



DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE PLANTAS E RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM SEMEADURA DE FEIJÃO

DISTRIBUTION OF PLANTS AND MECHANICAL RESISTANCE OF SOIL TO PENETRATION IN BEAN SOWING

Mateus Vieira de Jesus¹; Ariel Muncio Compagnon¹; Felipe José Barbosa Franco¹; Walter José Pereira Filho¹; Pedro Henrique Martins Cintra²

¹ Instituto Federal Goiano Campus Ceres

² Compass Minerals, América do Sul

Info

Recebido: 02/2021

Publicado: 04/2021

DOI: 10.37951/2358-260X.2021v8i1.5620

ISSN: 2358-260X

Palavras-Chave

Estande de Plantas; Geoestatística; Índice de Cone; Phaseolus vulgaris; Plantio direto.

Keywords:

Plant Stand; Geostatistics; Cone Index; Phaseolus vulgaris; Direct planting.

Resumo

As semeadoras-adubadoras podem apresentar problemas de desempenho de semeadura direta, sendo estes relacionados a solos com altos teores de argila. Com o mapeamento da variabilidade espacial de atributos do solo se torna possível racionalizar o manejo agrícola e promover uma agricultura sustentável. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial da distribuição longitudinal de plantas, e a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em semeadura de feijão cultivado em semeadura direta. Foi utilizada uma malha amostral com 112 pontos espaçados em 25 m, onde determinou-se o estande de plantas, a uniformidade de espaçamento entre plântulas e a RMSP. A Maior parte da área mostrou baixos níveis de espaçamentos aceitáveis (45 e 55%), e consequentemente altos níveis de espaçamentos duplos (15 e 25%) e falhos (15 a 35%), mostrando

que o arranjo de plantas na área experimental não está adequado. O estande de plantas apresentou boa uniformidade ao longo da área, com predomínio da faixa de 9 a 11 plantas m⁻¹. A Resistência Mecânica do Solo à Penetração nas camadas de 0,00 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30, 0,30 - 0,40 m estão dentro dos limites toleráveis, não restringindo o desenvolvimento de plantas.

Abstract

Seeders-fertilizers can present problems of direct seeding performance, which are related to soils with high clay contents. Mapping the spatial variability of soil attributes makes it possible to rationalize agricultural management and promote sustainable agriculture. The objective of this work was to evaluate the spatial variability of the longitudinal distribution of plants, and the mechanical resistance of the soil to penetration (RMSP) in sowing of beans grown under no-tillage. A sampling mesh with 112 points spaced 25 m was used, where the plant stand, the uniformity of spacing between seedlings and the RMSP were determined. Most of the area showed low levels of acceptable spacing (45 and 55%), and consequently high levels of double spacing (15 and 25%) and flaws (15 to 35%), showing that the arrangement of plants in the experimental area did not is adequate. The plant stand showed good uniformity throughout the area, with a predominance of 9 to 11 plants m⁻¹. The Mechanical Resistance of Soil to Penetration in the layers of 0.00 - 0.10, 0.10 - 0.20, 0.20 - 0.30, 0.30 - 0.40 m are within the tolerable limits, not restricting plant development.

INTRODUÇÃO

O feijão comum, *Phaseolus vulgaris* L., é cultivado em várias condições climáticas no decorrer do ano (López et al., 2013). O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo, seguido por Estados Unidos, México e Tanzânia, ficando atrás apenas de Myanmar e Índia, estes 6 países produzem 57% do

feijão produzido em todo o mundo, ou 15,3 milhões de toneladas (Faostat, 2019).

Na etapa da semeadura deve-se buscar uma adequada distribuição longitudinal e ótima profundidade de deposição das sementes no solo para que sejam alcançados estandes adequados de produção para cada variedade (Almeida et al., 2010). Uma

semeadura mal feita acaba comprometendo a rentabilidade da lavoura ocasionando vários problemas, como o estabelecimento desuniforme da população de plantas desejada, o contato irregular da semente com o solo pode acarretar problemas na germinação da mesma, assim como também a profundidade de semeadura pode interferir na qualidade do plantio; além desses fatores pode haver também a ocorrência de “duplas” e “falhas” que são plantas muito próximas entre si ou muito distantes entre si na linha de semeadura (GAZEL et al., 2017). No caso de atraso de semeadura, as plantas daninhas podem se desenvolver primeiro do que a cultura desejada, tendo então um baixo retorno econômico (Ros et al., 2011).

Algumas falhas nas lavouras podem ser ocasionadas por baixa qualidade das sementes, semeadura com profundidade inadequada, velocidade de semeadura alta, desgaste do implemento, erros de regulação, desatenção do operador, condições de solo, época incorreta para o plantio, ausência de tratamento de sementes, densidade incorreta de semeadura, manejo de plantas daninhas, dentre outros. Todos esses fatores influenciam diretamente na qualidade do plantio de uma lavoura, quando desconsiderados podem gerar arranjos espaciais (espaçamentos, falhas e duplos) de plantas que comprometam o bom desenvolvimento do cultivo (Embrapa, 2006). Quando se têm espaçamentos duplos se eleva a competição entre as plantas por água, luz e nutrientes, reduzindo a produção (Schuch & Peske, 2008), já quando se têm espaçamentos falhos, prejudica-se o estande final de plantas e por consequência o potencial produtivo da cultura.

Montanari et al. (2015) apontam que os atributos físicos do solo como textura, densidade, porosidade e estabilidade dos agregados em conjunto com a matéria orgânica implicam continuamente no crescimento e desenvolvimento vegetal, interferindo o

crescimento de raízes e por sua vez na produtividade final.

A compactação está relacionada com a densidade do solo, a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) e a umidade, no qual pesquisadores buscam numerais que indiquem restrições ao crescimento das raízes das plantas e que contribuem para a diminuição da produtividade (Bonini et al., 2011; Campos et al., 2013). Para Silveira et al. (2010), valores de RMSP entre 2 e 2,5 MPa podem ser limitantes à cultura do feijão.

As semeadoras-adubadoras são equipamentos muito importantes para o sucesso do plantio direto. Possuem uma distribuição uniforme, realizam a colocação adequada para garantir a germinação, desempenham função de abertura dos sulcos e descompactação do solo, cortando a palha e rompendo o solo na linha de semeadura. Quando comparada com a semeadora convencional que trabalha sobre um solo previamente preparado, pode-se concluir que, com relação a semeadoras de mesma capacidade, a necessidade de tração será bem maior para as de plantio direto do que para as convencionais (Santos et al., 2008).

Com o mapeamento da variabilidade espacial de atributos do solo se torna possível racionalizar o manejo agrícola e promover uma agricultura sustentável. Contudo, para estudos deste padrão é necessário a retirada de grandes quantidades de amostras, elevando assim o custo (Demattê et al., 2007).

Logo, objetivou-se com este trabalho avaliar a variabilidade espacial da distribuição longitudinal de plantas, e a resistência mecânica do solo à penetração em semeadura de feijão cultivado em plantio direto, por meio da análise geoestatística.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um dos pivôs comerciais da Fazenda Bom Sucesso, que é produtora de grãos e está localizada no município de São Luiz do Norte - GO, sob as coordenadas geográficas: 14°53'27,97" latitude Sul e 49°21'34,15" longitude Oeste, com altitude de 580 metros. O clima é do tipo Aw (verões úmidos e invernos secos), segundo a classificação de Köppen e o solo da área experimental apresenta granulometria de 556,5 g kg⁻¹ de areia, 91 g kg⁻¹ de silte e 371 g kg⁻¹ de argila, sendo assim classificado como textura argilosa. Na área é realizada a sucessão de culturas, sendo cultivada soja (*Glycine max*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho sementeiro (*Zea mays*) sob plantio direto.

A semeadura foi realizada no dia 11 de abril de 2019, com a cultivar BRS Estilo, inoculada com o produto comercial Bioma Rhyzo® Feijão. O tratamento de sementes foi feito com os seguintes produtos: fungicida Certeza (150 mL 100 kg⁻¹), inseticida Adage (350 mL 100 kg⁻¹) e enraizador RayNitro (150 mL 100 kg⁻¹).

Para a semeadura utilizou-se um trator da marca Valtra modelo BH180 com tração 4x2 TDA acoplado a uma semeadora-adubadora da marca Jumil, modelo 3090 1415 pneumática com 14 linhas de semeadura com 0,50 m de espaçamento de entrelinhas, possuindo disco de corte ondulado de 20 polegadas para realizar o corte da palhada e haste sulcadora com 14 centímetros de profundidade para deposição do adubo e discos de corte duplos lisos de 16 polegadas para deposição da semente, mecanismo dosador de sementes à vácuo com disco dosador de 75 furos, regulada para distribuir 12 sementes por metro, em uma profundidade de 0,03 m, e 300 kg ha⁻¹ de adubo da fórmula 04-30-10 (NPK). A velocidade média de semeadura foi 6 km h⁻¹, com o trator operando em 1ª marcha M, com 1800 rotações por minuto.

Para verificação das variáveis em estudo, utilizou-se de 112 pontos distribuídos na área com malha amostral de aproximadamente 25 metros, sendo a localização geográfica de cada ponto obtida por meio do receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) presente no penetrômetro utilizado para mensurar a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em cada ponto, que foi realizada até a profundidade de 0,40 m e posteriormente convertida em índice de cone (média da RMSP a cada 0,10 m de profundidade).

Ainda em cada ponto, determinou-se o estande de plantas, através do número de plantas emergidas 20 dias após a semeadura (DAS) em três metros consecutivos e duas linhas paralelas, o espaçamento entre plântulas foi aferido por meio da distância entre as mesmas com uma trena graduada, classificando em espaçamentos normais, falhos e duplos, conforme metodologia de Kurachi et al. (1989).

Para a análise de dados utilizou-se a estatística descritiva, observando o comportamento geral, sendo que a normalidade dos mesmos foi feita com o teste de Anderson-Darling. Em seguida submeteu-se os dados a análise geoestatística para avaliar a dependência espacial dos parâmetros analisados, estimando e caracterizando a dependência espacial de forma sistemática ou aleatória para cada uma das variáveis, utilizando modelos de semivariogramas. A escolha dos modelos foi realizada de acordo com o menor valor da soma de quadrados do resíduo (SQR) e o melhor valor do coeficiente de determinação (R²) testando os modelos linear, exponencial, esférico e gaussiano.

Para avaliar os semivariogramas utilizou-se o método das isolinhas, onde foi considerado a isotropia de todos os modelos ajustados, com isso nota-se que existe um padrão na distribuição na variabilidade em todos os sentidos. Para os semivariogramas foram estabelecidos os seguintes parâmetros: efeito pepita (Co); patamar (Co + C) e alcance da dependência

espacial (a). Foi determinado também o Avaliador da Dependência Espacial (ADE), o qual é representado pela relação entre a variância (C) e o patamar ($C_0 + C$).

O Avaliador da Dependência Espacial foi classificado de acordo com Dalchiavon et al. (2012), no qual: < 0,20 variável espacial classificada como Muito Baixa Dependência (MBD), entre 0,20 e 0,40 Baixa Dependência (BD), entre 0,40 e 0,60 Média Dependência (MD), entre 0,60 e 0,80 Alta Dependência (AD) e entre 0,80 e 1 Muito Alta Dependência (MAD). Avaliando ainda os modelos ajustados foi utilizado a técnica da validação cruzada para que fosse possível diferenciar sua qualidade.

Após a confecção dos semivariogramas e ajuste dos modelos experimentais foram construídos os mapas de variabilidade com o auxílio dos programas Gs+ e Surfer, interpolando os dados de variáveis dependentes das plantas pelo método do inverso da distância, assim como Silva et al. (2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros da estatística descritiva. Nota-se que todas as variáveis analisadas apresentaram valores próximos de média e mediana, o que é um indicativo de baixa dispersão e distribuição simétrica dos dados. Cintra et al. (2020) estudando a qualidade e a variabilidade espacial de soja também verificaram proximidade entre valores de média e mediana para os atributos espaçamentos falhos, normais, duplos e estande de plantas.

Segundo Pimentel-Gomes (2009), a variabilidade de determinado atributo é classificada de acordo com o valor encontrado para o coeficiente de variação (CV), podendo ser classificada como baixo

(menor que 10%), médio (entre 10 e 20%), alto (20 a 30%) e muito alto (quando maior que 30%). Diante desse parâmetro, constata-se que os valores de CV para espaçamentos normais, estande de plantas e índice de cone (0,20 a 0,30 m) foram médios, enquanto que os demais atributos apresentaram valores altos de coeficiente variação. Arcoverde et al. (2016) estudaram a qualidade do processo de semeadura de milho e observaram valores muito altos de coeficiente de variação para espaçamentos falhos e duplos e CV médio para espaçamentos normais.

Em relação aos coeficientes de assimetria (C_s) e curtose (C_k) (Tabela 1) verifica-se que todas as variáveis estudadas apresentaram baixos valores de C_s e C_k , o que mostra que os dados estão bem distribuídos em torno de um valor central (média). Ainda com base nos valores de C_k , pode-se inferir que os espaçamentos aceitáveis, espaçamentos duplos, índice de cone (0,20 a 0,30 m e 0,30 a 0,40 m) apresentaram uma curva de distribuição dos dados platicúrtica, ou seja, mais achatada que a curva de distribuição normal. Os demais atributos apresentaram distribuição leptocúrtica, o que significa que possui um pico mais afunilado se comparado com a curva de distribuição normal.

Para o teste de normalidade de Anderson-Darling (Tabela 1), com exceção dos espaçamentos duplos que apresentaram distribuição assimétrica dos dados, as demais variáveis apresentaram distribuição normal. Segundo Lima et al. (2015), os dados apresentarem normalidade não é uma exigência para aplicação de técnicas geoestatísticas, sendo mais importante nesse caso que a distribuição não se apresente muito alongada, o que poderia comprometer as estimativas de krigagem, as quais são baseadas nos valores médios.

Tabela 1. Parâmetros de estatística descritiva, para espaçamentos normais, falhos, duplos, estande de plantas índice de cone.

	Média	Mediana	A ⁽¹⁾	σ ⁽²⁾	CV ⁽³⁾	Cs ⁽⁴⁾	Ck ⁽⁵⁾	AD ⁽⁶⁾
Esp ⁽⁷⁾ . Aceitáveis (%)	54,263	54,773	50,505	9,344	17,22	-0,02	-0,24	0,451 ^N
Esp ⁽⁷⁾ . Falho (%)	24,358	24,194	38,510	7,100	29,15	0,09	0,22	0,329 ^N
Esp ⁽⁷⁾ . Duplos (%)	21,379	20,968	23,444	5,542	25,92	0,56	-0,31	1,056 ^A
Plantas por metro	10,408	10,333	6,000	1,086	10,43	-0,59	1,17	0,607 ^N
IC ⁽⁸⁾ 0,00 - 0,10 m (MPa)	1,1422	1,1050	2,6300	0,5561	48,68	0,76	0,41	1,180 ^N
IC 0,10 - 0,20 m (MPa)	1,9099	1,9500	2,7400	0,5253	27,51	-0,29	0,04	0,373 ^N
IC 0,20 - 0,30 m (MPa)	2,0371	2,0150	1,7400	0,3709	18,21	0,43	-0,25	0,689 ^N
IC 0,30 - 0,40 m (MPa)	1,7625	1,7450	1,6800	0,3643	20,67	0,45	-0,13	0,506 ^N

⁽¹⁾: Amplitude; ⁽²⁾: Desvio Padrão; ⁽³⁾: Coeficiente de Variação (%); ⁽⁴⁾: Coeficiente de Assimetria; ⁽⁵⁾: Coeficiente de Curtose; ⁽⁶⁾: Valor do Teste de Normalidade de Anderson-Darling; ⁽⁷⁾: Espaçamentos; ⁽⁸⁾: Índice de cone; ^N: Distribuição Normal.

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise geoestatística. Nota-se que todos os atributos analisados apresentaram distribuição espacial, uma vez que para todas as variáveis ajustou-se algum modelo. Esse resultado indica que a distribuição das variáveis na área de estudo é heterogênea, não aleatória e que a malha amostral possui pontos suficientes para detectar a dependência espacial (Vian et al., 2016).

Analisando o avaliador de dependência espacial (ADE) (Tabela 2) verifica-se que os espaçamentos

aceitáveis apresentaram baixa dependência, enquanto que os atributos espaçamentos falhos, espaçamentos duplos e plantas por metro apresentaram ADE como muito baixa dependência. Nessas condições, apesar de que a dependência espacial seja expressada, os valores de pontos não amostrados são estimados com baixa influência dos que foram amostrados (Cintra et al., 2020).

Tabela 2. Parâmetros ajustados ao semivariograma para espaçamentos normais, falho, duplos, plantas por metro e índice de cone.

Modelo	Co ⁽¹⁾	Co + C ⁽²⁾	C ⁽³⁾	A ⁽⁴⁾	R ² ⁽⁵⁾	SQR ⁽⁶⁾	ADE ⁽⁷⁾	Classe
			Espaçamentos Aceitáveis (%)					
Linear	55,354	79,484	24,130	186,563	0,574	1223,00	0,304	BD ⁽⁹⁾
			Espaçamentos Falhos (%)					
Linear	45,774	47,012	1,238	186,563	0,003	699,00	0,026	MBD ⁽¹⁰⁾
			Espaçamentos Duplos (%)					
Gaussiano	0,180	25,390	25,210	2,420	0,00	162,00	0,992	MAD ⁽¹²⁾
			Plantas por metro (%)					
Linear	1,216	1,216	0,00	186,563	0,173	3,65	0,000	MBD ⁽¹⁰⁾
			IC ⁽⁸⁾ 0,00 - 0,10 m (MPa)					
Exponencial	0,174	0,350	0,176	121,200	0,681	9,14	0,501	MD ⁽¹¹⁾
			IC 0,10 - 0,20 m (MPa)					
Exponencial	0,000	0,309	0,309	74,700	0,916	5,19	0,916	MAD ⁽¹²⁾
			IC 0,20 - 0,30 m (MPa)					
Exponencial	0,012	0,135	0,123	31,500	0,656	1,65	0,906	MAD ⁽¹²⁾
			IC 0,30 - 0,40 m (MPa)					
Exponencial	0,016	0,134	0,111	7,800	0,011	1,54	0,876	MAD ⁽¹²⁾

⁽¹⁾: Efeito Pepita; ⁽²⁾: Patamar; ⁽³⁾: Variância; ⁽⁴⁾: Alcance; ⁽⁵⁾: Coeficiente de Determinação; ⁽⁶⁾: Soma dos Quadrados; ⁽⁷⁾: Avaliador da Dependência Espacial; ⁽⁸⁾: Índice de Cone; ⁽⁹⁾: Baixa Dependência; ⁽¹⁰⁾: Muito Baixa Dependência; ⁽¹¹⁾: Média Dependência; ⁽¹²⁾: Muito Alta Dependência.

O índice de cone de 0,00 - 0,10 m apresentou ADE classificado como médio. Para os índices de cone de 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m e 0,30 - 0,40 m foi observada muito alta dependência, o que comprova que o dimensionamento utilizado na malha amostral deste estudo pode ser considerado suficiente para avaliar a variabilidade espacial desses atributos.

Em relação aos modelos de semivariogramas (Tabela 2), para os espaçamentos aceitáveis, espaçamentos falhos e plantas por metro o modelo ajustado foi o linear, enquanto que para os espaçamentos duplos o modelo que melhor se ajustou foi o Gaussiano. Para os índices de cone, o melhor ajuste ocorreu para o modelo exponencial. Cintra et al. (2020) estudando a variabilidade espacial na semeadura de soja, observaram ajuste do modelo exponencial para os espaçamentos normais e estande de plantas e ajuste do modelo linear para espaçamentos falhos e duplos. Segundo Bottega et al. (2013), o modelo exponencial e o modelo esférico representam, respectivamente, média e baixa continuidade da variabilidade espacial; já o modelo gaussiano, representa elevada continuidade da variabilidade espacial.

No que se refere ao efeito pepita puro (C_0) (Tabela 2) que indica a variabilidade não explicada, observa-se que os melhores resultados foram obtidos para o índice de cone de 0,00 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,30 m. De outro modo, os espaçamentos falhos e plantas por metro apresentaram valores de efeito pepita muito altos, tendo a última variável supracitada apresentado valor de C_0 igual ao patamar, o que levou a uma variância nula.

Arcoverde et al. (2017) avaliando a variabilidades espacial na semeadura do milho de segunda safra observaram a ocorrência do efeito pepita puro para espaçamentos normais, falhos e duplos. Segundo Lima et al. (2007) a ausência de dependência espacial (efeito pepita puro) determina que a única

estatística aplicável para escala de amostragem na avaliação dessas classes é a estatística clássica, podendo utilizar a média dos dados para a melhor representação.

Um parâmetro considerável na observação de semivariogramas é o alcance de dependência espacial, que tem por finalidade marcar a distância limite na qual um ponto amostral traz influência em outro ponto, isto é, a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente (Reichert et al., 2008). Neste ensaio, os valores de alcance variaram entre 2,42 m (espaçamentos duplos) e 186,5 m (espaçamentos normais e falhos) (Tabela 2). Com exceção dos espaçamentos duplos e IC 0,30 - 0,40 m, os demais atributos analisados apresentaram valores de alcance maiores do que a malha amostral utilizada (25 metros).

O conhecimento do alcance da dependência espacial permite que seja definido o raio de amostragem de maneira a garantir nas próximas amostragens e para as mesmas condições desta pesquisa, a independência dos pontos amostrais, a minimização do erro padrão da média e também uma maneira de diminuir o número de amostras a serem coletadas (Artur et al., 2014).

Para a determinação do erro associado ao modelo geoestatístico criado, foi utilizada a validação cruzada para medir a incerteza associada às estimativas obtidas das coordenadas das amostras de solo. Segundo Amado et al. (2007), a validação é realizada verificando os valores estimados com os valores reais, usando a regressão linear como critério de comparação. A Tabela 3 contém os valores de validação cruzada para as variáveis analisadas.

Analisando o coeficiente de regressão (CR), que indica a inclinação da reta em relação a uma reta imaginária feita a partir da regressão linear perfeita, nota-se que os melhores valores de CR foram obtidos respectivamente para os espaçamentos aceitáveis (0,995), espaçamentos falhos (0,992) e IC 0,10 - 0,20 m (0,838). Em contrapartida, o menor valor de CR foi

obtido para IC 0,30 - 0,4 m0 (-0,021). Segundo Arcoverde et al. (2017), o alto valor de CR indica baixo desvio da nuvem de pontos em torno da reta ideal, que

possui coeficiente angular de valor 1 e corta a origem do eixo y (intercepto) no valor zero.

Tabela 3. Parâmetros da validação cruzada para espaçamentos normais, falho, duplos, plantas por metro e índice de cone.

	CR ⁽¹⁾	Y ⁽²⁾	SE ⁽³⁾	R ²⁽⁴⁾
Espaçamentos Aceitáveis (%)	0,995	4,66	0,172	0,302
Espaçamentos Falhos (%)	0,902	2,27	0,231	0,122
Espaçamentos Duplos (%)	0,774	4,66	0,172	0,156
Plantas por metro (%)	0,487	5,34	0,297	0,024
IC ⁽⁵⁾ 0,00 - 0,10 m (MPa)	0,644	0,39	0,250	0,057
IC 0,10 - 0,20 m (MPa)	0,838	0,31	0,210	0,120
IC 0,20 - 0,30 m (MPa)	0,089	1,86	0,298	0,001
IC 0,30 - 0,40 m (MPa)	-0,021	1,80	0,376	0,000

⁽¹⁾: Coeficiente de regressão; ⁽²⁾: Intercepto; ⁽³⁾: Erro padrão; ⁽⁴⁾: Coeficiente de determinação; ⁽⁵⁾: Índice de cone.

Com relação ao Intercepto (Tabela 3), que avalia quão distante a reta corta o eixo y quando o valor de x é 0, constata-se que os melhores resultados foram encontrados respectivamente para IC 0,10 - 0,20 m (0,31) e IC 0,00 - 0,10 m (0,39). No que se refere ao erro padrão (SE), todos os valores mantiveram-se próximos do valor de referência (0), fato este que associado aos demais parâmetros demonstra que o modelo representa com precisão os dados das variáveis nos locais onde não foi realizada amostragem (Arcoverde et al., 2017).

As Figuras 1A e 1B apresentam os mapas de variabilidade para espaçamentos duplos e falhos. Ocorreu uma dominação na área do nível de espaçamentos duplos entre 15 e 25%. Nos espaçamentos falhos, a maior parte dos valores concentraram-se dentro da faixa de 15 a 35%. Para Weirich Neto et al. (2015) os aumentos de espaçamentos falhos podem estar relacionados a fatores técnico-operacionais, além dos edafoclimáticos.

Segundo Reynaldo et al. (2016) esses resultados demonstram a importância da regulação da semeadora, visando o aumento de eficiência, pois, mesmo a cultura tendo alta capacidade de compensar os espaços vazios

com aumento da área de cobertura da planta, ainda é muito alta a porcentagem de perda devido às falhas de semeadura.

Coelho (1996) estabeleceu limites para a certificação de semeadoras-adubadoras, considerando que valores acima de 60% para espaçamentos normais, estariam dentro da faixa desejada. No presente ensaio, em grande parte da área experimental, os valores ficaram pouco abaixo desse percentual. Entretanto, Furlani et al. (2010) afirmam que não se pode inferir que este resultado seja exclusivamente em função da máquina, uma vez que, não foi analisada a germinação das sementes.

Tanto a germinação quanto a qualidade das sementes são fatores que devem ser observados para que se tenha um bom resultado final da lavoura. É muito importante que a semente não esteja danificada e absorva água para que na sua maturidade as atividades metabólicas funcionem de maneira correta. Existem alguns fatores importantes a serem considerados que afetam a germinação, como é o caso de conhecer os fatores ambientais, velocidade e uniformidade da germinação; tudo isso contribui para que se tenha uma

produção de mudas vigorosas e sadias. Para que uma semente germine é necessário dispor de uma condição favorável tanto interna quanto externa que

proporcionem o seu desenvolvimento (Barros Neto et al., 2014).

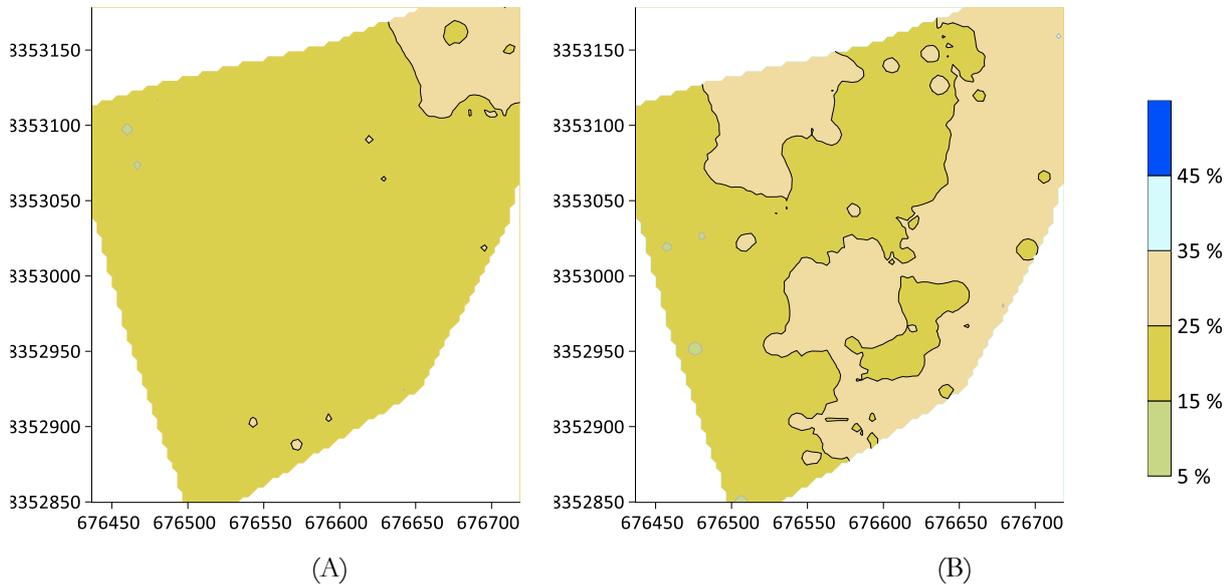


Figura 1. Mapa de variabilidade para espaçamentos duplos (A) e falhos (B).

Com base na Figura 2, observa-se que os espaçamentos aceitáveis estão variando de 35 a 65%, porém a faixa predominante na área para esse atributo está entre 45 e 55%, resultado esse que mostra que o arranjo de plantas na área experimental não está adequado.

No que diz respeito ao estande de plantas (Figura 3), constata-se que esse apresentou uma boa uniformidade no decurso da área, predomínio da faixa de 9 a 11 plantas m^{-1} . Porém percebe-se também a presença de uma pequena área com faixa de 11 a 13 plantas m^{-1} .

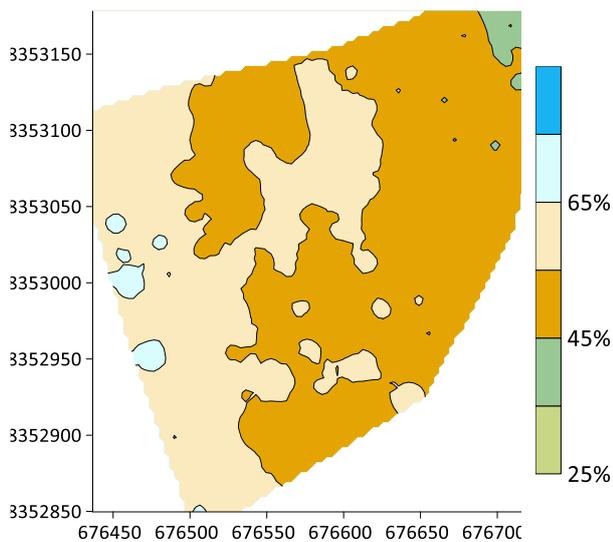


Figura 2. Mapa de variabilidade para espaçamentos aceitáveis.

Segundo Cintra et al. (2020), a condição do processo de semeadura pode ser afetada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Entre os fatores intrínsecos a semeadura pode-se mencionar a velocidade de deslocamento, umidade do solo no decorrer da operação, o que beneficia o aumento da patinação do rodado, nível de tecnologia da máquina utilizada (dosador pneumático ou mecânico), pressão da roda compactadora e profundidade de semeadura. Já os fatores extrínsecos estão relacionados a porcentagem de germinação, semente vigorosa e ataque de pragas de solo na fase de plântulas.

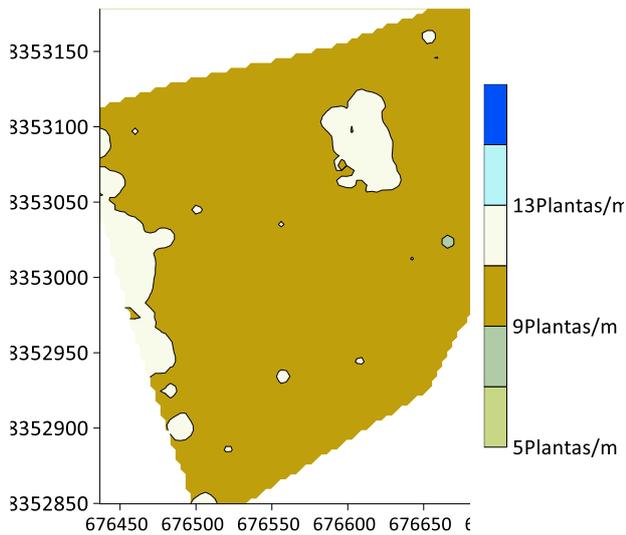


Figura 3. Mapa de variabilidade para plantas por metro.

As Figuras 4 A e 4 B apresentam, respectivamente, os mapas de variabilidade para resistência mecânica do solo à penetração por meio do índice de cone nas camadas de 0,00 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m. Verifica-se que para a camada de 0,00 - 0,10 m há um predomínio da faixa de 1 a 2 MPa, porém nota-se a presença de área considerável com a faixa de 0 a 1 MPa. Para a camada de 0,10 - 0,20 m, os valores estão variando na faixa de 1 a 2 MPa.

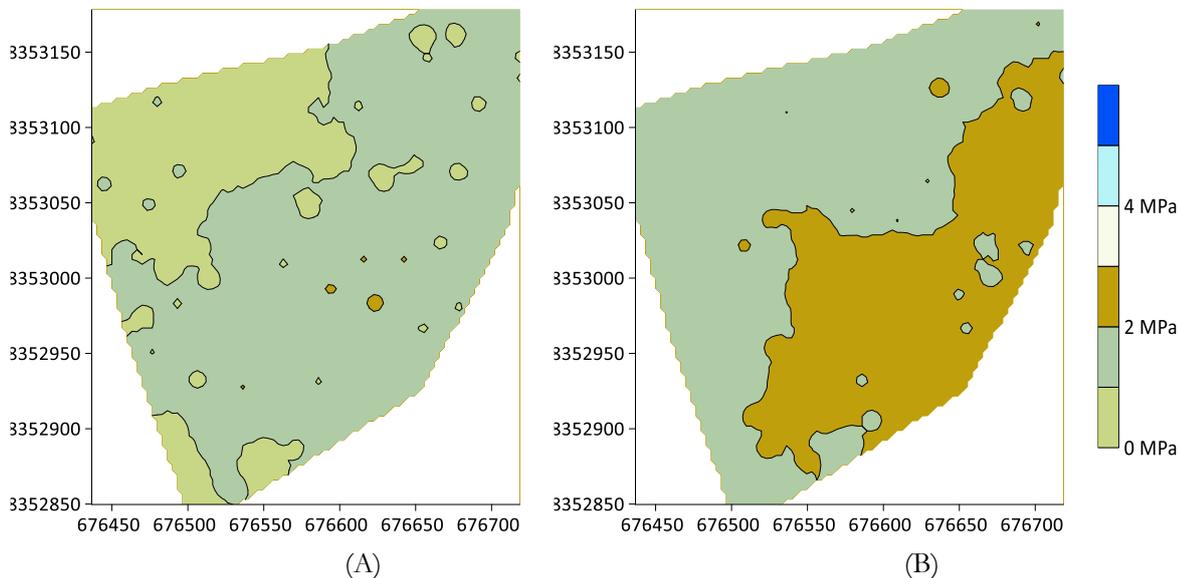


Figura 4. Mapas de variabilidade para Índice de cone de 0,00 - 0,10 m (A) e 0,10 - 0,20 m (B).

Para índice de cone de 0,20 - 0,30 m (Figura 5 A) há um predomínio da faixa de RMSP de 1,5 a 2 MPa, porém há algumas pequenas manchas na área com valores de 2,5 MPa. Na profundidade de 0,30 - 0,40 m, quase a totalidade da área apresenta resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) em torno da faixa de 1,5 MPa.

Segundo Silveira et al. (2010) valores entre 2 e 2,5 MPa têm sido indicados como os limites críticos de resistência à penetração para a maioria dos vegetais. Assumindo o valor de 2,5 MPa como o limite crítico,

de modo geral os valores encontrados no presente ensaio estão dentro dos limites toleráveis, o que mostra que a RMSP não está sendo um fator restritivo ao crescimento das plantas.

Carvalho et al. (2006) avaliando a correlação entre a produtividade de feijão e a RMSP de Latossolo Vermelho cultivado a quatro anos no sistema plantio direto, verificaram que valores de RMSP variando entre 1,3 e 2,9 MPa não restringiram a produtividade de grãos.

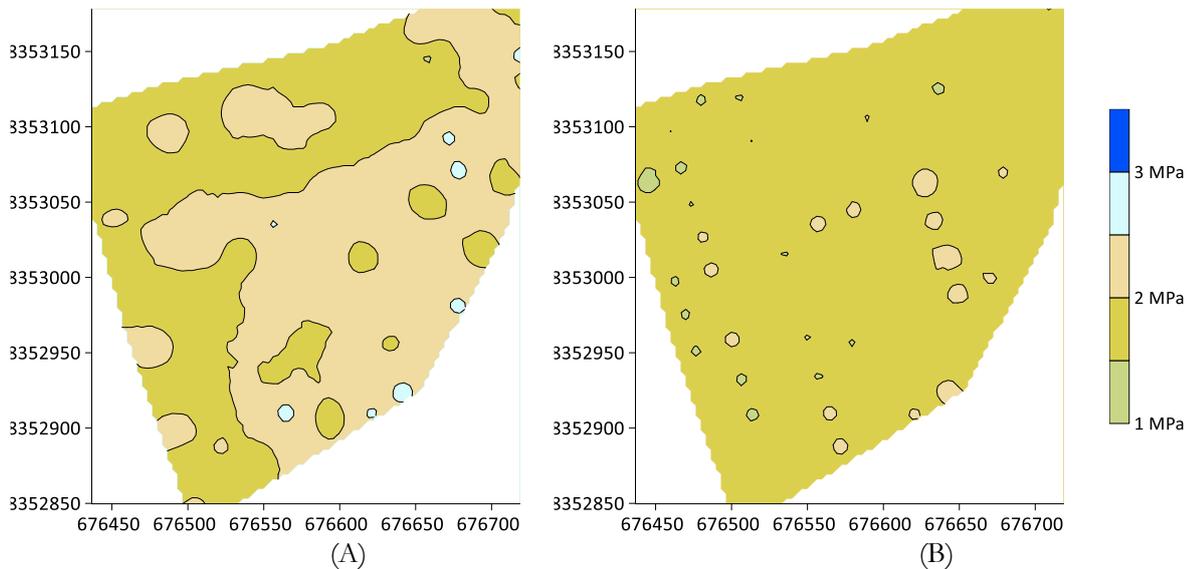


Figura 5. Mapas de variabilidade para Índice de cone de 0,20 - 0,30 m (A) e 0,30 - 0,40 m (B).

CONCLUSÕES

A Maior parte da área mostrou baixos níveis de espaçamentos aceitáveis (45 e 55%), e consequentemente altos níveis de espaçamentos duplos (15 e 25%) e falhos (15 a 35%), concluindo-se que o arranjo espacial de plantas na área experimental não está adequado.

O estande de plantas apresentou boa uniformidade no decorrer da área, com predomínio da faixa de 9 a 11 plantas m^{-1} .

A Resistência Mecânica do Solo à Penetração nas camadas de 0,00 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30, 0,30 - 0,40 m estão dentro dos limites toleráveis, não restringindo o desenvolvimento de plantas.

AGRADECIMENTOS

Aos Srs. Moacir, Reginaldo e Rayan Naves por cederem a sua propriedade para execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida RAS, Silva CAT, Silva SL. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. *Agrarian*. 2010;3:63-70.

Amado TJC, Pontelli CB, Santi AL, Viana JHM, Sulzbach LAS. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2007;42:1101-1110.

Arcoverde SNS, Souza CMA, Cortez JW, Guazina RA, Maciak PAG. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. *Engenharia na agricultura*. 2016;24:383-392

Arcoverde SNS, Souza CMA, Cortez JW, Maciak PA, Nagahama HJ. Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho segunda safra. *Energia na Agricultura*. 2017;32:386-392.

Artur AG, Oliveira DP, Costa MCG, Romero RE, Silva MVC, Ferreira TO. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2014;18:141-149.

Barros Neto JJS, Almeida FAC, Queiroga VP, Gonçalves CC. Sementes: Estudos Tecnológicos. Aracaju: IFS; 2014.

Bonini AK, Secco D, Santos RF, Reinert DJ, Reichert JM. Atributos físico-hídricos e produtividade de trigo em um Latossolo sob estados de compactação. *Ciência Rural*. 2011;41:1543-1548.

Bottega, EL, Queiroz DM, Pinto FAC, Souza CMA. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*. 2013;44:1-9

- Campos MCC, Soares MDR, Oliveira IA, Santos LAC, Aquino RE. Spatial variability of physical attributes in Alfisol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*. 2013;56:149-159.
- Carvalho GJ, Carvalho MP, Freddi OS, Martins MV. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. *Engenharia Agrícola e ambiental*. 2006;10:765-771.
- Cintra PHM, Compagnon AM, Arriel FH, Ventura GS, Santos ML, Pimenta Neto AM. Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja. *Brazilian Applied Science Review*. 2020;4:1206-1221
- Coelho JLD. Ensaio & certificação das máquinas para semeadura. In: Mialhe LG, editor. Máquinas agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz; 1996. p.551-70.
- Demattê JAM, Galdos MV, Guimarães R, Genú AM, Nanni MR, Zullo Junior J. Quantification of tropical soil attributes from ETM+/Landsat-7 data. *International Journal of Remote Sensing*. 2007;28:3813-3829.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região central-brasileira 2005-2007. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2006.
- Faostat. Crops; 2019 [acesso em 16 jan 2020]. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Furlani CEA, Pavan Júnior A, Cortez JW, Silva RP, Grotta DCC. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja (*Glycine max*). *Engenharia na Agricultura*. 2010;18:227-233.
- Gazel KL, Ferri GA, Borba Jr PRC, Dias VL. Regularidade de distribuição em diferentes velocidades de semeadura de soja em Sistema Plantio Direto. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017. Belém; 2017.
- Lima FV, Silvino GS, Melo RSS, Lira EC, Ribeiro TS. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em área de encosta sob processo de degradação. *Revista Caatinga*. 2015;28:53-63.
- Lima JSS, Oliveira RB, Quartezeni WZ. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho-amarelo sob cultivo de pimenta-do-reino. *Engenharia na Agricultura*. 2007;15:290-298.
- López VMH, Vázquez MLPV, Martínez JSM, Delgado SH, Pérez NM. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. *Avances y perspectivas*. *Revista Fitotecnica de Mexico*. 2013;36:1-10.
- Montanari R, Panachuki E, Lovera LH, Correa AR, Oliveira IS, Queiroz HÁ, Tomaz PK. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono cerrado-pantanal, MS. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 2015;39:385-396.
- Pereira TO. Plantas de cobertura, adubação nitrogenada e produção de sementes de feijoeiro [tese] Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista; 2016.
- Pimentel-Gomes F. Curso de estatística experimental. 15 ed. Piracicaba: Fealq; 2009.
- Reichert JM, Dariva TA, Reinert DJ, Silva VR. Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzeas sistematizada: análise geostatística e análise de regressão. *Ciência Rural*. 2008;38:981-988.
- Reynaldo EF, Machado TM, Taubinger L, Quadros, D. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. *Engenharia na Agricultura*. 2016;24:63-67.
- Rinaldi PCN, Fernandes HC, Teixeira MM, Silveira JCM, Magno Júnior RG. Influência da profundidade de adubação e da velocidade de uma semeadora no estabelecimento inicial da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Engenharia na Agricultura*. 2010;18:123-130.
- Ros VV, Souza CMA, Vitorino ACT, Ruffall LZL. Oxisol resistance to penetration in no-till system after sowing. *Engenharia Agrícola*. 2011;31:1104-1114.
- Santos AP, Volpato CES, Tourino MCC. Desempenho de três semeadoras-adubadoras de plantio direto

- para a cultura do milho. *Ciência e Agrotecnologia*. 2008;32:540-546.
- Schmidt AV, Leon CJ, Gausmann E, Melo IJB. Semeadora adubadora para plantio direto. Porto Alegre: Emater; 1999.
- Schuch LOB, Peske ST. Aperfeiçoando o processo de semeadura. *SEEDNews*. 2008;12:22-27.
- Seixas F. Olho na Terra. *Revista Cultivar Máquinas*. 2002;2:15-17.
- Silva OF, Wander AE. Viabilidade econômica do cultivar de feijão comum BRS Estilo. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional*. 2015;3:223-242.
- Silveira DC, Melo Filho JF, Sacramento JAAS, Silveira ECP. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2010;34:659-667.
- Vian AL, Santi AL, Amado TJC, Cherubin MR, Simon DH, Damian JM, Bredemeier C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. *Ciência Rural*. 2016;46:464-471.
- Weirich Neto PH, Fornari AJ, Justino A, Garcia LC. Qualidade na semeadura do milho. *Engenharia Agrícola*. 2015;35:171-179.