

MAPEAMENTO DE VARIÁVEIS EM MILHO CULTIVADO NOS SISTEMAS CONVENCIONAL E DIRETO VISANDO A MECANIZAÇÃO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO

WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA¹, ADALBERTO CARDOSO DA SILVA FILHO², ÉRICO RODRIGUES³, VILMAR ANTONIO RODRIGUES³

¹ Professor Assistente Doutor, UNESP – Campus de Registro, Fone: 13 3828 2928, e-mail: souza@registro.unesp.br

² Aluno do Curso de Agronomia da UNESP – Campus de Registro.

³ Professor Assistente Doutor, UNESP – Campus de Registro.

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: O trabalho objetivou mapear variáveis relacionadas à cultura do milho safrinha visando à mecanização de precisão, em experimento conduzido na UNESP - Registro, SP, em três faixas de 12m cada uma (36m de largura) por 150m de comprimento. Cada faixa recebeu um sistema de cultivo, sendo semeadura convencional (SC), semeadura direta (SD) e uma mantida em pousio (PS). As amostragens foram realizadas no alinhamento central de cada faixa, em 48 pontos georreferenciados distantes 15m entre si, demarcados com GPS de navegação. A análise geoestatística e mapeamento dos dados mostraram que resistência do solo à penetração (RSP, 0-10cm), altura de plantas de milho (APMI), porcentagem de cobertura do solo (COBS) massa seca de milho (MSMI) e plantas daninhas (MSDAN) tiveram distribuição heterogênea na área cultivada. Os modelos que melhor representaram tal heterogeneidade foram esférico (RSP e MSMI) e Gaussiano. Nota-se que a heterogeneidade ocorre menos em função do sistema de produção (SC e SD) e mais em decorrência da variabilidade da área escolhida, indicando que o estudo de variabilidade de APMI, porcentagem COBS e MS de milho podem auxiliar no estabelecimento e delimitação de zonas de manejo, e uso de máquinas com mecanismos para aplicação em taxa variável.

PALAVRAS-CHAVE: RSP, taxa variável, mecanização agrícola

MAPPING VARIABLE IN CORN CULTIVATED IN CONVENTIONAL AND DIRECT SYSTEMS AIMING MECHANIZATION FOR PRECISION AGRICULTURE S

ABSTRACT: The study aimed to map related to the culture of winter maize variables aiming at precision farming, in an experiment conducted at UNESP - Registro, SP, on three tracks each 12m (36m wide) by 150m long . Each band received a cultivation system, with conventional sowing (SC), direct sowing (SD) and kept fallow (PS). Samples were taken at the central alignment of each track in 48 georeferenced points 15m apart from each other, marked with GPS navigation. The geostatistical analysis and mapping of the data showed that resistance to penetration (RSP, 0-10cm), height of corn plants (APMI), percentage of ground cover (COBS) dried corn dough (MSMI) and weeds (MSDAN) had a heterogeneous distribution in the cultivated area. The models that best represented such heterogeneity were spherical (RSP MSMI) and Gaussiano. It's notice that heterogeneity occurs less depending on the production system (SC and SD) and more due to the variability of the chosen area, indicating that the study of variability of APMI, percentage COBS and MS corn can assist in the establishment and delimitation of management zones, and use of machines with mechanisms for variable rate application.

KEYWORDS: RSP, variable rate, agricultural mechanization

INTRODUÇÃO

Em um sistema de produção agrícola, além do uso adequado de máquinas e implementos agrícolas, é imprescindível dedicar atenção às características físicas do solo, tais como porosidade, resistência à penetração e densidade, que se correlacionam diretamente com a aplicação dos equipamentos agrícolas. As condições físicas em que o solo se encontra durante a fase de implantação e desenvolvimento da cultura influencia consideravelmente sua produtividade. Uma das formas de alterar a condição física do solo é através de seu manejo, buscando criar condições estruturais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da planta, tanto da parte aérea quanto das raízes.

A semeadura adequada, permitindo correta deposição da semente e a porcentagem de cobertura do solo após a semeadura também pode influenciar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura, por afetar a temperatura do solo, o teor de umidade e distribuição da água no solo, além da maior permanência à disposição das plantas. Entretanto, mesmo com os cuidados inerentes à operação agrícola não se consegue a homogeneidade esperada, uma vez que a área cultivada apresenta heterogeneidade de seus componentes.

De acordo com Cavalcante et al. (2007) com uso da agricultura de precisão pode-se realizar a aplicação de insumos no local e quantidade exata, proporcionando assim o aumento da produtividade das culturas e reduzindo o risco de contaminações ambientais, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, razão pela qual se torna importante identificar em alguns fatores a variabilidade espacial para, posteriormente, realizar tratamento individualizado associado à correta adequação de máquinas.

Neste trabalho, o objetivo foi estudar parâmetros pondero dimensionais de semeadora múltipla, bem como comportamento de plantas de milho safrinha visando subsidiar a mecanização para agricultura de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campus da UNESP, em Registro-SP, nas coordenadas 24°31'58"S e 47°51'35"N, com altitude média de 25m, declividade entre 0 e 12% e clima do tipo Cfa subtropical úmido com verão quente, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média de 22°C e precipitação anual de 1400mm. O solo da área experimental pertence à Classe dos Latossolos e faz parte das Unidades dos Sistemas Ambientais definidos por Ross (2002), como Sistema das planícies e terraços fluviais do Ribeira do Iguape.

A área experimental foi conduzida em três faixas de 7m cada uma, perfazendo 21m de largura por 210m de comprimento. Em cada faixa, conduziu-se um sistema de cultivo, sendo uma em sistema de semeadura convencional (SC), outra em sistema de semeadura direta (SD) e a terceira foi mantida em pousio (PS).

As operações agrícolas foram realizadas com trator 4x2 com TDA de 130 CV de potência no motor, iniciando-se com a dessecação da área 20 dias antes do início do preparo do solo utilizando-se 200 L de calda ha⁻¹ (8,0 L ha⁻¹ de Glifosato + 0,5% de Uréia), aração com grade aradora de 12 discos no dia 02/03/2013 (3ª marcha, velocidade intermediária na gama baixa, posição direta; 1900 RPM no motor, V_T = 5 km h⁻¹), gradagem niveladora com grade off-set de arrasto com 32 discos, no dia 02/03/2013 (1ª marcha, velocidade intermediária na gama alta, posição reduzida; 1700 RPM no motor, V_T = 6 km h⁻¹), semeadura do milho com semeadora múltipla para SPD (Sistema Plantio Direto) com 4 linhas no espaçamento 0,80m, realizada no dia 11/04/2013 (1ª marcha, velocidade intermediária na gama alta, posição reduzida; 1500 RPM no motor, V_T = 5 km h⁻¹), utilizando-se 60.000 por há, de sementes de milho cultivar IAC Bandeirante e 430 kg ha⁻¹ de 4-14-8. A adubação utilizada foi baseada nas recomendações de Raij et al. (1996) e de acordo com os resultados de análises químicas para fins de fertilidade do solo na camada 0-0,20m (pH_(CaCl2) = 4,5; M.O.=18 g dm⁻³; H+Al = 43 mmol_c dm⁻³; K = 1,3 mmol_c dm⁻³; Ca = 18 mmol_c dm⁻³; Mg = 8 mmol_c dm⁻³; SB = 27 mmol_c dm⁻³; CTC = 70 mmol_c dm⁻³; V = 39%).

As amostragens foram realizadas no alinhamento central de cada faixa, em pontos georreferenciados a uma distância de 15m entre si. Foram demarcados 48 pontos utilizando-se GPS de navegação da marca Garmin, modelo Cx 60. O número de pontos georreferenciados coletados para cada variável estudada foi de 48 para Resistência do Solo à Penetração e Porcentagem de cobertura do solo, 32 para Altura de plantas de plantas de milho, 40 para produção de matéria seca de cobertura do solo e 16 para Produção de matéria seca de milho.

A umidade do solo foi determinada nas profundidades 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30m (EMBRAPA, 1979); ao mesmo tempo, a resistência do solo à penetração (RSP) foi media até a profundidade de 0,40m, com penetrômetro automatizado, modelo PL5200, com sistema de aquisição de dados, transferidos para o computador com auxílio de cabos de comunicação e do Software Penetrolog (FALKER, 2009); as alturas das plantas de milho foram medidas (do nível do solo à ponta da folha mais alta) na maturação fisiológica sorteando-se 5 plantas num raio de 2,5m em torno do ponto; a porcentagem de cobertura do solo foi determinada lançando-se um quadro de madeira de 0,25m² com 100 divisões, próximo ao ponto, contando-se o número de células com fragmentos vegetais, indicando presença de cobertura do solo; a produção de matéria seca da cobertura vegetal foi determinada aos 110 DAS, lançando-se um quadro de metal de 0,25m² e coletando-se todo o material vegetal contido no interior do mesmo. O material cortado rente ao solo foi colocado em saco de papel e levado para a estufa com circulação forçada de ar para secagem, regulada para 105°C por 24-48 horas; a produção de matéria

seca de milho foi determinada coletando-se 4 plantas por ponto, num raio de 2,5m, foram picadas e coladas no interior de sacos de papel previamente identificados, sendo levados para estufa com circulação forçada de ar para secagem, regulada para 105°C por 24-48 horas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise descritiva dos dados e Teste de normalidade de Shapiro-Wilk (PIMENTEL-GOMES & GARCIA, 2002) com auxílio do programa Sisvar. Os parâmetros que apresentaram distribuição não normal foram submetidos à análise geoestatística (SOARES, 2006). Com base na geoestatística foram realizadas a análise da estrutura e a dependência espacial, a partir da forma do variograma com seus respectivos parâmetros (C = variância espacial, C_0 = efeito pepita, $C+C_0$ = patamar, a = alcance). A interpolação dos dados para elaboração dos mapas foi realizada por krigagem ordinária, com auxílio do software GS+ versão 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da análise descritiva das variáveis que apresentaram distribuição não normal ($pr < 0,01$), Resistência do solo à penetração (RSP) na camada 0-0,10m, produção de matéria seca de milho, produção de matéria seca de daninhas e matéria seca total, porcentagem de cobertura do solo e altura de plantas de milho.

Tabela 1. Resultados da análise descritiva das variáveis analisadas de Resistência do solo à penetração (RSP, KPa), matéria seca de plantas de milho (MS_{MI} , $kg\ ha^{-1}$) e de plantas daninhas (MS_{DAN} , $kg\ ha^{-1}$), altura de plantas de milho (AP_{MI} , cm), porcentagem de cobertura do solo (COB_S , %).

Variável	n-1	Média	E	Moda	S	CV	W	pr < W	Re
RSP 0-10 cm	47	397,70	44,85	345,15	310,75	78,14	0,74	<0,001	**
AP_{MI}	31	178,34	5,10	190,00	28,88	16,19	0,93	0,04	*
COB_S	47	62,06	5,95	100,00	41,23	66,43	0,75	<0,001	**
MS_{MI}	31	6575,76	485,29	5151,45	2745,24	41,75	0,91	0,01	*
MS_{DAN}	39	1215,00	139,03	970,60	879,29	72,37	0,88	<0,001	**

n-1 = Número de amostras por contagem; Média = Média aritmética amostral; E = erro padrão da média; Moda; S = desvio padrão; CV = coeficiente de variação em %; W = Teste de Normalidade Shapiro-Wilk (para $p = 0,05$); pr = probabilidade da frequência; Re = resultado estatístico. ** = significativo ao nível de 5% de probabilidade, apresentando distribuição não normal.

Como se pode observar, os resultados do teste de normalidade aplicado (Shapiro-Wilk) para as variáveis RSP (0-10 cm), MS_{MI} , COB_S e AP_{MI} foram significativos mostrando haver distribuição não normal, optando-se por realizar o estudo de distribuição espacial dos dados, adotando-se a técnica de cálculo de semi-variâncias, elaboração de semivariogramas, e krigagem para elaboração dos mapas de distribuição espacial dos dados estudados. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Os valores de RSP (0-1-0,10m) ajustaram-se ao modelo esférico, ilustrados na Figura 2, indicando haver dependência espacial entre os dados, evidenciando que mais de 90% da área apresenta RSP menor que 800 KPa. Segundo Canarache (1990) valores desta ordem mostram não haver indícios de compactação nesta camada de solo. Também se verifica que os dados da RSP apresentam FORTE grau de dependência espacial (GDE), já que GDE é menor que 0,25 (SOARES, 2006), o mesmo acontecendo com os dados de AP_{MI} (Figura 3), COB_S (Figura 4) e MS_{MI} (Figura 5).

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas ajustados ao modelo esférico e gaussiano para os dados de RSP (0-0,10m), Matéria seca de Milho e Plantas Daninhas, Porcentagem de Cobertura do Solo e Altura de Plantas de Milho, no ano agrícola 2013, no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	C_0+C	A_0	R^2	RSS	GDE
RSP (0-0,10m)	Esférico	4400,0	99400,0	15,50	0,155	$2,01 \cdot 10^{10}$	0,0443
AP_{MI}	Gaussiano	1,0	909,0	11,3	0,538	$7,22 \cdot 10^5$	0,0011
COB_S	Gaussiano	1,0	1726,0	8,6	0,815	$6,48 \cdot 10^5$	0,0005
MS_{MI}	Esférico	110000,0	7200000,0	6,7	0,010	$8,42 \cdot 10^{10}$	0,0153
MS_{DAN}	Gaussiano	49000,0	711000,0	8,9	0,202	$1,10 \cdot 10^{12}$	0,0678

Variáveis analisadas, ajustadas sobre modelos estatísticos. C_0 = efeito pepita; C_0+C = patamar; A_0 = (autocorrelação) proporção da variação explicada pela distância entre as amostras; R^2 = proporção da variação explicada pelo melhor ajuste do modelo; GDE = grau de dependência espacial, calculada em função do efeito pepita e do patamar calculados para o modelo definido para a variável.

Os dados encontrados mostram que o estudo de zonas com diferentes desenvolvimentos de plantas, porcentagem de cobertura do solo e produção de massa seca podem indicar manejos diferenciados de solo e planta, bem como de adubação a taxas variáveis. Autores como Tisdale et al. (1993) afirmaram existir mais de cinquenta fatores que afetam o crescimento da planta e que eventualmente possam ser corrigidas com o uso de máquinas agrícolas preparadas para aplicação de insumos em taxa variável e de forma localizada.

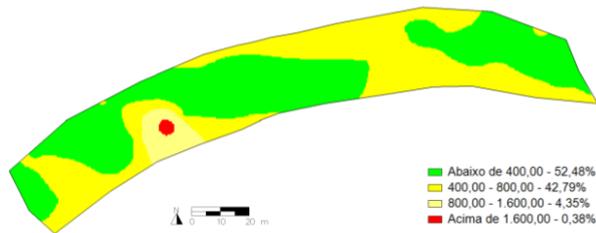


Figura 2. Mapa da resistência do solo à penetração na profundidade de 0-0,10m (2013), em Registro-SP.

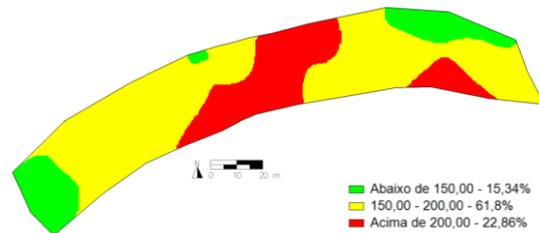


Figura 3. Mapa da altura de plantas de milho (cm), ano agrícola de 2013, em Registro-SP.

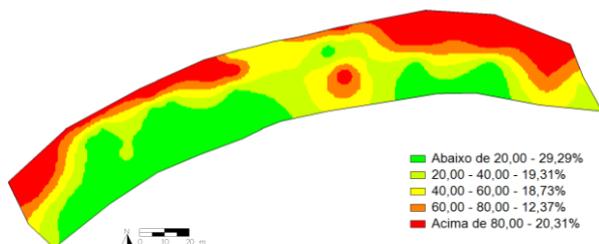


Figura 4. Mapa da porcentagem de cobertura do solo no ano agrícola de 2013, no município de Registro-SP.

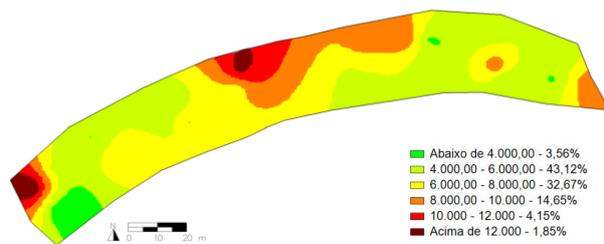


Figura 5. Mapa da produção de matéria seca de plantas de milho (2013), em Registro-SP.

Segundo Alvarenga et al. (2001), 6 t ha⁻¹ de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo (51,48% da área está recebendo entre 6 e 12 t ha⁻¹ de MS a partir da cultura do milho, notadamente nas faixas com SD e PS. Segundo Paes & Rezende (2001), o sistema SD tem maior eficiência de controle de plantas daninhas em função de sua barreira contra germinação promovida cobertura dos resíduos vegetais.

CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que: 1. há variabilidade dos dados relacionados a máquinas agrícolas como a RSP (camada 0-0,10m) e altura de plantas de milho; 2. o estudo de variabilidade de AP_{MI}, COBs e MS_{MI} permitem identificar zonas manejo e uso mecanização dotada de taxa variável; 3. A cobertura do solo e a sua persistência são maiores no sistema de semeadura direta, evidenciando os benefícios da manutenção para proteção.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- CANARACHE, A. Penetr - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Till. Res.**, 16:51-70, 1990.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M.; Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 394 – 400. 2007.
- EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FALKER, PLG5200: **medidor automatizado de compactação do solo**. Santa Maria, 58p. 2009.
- PAES, J.M.V.; REZENDE, A.M. de. Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, v.22, p.37-42, 2001.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim técnico 100).
- ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do Ribeira de Iguape e os sistemas ambientais. **R. GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n 12, 2002.
- SOARES, A. (2006). **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. IST Press, 214p.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVEN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York: MacMillan, 1993. 715p.