocorrência de causas especiais, que neste caso, é dada pelos pontos em que o erro de posicionamento do GNSS foi maior que 0,048 m, valor do LSC. Ao utilizar esse estimador de desvio padrão nota-se que não existe a ocorrência de alarme falso, tão logo, os pontos considerados fora de controle são decorrentes da ação dos fatores 6M's.

Do ponto de vista técnico prático, não é recomendado a utilização desse estimador no monitoramento da precisão e acurácia, pois, exige uma maior atenção do analista ao interpretar as cartas de controle, uma vez que o

volume de dados plotados neste tipo de observação é grande e pode passar despercebido que o limite específico foi ultrapassado. Além disso, vale ressaltar que para os fornecedores de sinais via satélite é fundamental que este esteja dentro dos limites específicos (0,038m). Contudo, Voltarelli (2015) ressalta que para se tomar uma decisão mais eficaz no gerenciamento da operação, deve-se ter em mente a grandeza da mudança a ser diagnosticada pelos gráficos de controle, a rapidez com que se deseja realizar tal mudança e a forma de como monitorar o processo, sempre levando em consideração os custos, e se tais mudanças resultaram em melhorias ao processo.

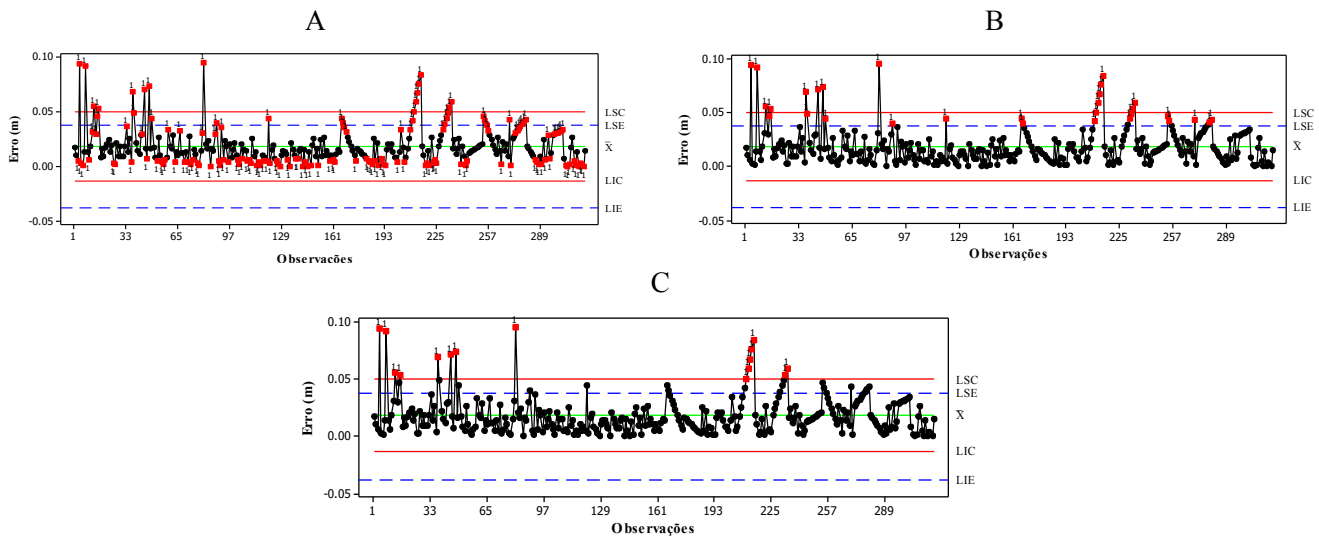


FIGURA 2. Cartas de controle no monitoramento da acurácia e precisão de acordo com o multiplicador do desvio padrão, 1σ (A); 2σ (B); e 3σ (C). **control charts in monitoring the accuracy and precision according to the standard deviation 1σ (A); 2σ (B); and 3σ (C).**

CONCLUSÃO: Não houve acurácia e precisão no posicionamento com sinal RTX na operação de semeadura de amendoim com base nos limites específicos de controle, contudo as cartas de controle foram eficientes no monitoramento da acurácia e precisão.

Recomenda-se a utilização do múltiplo 2 em associação com o desvio padrão para a construção das cartas de controle para este tipo de observação, principalmente pela sua eficiência em mostrar os erros que devem ser tomados providencia para melhoria do processo e conseqüentemente retomada no posicionamento pré-estabelecido.

REFERÊNCIAS:

- BARROS, F. F.; MILAN, M. Qualidade operacional do plantio de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 221-229, 2010.
- CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K.; SILVEIRA, A. C.; GARCIA, A. P. Desempenho comparativo entre receptores GPS **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 8, n. 1, p.63-77, 2006.
- HESSLER, C.V.; CAMARGO, M.E.; DORION, E. Application control charts for analysis of quality in industrial painting. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING 39., 2009, Troyes: **Proceedings...**, Troyes: IEEE Xplore, 2009. p. 1330-1334.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**, 2ª ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 754p.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC. p. 100 – 200, 2009.
- ZANINI, R. R. **Utilização dos gráficos de controle: uma aplicação na área de saúde**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- VOLTARELLI, M. A. **Ferramentas da qualidade na colheita mecanizada de cana-de-açúcar**. 2015. 131 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

USO DE SOFTWARE CAD COMO AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO NA SEMEADURA MECANIZADA DE AMENDOIM

ROUVERSON PEREIRA DA SILVA¹, GABRIEL GARCIA BLUMER², LÍGIA NEGRI CORRÊA³, ADÃO FELIPE DOS SANTOS⁴, LUIZ AUGUSTO DE S. NARDO⁵

¹ Engº Agrícola, Prof. Doutor, Dpto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP. Fone: (16) 3209 – 7283, rouverson@gmail.com

² Acadêmico de Engenharia Agrônoma, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

³ Engª Agrônoma, Dpto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

⁴ Engº Agrônomo, Mestrando, Dpto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

⁵ Cient. da Comp. MSc., Dpto. Engenharia Rural, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: Entre as operações a serem realizadas na cultura do amendoim, sem dúvidas, a semeadura é uma das mais importantes, podendo definir o sucesso ou fracasso da lavoura. Assim, o uso de softwares, em conjunto a um sistema de direcionamento automático, pode permitir a realização do planejamento da área e da estimativa de gastos na semeadura e nas operações subsequentes, contribuindo na implantação e na rentabilidade da cultura. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência do software AgroCAD[®] na análise de cenários para operação de semeadura de amendoim. O trabalho levou-se em consideração que a execução do cenário escolhido seria realizada por um trator John Deere, modelo 7815 com 148 kW (202 cv) de potência no motor, tracionando uma semeadora-adubadora. Para fins de comparação, gerou-se três cenários os quais foram avaliados levando-se em consideração, o comprimento médio das linhas, quantidade de manobras, bem como os tempos de manobra, de percurso e total para execução, além desses a eficiência de percurso. Após otimizado, com base na quantidade e comprimento de linhas o cenário 1 mostrou-se com menor número de linhas, porém essas com maior comprimento, o que conseqüentemente resultou em menor tempo para realizar as manobras quando comparado ao cenário 2 e 3. Quanto ao tempo total de execução notou-se maior redução para o cenário 3 de 2,7%. O cenário 1 mostrou-se mais eficiente para operação de semeadura de amendoim. O software deve ser usado para auxílio na tomada de decisões, com intuito de aumento da eficiência operacional.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência operacional, mecanização agrícola, tempo de manobra.

USE OF SOFTWARE CAD AS THE AID IN DECISION- MAKING MECHANICAL PEANUT SEEDING

ABSTRACT: Among the operations to be performed in the peanut crop, no doubt, sowing is one of the most important and can determine the success or failure of the crop. Thus, the use of software in conjunction with an automatic steering system can allow the completion of the planning area and estimated costs at planting and subsequent operations, contributing to the implementation and the profitability of the crop. In this sense, it aimed to evaluate the efficiency of software AgroCAD[®] analyzing scenarios for peanut sowing operation. The work took into account that the implementation of the chosen scenario would be performed by a John Deere tractor, model 7815 with 148 kW (202 hp) of power in the engine, pulling one seeder. For comparison purposes, it generated three scenarios which were evaluated taking into consideration the average length of lines, number of maneuvers, as well as the switching times, the route and total for execution, in addition to these the route efficiency. Once optimized, based on the number and length of lines scenario 1 shown with fewer lines, but these more long, which consequently resulted in less time for performing operations when compared to the scenario 2 and 3. The total run time was noted further reduction for scenario 3 of 2.7%. Scenario 1 was more efficient for peanut sowing operation. The software should be used to aid in decision making, in order to increase operational efficiency.

KEYWORDS: Operational efficiency, agricultural mechanization, operating time.

INTRODUÇÃO: O sucesso produtivo de qualquer cultura começa sem dúvidas na operação de semeadura, essa deve ser realizada com rapidez, eficiência e sobretudo economia (FURLANI et al., 2006). Contudo para que esses índices sejam alcançados, é fundamental o aperfeiçoamento do desempenho do conjunto mecanizado, trator-semeadora, a ser utilizado na operação (TOLEDO et al., 2009). Vale ressaltar que o objetivo a ser alcançado na semeadura depende de uma junção de fatores, que podem aumentar ou diminuir a capacidade operacional do conjunto mecanizado. Segundo Souza e Silva (2004), a eficiência de máquinas no campo, podem ser influenciadas por fatores como formato e área dos talhões, técnicas de manobras nas cabeceiras e padrões de percurso. Todavia a eficiência da operação se tornaria mais elevada caso não fosse necessário a realização de manobras de cabeceira, porém, para isso, seria necessária uma condição inviável de ser obtida no campo. Entretanto, a utilização de software que proporcionam um menor tempo e menor movimento podem melhorar a eficiência de campo, uma vez que o produtor pode optar por cenários em que as máquinas fiquem menos ociosas durante a operação em que estão desenvolvendo. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência do software AgroCAD[®], como auxílio à semeadura mecanizada de amendoim, realizada com sistema de direcionamento automático sinal RTK.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado na fazenda Brasil, localizada no município de Orindiuva – SP, próximo às coordenadas geodésicas 23°13'03,14" S e 49°26'14,65" W. A semeadura foi realizada utilizando um trator John Deere, modelo 7815, 148 kW (202 cv) de potência no motor, tração 4x2 TDA; equipado com receptor GPS, monitor GS3, sistema de correção RTK, e piloto automático. O trator deslocou-se à velocidade média de 7,0 km h⁻¹. A semeadora-adubadora de precisão utilizada foi da Tatu Marchesan, modelo Cop Suprema, com seis linhas de semeadura.

Inicialmente, com o trator, percorreu-se o perímetro do talhão e fez-se o levantamento das coordenadas das curvas de nível para criação das linhas de semeadura, em seguida foram plotadas no software AgroCAD[®]. A partir das curvas de nível mapeados em campo, desenhou-se através do software, linhas paralelas com espaçamento de 5,4 metros, compatíveis com a configuração da semeadora (6 fileiras espaçadas em 0,9 m). Posteriormente, foi realizada uma análise das fileiras de semeadura, com objetivo de verificar qual a melhor forma de distribuição das fileiras dentro do talhão, utilizando-se, como critério, a análise de curvas em nível mortas (matação), melhor capacidade de campo operacional e otimização de manobras. Assim, foram criados três cenários com as linhas planejadas de forma distinta entre eles. Para cada cenário, pode-se ainda comparar duas condições de planejamento: sem otimização, e com otimização, condição essa, na qual o software verifica as possibilidades de junção de linhas planejadas de talhões próximos, utilizando como critérios a máxima distância entre nós (pontos) e o ângulo máximo permitido pelo piloto automático. Para esta análise foram considerados os valores de 25 metros de distância entre nós e 10° para angulação máxima. Assim, foram utilizados como parâmetro para comparação entre três cenários, as variáveis: comprimento médio das linhas, quantidade de manobras, tempo de manobra, tempo de percurso, tempo total para execução e eficiência de percurso. Após a realização das análises das variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Comparando-se a variável quantidade de linhas sem otimização com a quantidade de linha após a otimização, observa-se que, para o cenário 1 (Figura 1), há redução de 7,2% de linhas de 0 a 200 metros; de 15,3% para linhas com comprimento entre 200,1 e 400 metros; e, aumento de 7,3% na quantidade de linhas com comprimento superior a 800 metros. Já para o cenário 2, quando comparadas as situações, nota-se a diminuição de 5,4% (linhas de 0 a 200 metros), e de 12,1% para linhas de 200,1 a 400 metros, e ainda, aumento de 4,9% nas linhas com comprimentos maiores que 800 metros. No cenário 3 figura 1, ocorre decréscimo de 15,7% e de 10% para linhas de 0 a 200 metros e de 200,1 a 400 metros, respectivamente, enquanto que, para comprimentos maiores que 800 metros, observa-se o aumento de 7,2% quando da otimização do cenário. Portanto, é possível observar que com a otimização das linhas de semeadura, em todos os cenários, tem-se, como esperado, a redução na quantidade de linhas curtas e aumento de linhas de comprimentos longos. Isso acontece porque, com a otimização das linhas, o software verifica a possibilidade de junção de linhas próximas, o que resulta também em uma diminuição da distância percorrida para linhas menores, e conseqüentemente aumento da distância percorrida para linhas maiores.

A análise dos cenários, para a variável quantidade de linhas, aponta para a utilização dos cenários 1 ou 3 otimizados, pois, os mesmos apresentam maior redução de linhas com comprimento de até 400 m e também maior aumento de linhas de maior comprimento em relação ao cenário 2. No entanto, no cenário 1 constata-se o menor número total de linhas, com 330 linhas, característica desejável nas operações agrícolas, pois acarretaria em menor número de manobras.

Ainda na Figura 1, a variável quantidade de manobras, apresenta-se em todos os cenários, redução após a otimização das linhas de semeadura, sendo que essa redução foi de 5,5%, 5,4% e 9,4% para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente.

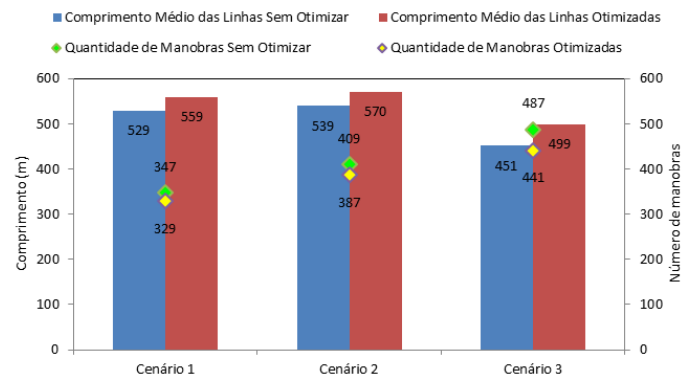


FIGURA 1. Comprimento médio das linhas e quantificação de manobras dos cenários 1, 2 e 3. **Average length of the lines and quantifying maneuvers of Scenarios 1, 2 and 3.**

Analisando-se o tempo gasto em manobras (FIGURA 212), como esperado, observa-se que, houve redução do tempo após a otimização das linhas de semeadura. Nos cenários 1, 2 e 3 essa redução foi de 5,2%, 5,4% e 9,5%, respectivamente. Em contrapartida, em relação ao tempo de percurso, os três cenários não apresentaram diferenças consideráveis após a otimização das linhas de semeadura.

No que se refere ao tempo total de execução (Figura 2), houve redução após a otimização das linhas de semeadura, sendo essa redução de 1,3% para o cenário 1; de 1,4% para o cenário 2 e de 2,7% para o cenário 3. Essa redução do tempo gasto em manobras e do tempo total de execução, após a otimização, já era esperada, uma vez que essa função do software tem como objetivo a junção de linhas que estejam próximas, e, conseqüentemente, menor número de manobras. Com isso, assim como descrito por Checín et al. (2010), para realização de determinada operação mecanizada, ocorrerão perdas de tempo, que podem ser controláveis, passíveis de serem reduzidas por meio da racionalização e controle da atividade realizada, ou incontroláveis — influenciadas por fatores climáticos, pessoais e sistemas mecanizados. Vale ressaltar ainda que, segundo Chiavenato (2003), o estudo dos tempos e movimentos é instrumento básico para a otimização das operações mecanizadas, obtendo-se melhor execução e maior economia com a subdivisão de todos os movimentos realizados.

Quanto a eficiência do percurso, ainda na Figura 2, após otimização, o cenário 2 apresenta a maior eficiência (74%), seguidos dos cenários 1 e 3, que apresentam eficiências de 73% e 70%, respectivamente. Não obstante, constata-se que a diferença de eficiência de percurso foi mínima entre os três cenários analisados e podem ser consideradas como adequadas para operação de semeadura de amendoim. Souza e Silva (2004) afirmam que, dentre outros fatores, a eficiência das operações agrícolas é afetada pelo nível de aproveitamento da capacidade das máquinas, formas de manuseio, técnicas de manobra de cabeceira e os padrões de percurso. Neste sentido, Balastreire (1990) afirma que para operações de semeadura a eficiência de campo situa-se entre 50 e 85%. Desta forma, a eficiência de percurso encontrada nos três cenários conduz para uma excelente eficiência de campo, desde que não ocorram problemas que venham interferir na capacidade de trabalho ou de campo de máquinas agrícolas. Esses fatores, assim como descrito por Silveira et al. (2006), são: velocidade de deslocamento, largura de trabalho da máquina, tempo de locomoção até a área a ser trabalhada, tempo de manobras, entre outros.

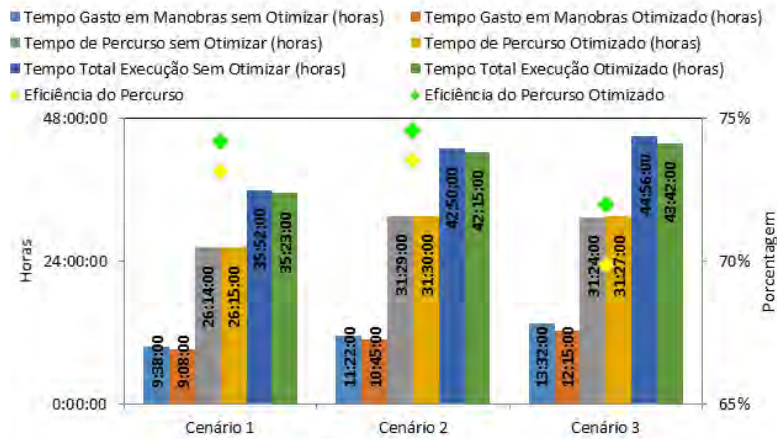


FIGURA 21. Eficiência do percurso, tempo total de execução, de percurso e de manobra dos cenários 1, 2 e 3. **Route efficiency, the total execution time, path and maneuver the scenarios 1, 2 and 3.**

CONCLUSÃO: A otimização de talhões para semeadura de amendoim com o software mostra-se ser uma ferramenta útil no aumento da eficiência de campo. O cenário 1 mostrou ser o mais propício para a semeadura de amendoim, com a melhor eficiência.

REFERÊNCIAS:

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 650 p.

SOUZA e SILVA, S. S. **Logística aplicada a colheita mecanizada de cereais**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N.; ZANETTI, L. A. **Avaliação do desempenho de uma semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e carga no depósito de adubo**. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 4, p. 268-275, 2006.

CECHIN, N. F. **Análise da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e dos equipamentos utilizados no corte raso de povoamentos florestais na região do Planalto norte de Santa Catarina**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 205 p.

SILVEIRA, G. M.; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-2245, 2006.

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A. Desempenho de trator agrícola atuando com 5% de biodiesel em operação de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 3, p. 205-2014. 2009.

SENSORIAMENTO REMOTO E PROXIMAL COMO FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DE ATRIBUTOS DO SOLO COM REDUÇÃO DE AMOSTRAGEM EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

RAFAELLA PIRONATO AMARO ¹, JULYANE VIEIRA FONTENELLI ², PAULO S. GRAZIANO MAGALHÃES ³

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (XX19)34294165, rafaella.amaro@feagri.unicamp.br

² Eng^a Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI, UNICAMP, Campinas – SP.

³ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, FEAGRI, UNICAMP

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: A gestão localizada das áreas produtivas, a qual é o preceito básico da agricultura de precisão, é essencial para o aumento da produtividade das culturas. Neste contexto, o sensoriamento remoto e proximal surgem como importantes técnicas, para a determinação de propriedades do solo, em escala adequada ao manejo agrícola, possibilitando avaliações mais rápidas e menos onerosas no estudo dos solos. Para isso foi determinado zonas homogêneas de solo, através de imagens de satélite, espectrometria e amostragem em campo, que ao serem comparadas resultaram dados semelhantes, confirmando o auxílio que estas ferramentas possuem para a amostragem direcionada.

PALAVRAS-CHAVE: amostragem direcionada, zonas homogêneas, espectroscopia de solo.

REMOTE SENSING AND PROXIMAL AS A TOOL FOR SOIL ATTRIBUTES ESTIMATE WITH REDUCED SAMPLING IN CULTIVATED AREA WITH CANE SUGAR

ABSTRACT: The localized management of productive areas, which is the basic principle of precision agriculture is essential for increasing crop productivity. In this context, remote and proximal sensing emerge as important techniques for determining soil properties, on an adequate scale to agricultural management, enabling faster and less costly evaluations in the soil survey. For this, soil homogeneous areas were determined using satellite imagery, spectrometry and field sampling, which resulted in similar information when compared, confirming the capability of using these tools to directing soil sampling.

KEYWORDS: directed sampling, homogeneous areas, soil spectroscopy

INTRODUÇÃO:

Com o advento do conceito de que as lavouras não são uniformes no espaço e no tempo nasce o que conhecemos como da agricultura de precisão (AP). Para gerenciar esta variabilidade surge a necessidade de mapear os atributos de solo que pode ser realizado através de sensoriamento orbital (imagens de satélite), terrestre (radiômetros, entre outros métodos e sensores) ou ainda através da amostragem em campo. No sensoriamento, faz-se necessário a medição da energia emitida pelos objetos. Essa energia pode ser medida através do contato direto, ou ainda remotamente. O contato direto embora mais preciso, não abrange grandes extensões, já no sensoriamento remoto essa condição é satisfeita em quesito extensão e facilidade, que é de grande interesse para a agricultura. A amostragem em campo consiste em coletar amostras de solo, das quais serão obtidas as variabilidades químicas e físicas, em laboratório. Para que esta variabilidade seja representada verdadeiramente deve-se utilizar uma alta densidade amostral em campo, com o objetivo de suporte ao produtor, é indispensável obter o maior número de características de um talhão (ZAMYKAL; EVERINGHAM, 2009), o que encarece o mapeamento e desestimula o produtor a utilização da tecnologia de AP. Desta forma, fica evidente a necessidade

de desenvolver uma metodologia, que possa reduzir os custos com a amostragem sem perder a precisão do mapa para grandes extensões, ou seja, unir o sensoriamento remoto e a amostragem em campo. Assim, objetivou-se determinar zonas homogêneas de manejo de solo utilizando imagens de satélite e espectrometria de refletância difusa (ERD) como informações secundárias para a determinação dos pontos de amostragem, determinando assim, os atributos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS:

Para a realização desta pesquisa foi necessário a obtenção de informações espectrais da área de estudo localizada na Usina Santa Fé, município de Tabatinga, situada na região central do Estado de São Paulo, Brasil, correspondendo a um total de 100 hectares (Figura 1).

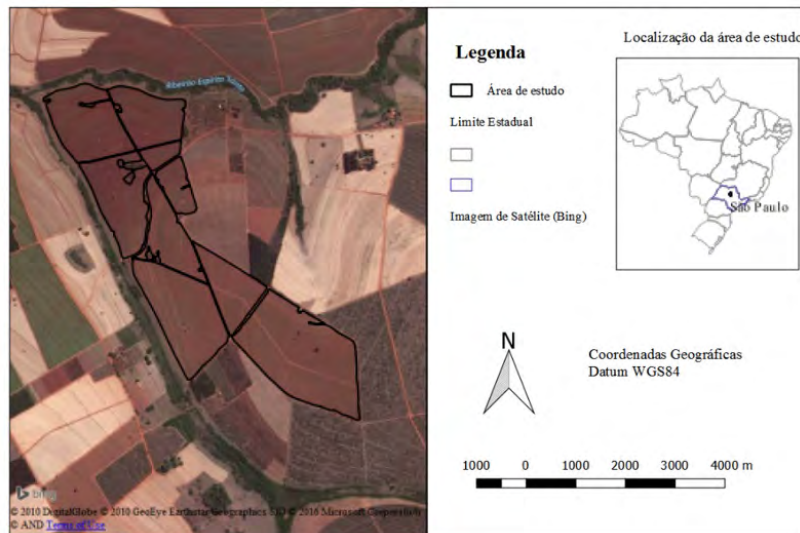


FIGURA 1: Área de estudo.

As informações espectrais foram obtidas utilizando um espectrômetro comercial FieldSpec 4 (Analytical Spectral Devices, Inc., ASD. Boulder, Colorado, USA), nos comprimentos de onda de 350 a 2.500 nm, com 3 replicatas para cada amostra. Além disso foram obtidas imagens de satélite Landsat 8, nas bandas multiespectrais do 430 a 2290 nm (sensor OLI embarcado no satélite), adquiridas no catálogo de imagens da NASA (National Aeronautics and Space Administration), correspondentes a órbita ponto de 221/75, com resolução espacial de 30 m, referente a 19/07/2015; 04/08/2015; 20/08/2015; 21/09/2015; 07/10/2015 e 08/11/2015. Essas imagens passaram por calibração radiométrica e correção atmosférica. Após, elaborou-se a composição colorida das imagens usando as bandas RGB 654, com a finalidade de identificar se a correção de fato estava correta. As zonas homogêneas foram delimitadas por meio da PCA (Principal Component Analysis) dos dados de ERD. Além da delimitação de classes, através da classificação não supervisionada da imagem de satélite, pelos algoritmos K-means e ISODATA. Assim como a interpolação dos dados obtidos em laboratório. Para possibilitar o estudo das áreas de solo exposto, foi necessário a aquisição de imagens no período de reforma do canal, porém como a data de plantio diverge entre os campos estudados, a imagem em estudo refere-se ao período de reforma do canal do campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Ao emitir a energia para o espectro medimos a refletância proporcionada pelas 34 amostras, que deve ser convertida para absorbância, já que inversamente proporcionais, sendo a absorbância de maior interesse, pois suas características demonstram mais visivelmente o comportamento dos alvos, Figura 2. O menor nível de absorbância (500 a 2200 nm) obtido, indica que o solo contém mais areia do que argila, logo as curvas em vermelho (curvas superiores) indicam as amostras com maior quantidade de argila, pois retêm mais água e absorvem maior quantidade de energia que chega até a amostra de solo.

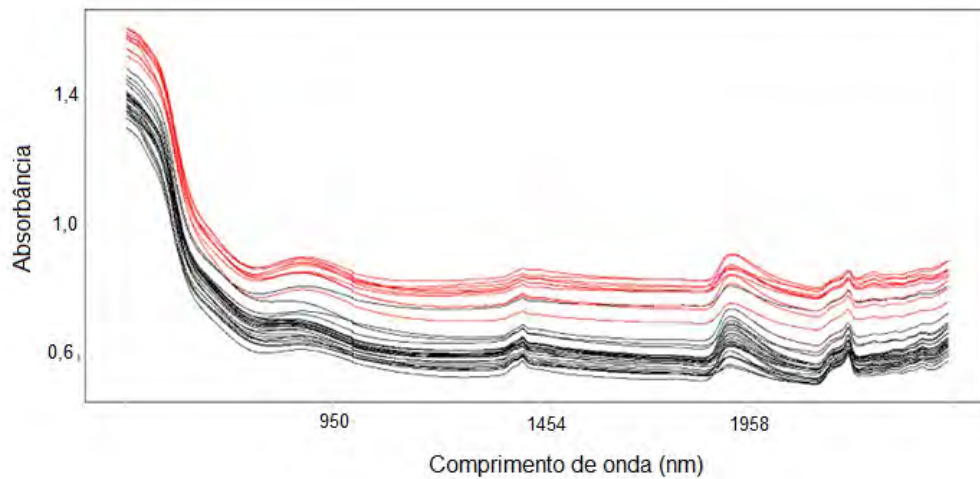


FIGURA 2. Curvas espectrais das amostras de solo.

Pelo método da PCA, obtêm-se os scores (variáveis) e loadings (amostragens) (Figuras 3 e 4). Ao analisar a Figura 3 observa-se que o eixo da componente principal 1 e o eixo da componente principal 2 estão formando dois grupos com uma divisão bem definida, o que indica a separação das zonas homogêneas, coincidindo com a divisão da imagem de satélite e do mapa de argila (Figura 5). No gráfico de comprimento de onda x loadings (Figura 4) os picos positivos e negativos indicam os valores máximos para os dois grupos de zonas homogêneas, ou seja, o valor com maior influência sobre a amostragem. Os pontos de 1 a 10 definem uma região homogênea, confirmada pela análise de laboratório como sendo de maior teor de argila (Figura 5). Ao realizarmos a classificação não supervisionada pelo método K-means e ISODATA, obtivemos o mapa imagem de satélite (Figura 5), mostrando duas classes. A interpolação por Krigagem Ordinária (KO) com os resultados obtidos a partir das análises de laboratório para as 34 amostras, permitiram obter o mapa temático de textura (Figura 5). Ao compararmos a imagem de satélite, a amostragem direcionada (interpolação) e a PCA, observa-se que o resultado para todas são duas zonas homogêneas coincidentes.

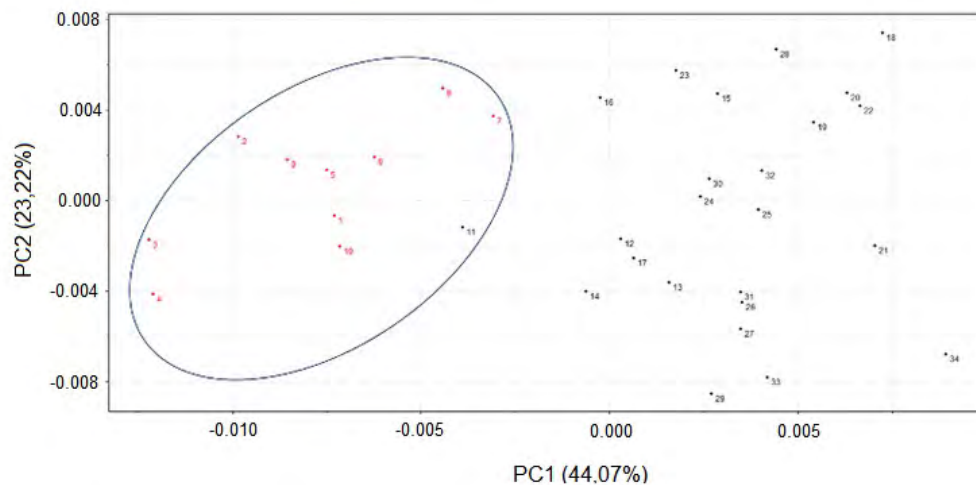


FIGURA 3. Scores obtido pela PCA.

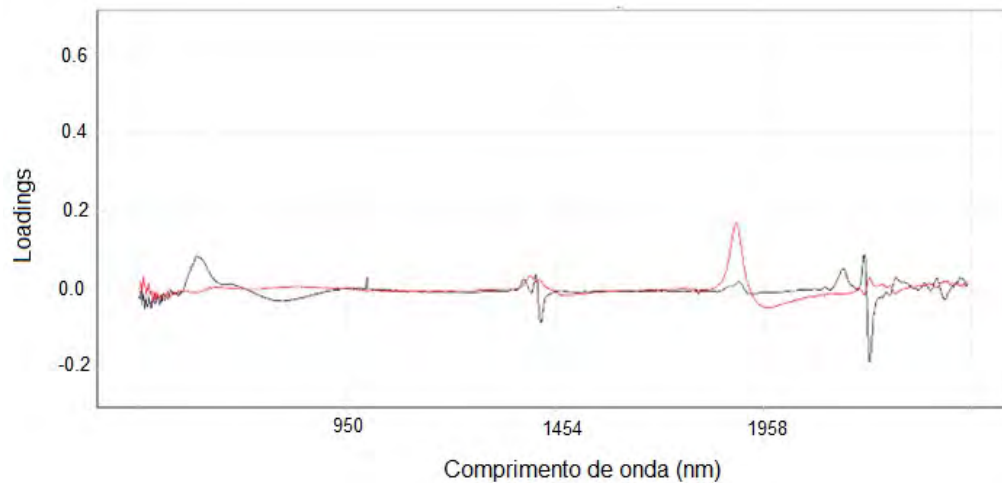


FIGURA 4. Pesos obtidos pela PCA.

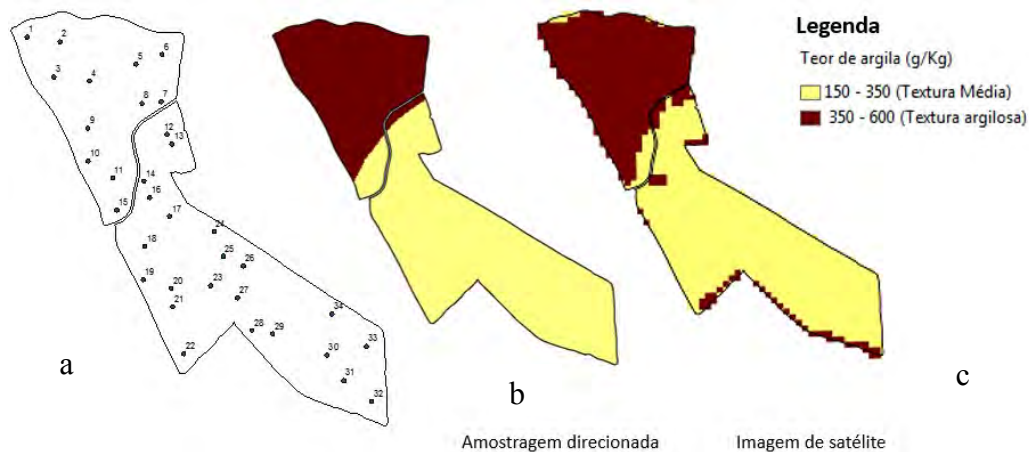


FIGURA 5. Pontos amostrais georeferenciados (a) Mapas de zonas homogêneas, obtidos através da espectroscopia (b) e por análise da imagem de satélite (c).

CONCLUSÃO:

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e proximal possibilitou a delimitação de zonas homogêneas utilizando os algoritmos K-means e IsoData, além da PCA comprovando seu auxílio para o direcionamento das amostragens de solo.

AGRADECIMENTOS:

Agradecimento ao CNPq pela bolsa de IC, a FAPESP (Processo 2013/50942-2) e a Usina Santa Fé, pelo apoio a pesquisa e à infraestrutura fornecida para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS:

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão: Situação atual e perspectivas. *Milho: Estratégias de Manejo para Alta Produtividade*, p. 89–98, 2003.

ZAMYKAL, D., EVERINGHAM, Y.L., 2009. Sugarcane and Precision Agriculture: Quantifying Variability Is Only Half the Story – A Review, in: Lichtfouse, E. (Ed.), *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 189–218. doi:10.1007/978-90-481-2716-0.

COMPARATIVO SOBRE A VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

EDINEI MANARIN¹, CARLOS HENRIQUE AUGUSTO², GUSTAVO DI CHIACCHIO FAULIN³

¹ Tecnólogo em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, Fone: (14) 997334958, e.manarin@hotmail.com

² Coordenador de Agricultura de Precisão, Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

³ Engº Agrônomo, Docente do curso de Mecanização em Agricultura de Precisão, Fatec “Shunji Nishimura” de Pompeia, Pompeia – SP.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Este trabalho teve o intuito de comparar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em diferentes profundidades em um solo arenoso para cultivo convencional de amendoim e milho safrinha no município de Rancharia - SP. Foram retiradas amostras em uma grade regular de 1 ha, em uma área de 20 ha, nas profundidades de 0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m e 0 a 0,20 m para a determinação dos teores de pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação de bases (V). Mesmo sendo um sistema de plantio convencional, onde se é realizado a homogeneização da camada arável, a camada superior (0-10 cm) apresentou maior homogeneidade na distribuição no valor destes atributos em relação à camada inferior (10-20 cm). Sendo assim, a amostragem apenas nesta camada, não seria representativa para a determinação de variabilidade espacial dos atributos do solo na camada arável (0-20 cm).

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade espacial, Análise comparativa.

COMPARATIVE ABOUT THE SPACIAL VARIABILITY SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN DIFFERENTS DEPTHS

ABSTRACT: This paper had the intention to compare the spacial variability of the chemical attributes in different depths of sandy soil for conventional peanuts tillage system with corn as a second crop in the city of Rancharia (SP). Samples were collected in a rectangular grid of 1 ha, in an area of 20 ha, from a depth of 0 to 0.10 m, 0.10 to 0.20 m and 0 to 0,20 m in order to determine the content of pH, organic matter (OM), Phosphor (P), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Potassium (K), Aluminum (Al), cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V). Even though it was a traditional planting system, where the homogenization of arable layer is performed, the higher layer (0 to 0.10 m) indicated larger homogeneous distribution in the value of these attributes relative to the lower layer (0.10 to 0.20). Therefore, sampling only this layer, would not be representative to determine the spacial variability of the soil attributes for the arable layer (0 to 0.20 m).

KEYWORDS: Spacial variability, comparative analysis.

INTRODUÇÃO: Conforme Walker et al., (2001) quando medida e registrada, a variabilidade espacial dos atributos químicos podem nos auxiliar com informações que facilitam nas aplicações dos fertilizantes em quantidades adequadas, aumentando a produtividade das culturas e diminuindo os problemas ambientais gerados. Para a determinação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, a quantidade de amostras é um fator muito importante, assim como a distância entre elas. A variabilidade do solo pode influenciar diversos parâmetros, como a disponibilidade de nutrientes, o suprimento de água e as condições relacionadas ao crescimento das raízes das plantas. Segundo Teixeira, et al. (2011), a disponibilidade de nutrientes e o condicionamento do solo são fatores que interferem no ganho de eficiência dos fertilizantes e influenciam na qualidade e quantidade, indicando alta correlação entre eles. Para representar o relacionamento que existem entre

as amostras e sua força de relação, analisam-se os coeficientes de correlações dos dados. Garson (2009) afirma que correlação “é uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis”. O coeficiente de correlação é determinado como uma estatística utilizada para medir a força, a intensidade ou o grau de relação linear entre duas variáveis aleatórias (Stevenson, 2001; Bunchaft & Kellner, 2002; Barbetta et al., 2004). Dancy e Reidy (2005) apontam para uma classificação ligeiramente diferente: $r = 0,10$ até $0,30$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte), segundo Schield (1995), raramente pode-se concluir quem varia em função de quem, mas pode-se dizer que há semelhanças entre a distribuição dos escores das variáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo entre as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 0-20 cm em uma grade amostral regular com densidade de 1 ha e determinar se há diferença significativa nos atributos do solo nas amostragens realizadas em diferentes profundidades.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda RN, município de Rancharia, SP, nas coordenadas médias, $22^{\circ} 12' 8,06''$ S e $50^{\circ} 56' 40,28''$ O e altitude média de 488 metros, cuja área total é de 471 ha, sendo que a parte em estudo compreende 20 ha. Com solo de textura arenosa, sob o cultivo de amendoim e de milho safrinha, onde seus tratos culturais baseiam-se na seguinte sequência: gradagem, subsolagem, gradagem, nivelamento, plantio convencional de amendoim e plantio direto de milho safrinha. A amostragem de solo das áreas foi realizada com densidade de 1 amostra composta por 5 subamostras na densidade de 1 ha nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 0-20 cm, seguindo as recomendações do Boletim Técnico de Agricultura de Precisão (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, Mapa/ACS, 2013). Com os resultados obtidos, os dados foram colocados em uma planilha de Excel e depois com auxílio do software ArcMap 10.1, foi realizado a interpolação dos pontos, utilizando o método IDW, para estudo comparativo entre as características de cada camada. Utilizando-se o software Excel 2007 foram estabelecidos os Coeficiente de Correlação de Pearson para os atributos químicos do solo nas três profundidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A correlação entre as diferentes profundidades foram calculadas utilizando a correlação de Pearson (Tabela 1).

TABELA 1. Coeficiente de Correlação de Pearson para os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 0,10 m com 0,10 a 0,20 m e 0 a 0,20 m. **Pearson correlation coefficient for the chemical attributes of the soil at 0 to 0,10 m of depth with 0.10 to 0.20 m and 0 to 0.20 m.**

	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%
Profundidades	0 a 0,2 m											
0 a 0,1m	0,84***	0,84***	0,42**	0,35**	0,77***	0,79***	0,67***	0,53**	0,53**	0,75***	0,68***	0,76***
0,1 a 0,2 m	0,91***	0,92***	0,34**	0,38**	0,70***	0,80***	0,48**	0,78***	0,71***	0,72***	0,54**	0,87***

Segundo a classificação de Dancy e Reidy (2005): * Fraco (0 a 0,30), ** Moderado (0,31 a 0,60) e *** Forte (0,61 a 1,00).

A maioria dos valores do coeficiente de correlação ficaram acima de 0,50 e abaixo de 0,90. De acordo com a classificação de Dancy e Reidy (2005), indicam uma correlação de moderada a forte, indicando que as camadas são semelhantes entre elas. O teor de matéria orgânica na camada superficial (0 a 0,10 m) do solo apresentou fraca correlação com a camada total arável (0 a 0,20 m) devido a sua característica de concentrar-se na camada superficial do solo. O teor de alumínio apresentou forte correlação somente entre as camadas de 0,10 a 0,20 m, provavelmente devido à aplicação de corretivo e gesso que eleva o pH da camada superficial precipitando o alumínio dessa camada. GOMES (1990), tendo em vista os valores obtidos em ensaios agrícolas, classificou os coeficientes de variação (CV) como baixos, quando inferiores a 10%; médios, quando entre 10 e 20%; altos, quando entre 20 e 30%; e muito altos, quando superiores a 30%. A Tabela 2 apresenta o coeficiente de variação das amostras para as camadas no perfil horizontal do solo.

TABELA 2. Coeficiente de Variação entre as amostras nas três profundidades. **Coefficient of variation between samples from three different depths.**

Profundidades	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V%
0 a 0,1 m	4,7*	3,7*	23,2 ^ε	48,2 ^ε	42,6 ^ε	18,8 ⁺	35,1 ^ε	317,9 ^ε	7,6*	21,3 ^ε	11,5 ⁺	10,0 ⁺
0,1 a 0,2 m	7,1*	5,5*	31,5 ^ε	60,6 ^ε	53,8 ^ε	32,2 ^ε	69,3 ^ε	140,3 ^ε	11,1 ⁺	40,3 ^ε	20,7 ^ε	16,80 ⁺
0 a 0,2 m	6,4*	5,1*	23,1 ^ε	45,8 ^ε	48,9 ^ε	17,3 ⁺	33,1 ^ε	157,2 ^ε	10,4 ⁺	19,2 ⁺	9,7*	11,5 ⁺

Segundo a classificação de Gomes (1990): * Baixo (CV < 10%), + Médio (CV ≥ 10 e CV < 20), ^ε Alto (CV ≥ 20 e CV < 30) e ^ε Muito Alto (CV ≥ 30)

Para os atributos MO, P, K, Ca, Mg, SB e V%, a camada superior de 0 a 0,1 m apresentou menor coeficiente de variação em relação à camada inferior de 0,1 a 0,2 m, ou seja, a camada superior apresentou maior homogeneidade. Sendo assim, a amostragem apenas nesta camada, por exemplo, para determinação da variabilidade espacial destes atributos na camada arável, não seria representativa. Já para o teor de alumínio, o coeficiente de variação de todas as camadas se apresentou um CV muito alto, isto devido ao baixo teor apresentado nessas camadas como resultado da correção do solo.

CONCLUSÃO: Mesmo sendo um sistema de plantio convencional, onde é realizado a homogeneização da camada arável, a camada superior de 0 a 0,1 m apresentou maior homogeneidade na distribuição no valor destes atributos em relação à camada inferior de 0,1 a 0,2 m. Sendo assim, a amostragem apenas nesta camada, não seria representativa para a determinação de variabilidade espacial dos atributos do solo na camada arável de 0 a 0,2 m.

Grande parte dos dados analisados como pH, K, Ca, Mg, Al, V, CTC, apresentou alto coeficiente de correlação destes atributos entre a camada superior (0 a 0,1 m) e inferior (0 a 0,2 m) no mesmo ponto amostrado. No caso de K, Ca e Mg, isto se justifica pela alta mobilidade que estes nutrientes apresentam. Já o teor de MO e P apresentaram baixa correlação entre as diferentes profundidades, provavelmente pelo fato do P ser pouco móvel e a MO se concentrar na camada superficial.

AGRADECIMENTOS: Fatec “Shunji Nishimura” de Pompeia pelo apoio juntamente com o laboratório de solos, aos proprietários da Fazenda RN, Romildo Contelli e Nilson Contelli que gentilmente disponibilizaram a propriedade para a elaboração deste trabalho e seu consultor Rodolfo Pires.

REFERÊNCIAS:

- BARBETTA, P.A.; REIS, M.M.; BORNIA, A.C. **Estatística para cursos de engenharia e informática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004. 410p.
- BUNCHAFT, G.; KELLNER, S.R. de O. **Estatística sem mistérios**. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2002. v.2, 303p.
- DANCEY, C.P.; REIDY, J. 2006. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed.
- GARSON, G. DAVID. (2009), **Statnotes: Topics in Multivariate Analysis**. Disponível em: <<http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>>. Acesso em: 28 out. 2015.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467p.
- SCHIELD, Milo. (1995), **“Correlation, Determination And Causality In Introductory Statistics”**. American Statistical Association, Section on Statistical Education.
- STEVENSON, W.J. **Estatística aplicada à administração**. São Paulo: Harbra, 2001. 495p.
- TEIXEIRA, L.A.J.; QUAGGIO, J.A.; MELLIS, E.V. **Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.33, n.1, p.272-278, 2011.
- WALKER, A.; JURADO-EXPOSITO, M.; BENDING, G.D.; SMITH, V.J.R. **Spatial variability in the degradation rate of isoproturon in soil**. Environmental Pollution, v. 111, n. 3, 2001, p. 407-415.

CLASSES DE NDVI COMO FERRAMENTA PARA RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO EM MILHO

**CHRISTIAN BREDEMEIER¹, ANDRÉ LUIS VIAN², CECÍLIA PAZ GIORDANOS DA SILVA¹,
MAICON ANDREO DRUM³, JHONATAN ALVES DA SILVA³,**

¹ Eng^o Agrônomo, Professor Adjunto, Depto. Plantas de Lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS, Fone: (51) 3308-6572, bredemeier@ufrgs.br

² Eng^o Agrônomo (a), Doutorando em Fitotecnia, Depto. Plantas de Lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS

³ Aluno de graduação em agronomia, Depto. Plantas de Lavoura, UFRGS, Porto Alegre – RS.

*Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016*

RESUMO: As doses de N recomendadas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul (RS) baseiam-se no teor de matéria orgânica do solo, na cultura antecessora e na expectativa de rendimento. O objetivo foi determinar os limites críticos do NDVI utilizando sensor óptico ativo de vegetação para determinação de classes de potencial produtivo da cultura do milho em diferentes estádios fenológicos. O trabalho foi conduzido na safra 2013/2014 na EEA/UFRGS. Os tratamentos constaram de quatro densidades populacionais (4, 6, 8 e 10 plantas/m²). Para definição dos limites críticos do NDVI foram adaptadas as classes utilizadas nos trabalhos desenvolvidos por Molin (2002) e Santi *et al.* (2012). Com a utilização do NDVI para estimativa de classes de potencial produtivo da cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento, a expectativa de rendimento de grãos pode ser ajustada em cada estágio fenológico, o que confere um melhor manejo nutricional quando comparado ao método tradicional de aplicação em taxa fixa. A relação que o NDVI apresenta com a produtividade de grãos é o ponto chave para que a produção nas zonas de diferentes potenciais produtivos sejam maximizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Taxa variável, população de plantas.

NDVI CLASSES AS A TOOL FOR TOPDRESSING NITROGEN RECOMMENDATION IN CORN

ABSTRACT: Nitrogen rates recommended for corn in southern Brazil are based on soil organic matter content, previous crop and expected yield. The objective was to determine critical limits and yield potential classes of normalized difference vegetation index (NDVI) measured by an active vegetation sensor at different growth stages. Field experiment was carried out in 2013/2014. Treatments consisted of different plant populations (4, 6, 8, and 10 plants/m²). For the definition of critical limits, classes proposed by Molin (2002) and Santi *et al.* (2012) were used. By using NDVI classes for estimating yield potential in different growth stages, expected yield can be adjusted during plant development, improving nitrogen management. The relationship between NDVI and grain yield is the key factor to maximize grain productivity in zones with different yield potentials.

KEYWORDS: variable rate, plant population.

INTRODUÇÃO: As doses de N recomendadas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul (RS) baseiam-se no teor de matéria orgânica do solo, na cultura antecessora e na expectativa de rendimento. Desta forma, são definidas as doses de N a serem aplicadas na semeadura e em cobertura, nos estádios de quatro a oito folhas completamente expandidas (Reunião, 2013). Entretanto, em muitas

situações a aplicação de N em cobertura apresenta baixa eficiência, em função do desconhecimento da demanda real das plantas em relação a este nutriente no momento da aplicação (Poletto, 2004). Para contornar essa limitação, surgem os sensores de vegetação, os quais permitem a realização da recomendação de N através de leituras de reflectância do dossel da cultura (Liu, 2006). Contudo, o uso intensivo a campo de sensores de vegetação ainda é restrito, devido ao custo de aquisição dos equipamentos e à reduzida disponibilidade de algoritmos adequados para as diferentes culturas. Os algoritmos empregados pelos sensores de vegetação buscam aumentar a precisão das decisões de recomendação da adubação nitrogenada em cobertura em função da variabilidade de plantas encontrada nas lavouras e também em função da necessidade de N que as plantas apresentam (Amaral *et al.*, 2011). O objetivo do presente trabalho foi determinar os limites críticos do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) utilizando sensor óptico ativo de vegetação para determinação de classes de potencial produtivo da cultura do milho em diferentes estádios fenológicos.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi conduzido na safra 2013/2014 na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), no município de Eldorado do Sul (RS). A área experimental situa-se na região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS), em uma altitude média de 46 metros acima do nível do mar. O clima é subtropical úmido de verão quente, do tipo Cfa, conforme a classificação de Koppen (Bergamaschi *et al.*, 2003). A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm e a temperatura média mensal varia entre 14 e 25°C, entre os meses mais frios e mais quentes (Bergamaschi *et al.*, 2003). O solo pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, caracterizado como Argissolo Vermelho distrófico típico (Streck *et al.*, 2008). O experimento foi conduzido dentro de lavoura experimental na EEA/UFRGS, com densidade de 11 plantas/m² e, aos 14 dias após a emergência, as diferentes densidades populacionais foram ajustadas por desbaste manual, sendo os tratamentos alocados no delineamento experimental de blocos ao acaso dentro da área, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro densidades populacionais (4, 6, 8 e 10 plantas/m²), sendo que o híbrido utilizado foi o Morgan 30A77PW. A semeadura foi realizada na primeira semana de janeiro de 2014, com semeadura direta na palha sobre restos culturais de trigo. Cada parcela foi constituída de três linhas de 3 de comprimento, espaçadas em 0,5 m. A adubação em cobertura foi de 126 kg ha⁻¹ de nitrogênio, parceladas em duas aplicações, nos estádios V4 (63 kg ha⁻¹) e V7 (63 kg ha⁻¹). A lavoura foi conduzida sob condições naturais de precipitação. A reflectância do dossel vegetativo foi avaliada pelo radiômetro Greenseeker, o qual fornece o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI):

$$\text{NDVI} = (\text{pivp} - \text{pv}) / (\text{pivp} + \text{pv}) \quad (1);$$

Onde: pnir: reflectância no infravermelho próximo;

pr: reflectância no vermelho.

As leituras foram realizadas com o equipamento posicionado paralelamente às linhas da cultura, em uma altura de 1,0 m acima do dossel, sendo avaliada a linha central de cada unidade experimental. As leituras foram realizadas nos estádios fenológicos V4, V5, V6 e V7, segundo a escala proposta por Ritchie *et al* (1993). Para definição dos limites críticos do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foram adaptadas as classes utilizadas nos trabalhos desenvolvidos por Molin (2002) e Santi *et al.* (2012). Nestes trabalhos, as classes geradas foram utilizadas para dividir zonas de manejo de “alta”, “média” e “baixa” produtividade de grãos, tendo como base a média de produtividade de grãos da área. Desta forma, o desenvolvimento da metodologia para monitoramento do potencial produtivo da cultura do milho ao longo do ciclo no presente trabalho seguiu o mesmo processo para a construção de classes sugerido por estes autores, ou seja, a relativização das produtividades de grãos obtidas no experimento em relação à média do experimento (9,84 t ha⁻¹), a qual se assume como tendo o valor de 100%. Assim, foram determinadas as seguintes classes de potencial produtivo: “baixo” (<90% da média do experimento), “médio” (90 a 110%) e “alto” (>110% da média do experimento).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em todos os estádios vegetativos avaliados, os valores de NDVI apresentaram elevada relação com o rendimento de grãos da cultura. Para todas as avaliações, houve correlação significativa entre NDVI e produtividade de grãos, sendo ajustadas regressões quadráticas entre estas duas variáveis ($p < 0,05$) (Figura 1). Os maiores valores de NDVI avaliados em diferentes estádios fenológicos se relacionaram a maiores produtividades de grãos no momento da colheita (Figura 1). As recomendações de doses de adubação nitrogenada são tradicionalmente realizadas ainda na pré-semeadura, onde se considera critérios como o teor de matéria orgânica do solo e o rendimento de grãos esperado, não se levando em consideração outros fatores que influenciam a disponibilidade deste nutriente no solo. Com a utilização do NDVI para estimativa de classes de potencial produtivo da cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento, a expectativa de rendimento de grãos pode ser ajustada em cada estágio fenológico, o que confere um melhor manejo nutricional quando comparado ao método tradicional de aplicação em taxa fixa. A relação que o NDVI apresenta com a produtividade de grãos é o ponto chave para que a produção nas zonas de diferentes potenciais produtivos sejam maximizadas (Li *et al.*, 2010). O uso desta ferramenta permite que se realize a identificação em tempo real e *in situ* do potencial produtivo em diferentes estádios vegetativos da cultura, permitindo que a adubação nitrogenada possa ser ajustada e aplicada de acordo com a necessidade nutricional das plantas no momento da leitura. Desta maneira, torna-se fundamental o uso de ferramentas que possam estimar o potencial produtivo de uma lavoura de maneira precisa, eficiente e rápida, em tempo real, visando otimizar a aplicação de N em cobertura e permitir a aplicação deste nutriente em taxa variável. Os valores de NDVI apresentaram alta correlação com rendimento de grãos da cultura do milho (Figura 1) e podem ser empregados como ferramenta para definição de “zonas de manejo”, visando a aplicação de fertilizantes em taxa variável. Esse método consiste na definição e na demarcação a campo de divisas para setores do talhão onde serão aplicadas doses diferenciadas de algum insumo. Este conceito subentende, além disso, que o tratamento seja feito uniformemente dentro de cada zona. Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o sensor óptico ativo apresentou eficiência satisfatória na identificação da produtividade em diferentes densidades populacionais e em diferentes estádios fenológicos da cultura. Os limites críticos de NDVI que correspondem a diferentes classes de potencial produtivo na cultura do milho podem ser empregados de maneira rápida e eficiente em algoritmo direcionado para a adubação nitrogenada em tempo real, segundo o potencial produtivo estimado.

FIGURA 1. Limites críticos do Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para definição de classes de potencial produtivo nos estádios fenológicos V4 (A), V5 (B), V6 (C), V7 (D) da cultura do milho.

CONCLUSÃO: As diferentes densidades populacionais utilizadas no experimento foram eficientes na geração de variabilidade nos valores de NDVI ao longo do ciclo da cultura e no rendimento de grãos. Maiores valores deste índice entre os estádios fenológicos V4 a V9 foram significativamente correlacionadas com maiores rendimentos de grãos no momento da colheita. A relação verificada entre os valores de NDVI e a produtividade de grãos é o ponto chave para que as produtividades nas zonas de diferentes potenciais produtivos em uma determinada área sejam maximizadas, através do uso dos limites críticos de NDVI e da realização da adubação nitrogenada em dose variada utilizando sensor óptico ativo de vegetação.

REFERÊNCIAS:

- AMARAL, L.R.; MOLIN, J.P. Sensor óptico no auxílio a recomendação de adubação nitrogenada em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.12, p.1633-1642, 2011.
- BERGAMASCHI, H. et al **Clima da Estação Experimental da UFRGS e região de abrangência**, Porto Alegre: UFRGS, 2003, 78p.
- LI, Y. et al. Estimating the nitrogen status of crops using a digital camera. **Field Crops Research**, v.118, n.1, p.221-227, 2010.
- LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.83-92, 2002.
- POLETO, N. Disponibilidade de nitrogênio no solo e sua relação com o manejo da adubação nitrogenada. 2004. 119f. **Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)** - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO E SORGO. **LVIII Reunião Técnica Anual do Milho e XLI Reunião Técnica Anual de Sorgo: Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 e 2014/2015**. Pelotas (RS). 2013. 124p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).
- SANTI, A.L. et al. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1346-1357, 2012.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS, UFRGS, 2002. 107p.