

Correlação espacial de atributos físicos do solo com a produtividade do feijão em Chapadão do Sul – MS¹

Rafael Montanari⁽²⁾; Vagner André Minotto⁽³⁾; Rafael Belisário Teixeira⁽³⁾; Cassiano Garcia Roque⁽⁴⁾; Morel de Passos e Carvalho⁽²⁾; Alan Rodrigo Panosso⁽²⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com bolsa de estudo da CAPES; ⁽²⁾ Professor, UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP; montanari@agr.feis.unesp.br; ⁽³⁾ Estudantes de Pós-Graduação em Agronomia; UFMS/Campus de Chapadão do Sul, Chapadão do Sul, MS; ⁽⁴⁾ Professor, UFMS/Campus de Chapadão do Sul.

RESUMO: Objetivo de correlacionar a variabilidade da produção de grãos de feijão (PRG) por meio da seleção dos melhores atributos físicos do solo. O estudo foi estabelecido sob preparo convencional em Latossolo e desenvolvido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul. Uma malha geostatística com 121 pontos amostrais foi alocada para coleta de dados do solo e da planta. Nela foram coletadas amostras indeformadas para caracterização da densidade do solo (DS), porosidade total (PT), resistência à penetração (RP), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV) e densidade de partículas (DP) nas profundidades de 0,0-0,10 m (1), 0,10-0,20 m (2), 0,20-0,30 m (3). Houve correlação linear indireta da PRG com a umidade gravimétrica (UG1) na profundidade de 0,0 a 0,10 m ($r = -0,20^*$) e direta da PRG como a resistência à penetração (RP2) na profundidade de 0,10 a 0,20 m ($r = 0,18^*$). Houve variabilidade temporal dos atributos do solo e da planta entre as safras de 2010/11 e 2011/12, confirmado pela comparação de média pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Do ponto de vista espacial, a produtividade de grãos de feijão pôde ser estimada por meio da cokrigagem com a umidade volumétrica e porosidade do solo.

Termos de indexação: Variabilidade espacial, preparo convencional, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

Entre os atributos com influência direta ao desenvolvimento do sistema radicular, destaca-se a resistência do solo à penetração e a densidade do solo. A resistência do solo à penetração é eficiente na identificação da compactação quando acompanhada da umidade do solo. A densidade do solo é o atributo que mais interfere no desenvolvimento radicular e o aumento nos seus valores é devido à compactação resultante do tráfego de máquinas, veículos e implementos. Quando a densidade do solo aumenta, a macroporosidade, a aeração e a condutividade hidráulica e gasosa se reduzem, refletindo no aumento da resistência à penetração, alterações que interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento radicular, restringindo o desenvolvimento das plantas, e por consequência a

produtividade vegetal, podendo ser utilizada como um bom indicador do estado da compactação do solo (Kitamura et al. 2007).

Além disso, os solos agricultáveis do Estado de Mato Grosso do Sul tem passado por grandes problemas de degradação física e química devido ao intensivo uso, à erosão, à perda da fertilidade, à redução do conteúdo de matéria orgânica e principalmente, à formação de camadas compactadas. Essa compactação gera substancial alteração da sua estrutura, desencadeando a reorganização das partículas e de seus agregados, podendo limitar a absorção de nutrientes, a infiltração e redistribuição de água, as trocas gasosas e o crescimento do sistema radicular, resultando no decréscimo da produtividade das culturas (Kitamura et al. 2007).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi pesquisar as correlações lineares e espaciais da produtividade de grãos de feijão com alguns atributos físicos do solo, tentando buscar um indicador de qualidade física para explicar a variação da produtividade do feijão e também observar a diferença entre os atributos estudados em duas safras agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2011/2012, em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS), Campus de Chapadão do Sul (MS), localizada na latitude 18°41'33" S e longitude 52°40'45" W, com altitude de 800 m. O clima segundo a classificação de Köppen é tropical úmido (Aw) com estação chuvosa no verão e seca no inverno com precipitação média anual local de 1.300 mm e temperatura média de 23,7°C. O solo no local do experimento foi classificado por Demattê (1980) e reclassificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), como Latossolo Vermelho distroférrico típico muito argiloso, A moderado, hipodistófico, álico, caulinitico, férrico, muito profundo, moderadamente ácido (Typic Acrustox). Sua granulometria, analisada da superfície até 0,30 m, é 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, o que lhe confere a textura muito argilosa.

A planta-teste utilizada foi o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Pérola, semeado em meados de outubro de 2011 obedecendo ao espaçamento de 0,45 m e proporcionando densidade média de 16 plantas m^{-1} . Estes procedimentos foram realizados após a correção da acidez do solo, fertilização e dessecação da cultura antecessora.

A área experimental foi definida em um lançante entre dois terraços, georreferenciados nas direções X e Y pelo sistema de coordenadas cartesianas. Assim, demarcou-se uma área de 2.500 m^2 (50 x 50 m) que continham 121 pontos amostrais dispostos em malha regular de 5 x 5 m. Os atributos do solo e da planta foram individualmente coletados no entorno de cada ponto amostral o mais próximo possível do ponto da malha amostral. Em cada ponto realizou a coleta de amostras de solo com estrutura indeformada nas profundidades (0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) para caracterização da resistência mecânica à penetração (RP), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV), densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP) e porosidade total (PT). Fez-se também a amostragem para a contabilização da produtividade de grãos de feijão (PRG) através da coleta das plantas no entorno de cada ponto amostral, com área útil de 3,24 m^2 (1,80 x 1,80 m) em quatro linhas de semeadura. O feijão foi colhido no estágio fenológico entre R7 e R8. Dessa forma, foram estudados 19 atributos: PRG, RP1, RP2, RP3, UG1, UG2, UG3, UV1, UV2, UV3, DS1, DS2, DS3, DP1, DP2, DP3, PT1, PT2 e PT3.

As amostras de solo para análise de densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e densidade da partícula (DP) foram determinadas conforme a Embrapa (1997). A resistência à penetração (RP) foi avaliada com o penetrômetro de impactos (Stolf, 1991).

Foi realizada a análise de variância entre os atributos para duas safras agrícolas utilizando-se o programa SAS.

Os dados foram submetidos à análise geoestatística, para a definição do modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos no estudo, obtendo-se os semivariogramas simples e posterior mapeamento dos atributos físicos estudados e da produtividade do feijoeiro. A análise da dependência espacial foi realizada com auxílio do software GS⁺ Versão 7, que realiza os cálculos das semivariâncias amostrais. Os ajustes dos semivariogramas simples e cruzados, em função de seus modelos, foram efetuados prioritariamente pela seleção inicial de: a) menor soma dos quadrados dos desvios (RSS); b) maior coeficiente de determinação (r^2), e c) maior avaliador da dependência espacial (ADE). A decisão

final do modelo que representou o ajuste foi realizada pela validação cruzada, assim como para a definição do tamanho da vizinhança que proporcionou a melhor malha de krigagem e/ou co-krigagem, realizadas por meio da krigagem em blocos. Para cada atributo, foram relacionados o efeito pepita (Co), o alcance (Ao) e o patamar (Co + C). Para análise do alcance da dependência espacial (ADE) que permite classificar a dependência espacial em fraca ($ADE \leq 25\%$), moderada ($25\% < ADE \leq 75\%$) e forte ($ADE > 75\%$) foi utilizada a proporção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme aplicado o teste de normalidade de Shapiro e Wilk a 5% de probabilidade, o conjunto de dados apresentou distribuição do tipo normal para os atributos PRG, DS1, DS2, UG3, UV1, UV2, UV3, PT1, PT2, PT3, RP2 e RP3. Os demais atributos físicos do solo apresentaram distribuição de frequência do tipo tendendo a normal (DS3, UG1 e UG2) e indeterminada (RP1, DP1, DP2 e DP3). Freddi et al. (2005) verificaram para os mesmos atributos estudados distribuição de frequência do tipo normal.

As correlações lineares de Pearson entre a PRG e os atributos do solo foram baixas pelo fato do elevado número de observações ($n=121$). Com isso, os modelos matemáticos com pares significativos da PRG em função dos atributos do solo foram formados pela $PRG = f(UG1)$ e $PRG = f(RP2)$. O coeficiente de correlação para o par PRG x UG1 foi de -0,20* e para o par PRG x RP2 foi de 0,18*. Dessa forma a equação variou de forma inversa para a UG1 e direta para a RP2. Assim, para o primeiro par que apresentou correlação negativa, pode-se inferir que com o aumento da UG1, ocorrerá uma diminuição da PRG. Já para o segundo par que apresentou correlação positiva pode-se inferir que com o aumento da RP2, ocorrerá o mesmo com a PRG.

A avaliação da variabilidade temporal dos atributos físicos do solo e da planta medido pelo resultado do teste F da análise da variância, para os anos de 2010/11 e 2011/12, mostrou-se significativo para a PRG, a 5% (Tabela 1). Assim, a diferença da PRG (786 $kg\ ha^{-1}$), indica que no ano de 2011/12, ainda que em condições de maior compactação, proporcionou uma maior produtividade de grãos de feijão. Quando se aplicou o teste F para os atributos do solo para os anos de 2010/11 e 2011/12, verificou-se diferença significativa para 66% dos atributos estudados. Observa-se que para o ano de 2011/12 que ocorreu um sensível aumento da

densidade do solo e da resistência à penetração e uma diminuição da porosidade total (Tabela 1). Nesse sentido, observa-se que mesmo com este aumento da compactação do solo ocorre aumento da produtividade do feijão, devido, provavelmente, ao maior contato solo-raiz causado pelo efeito de compactação do solo, que pode neste caso, ter contribuído com a absorção de nutrientes, favorecendo, assim a produtividade agrícola. Já os atributos do solo UV2, UV3, RP2 e DP's não foram afetados pelo manejo no tempo.

No âmbito da correlação entre atributos da planta x solo, os modelos matemáticos resultaram nas seguintes cokrigagens: $PRG = f(UV2)$, $PRG = f(UV3)$, $PRG = f(PT2)$, $PRG = f(RP3)$ e $PRG = f(DP2)$, apresentando coeficientes de determinação espacial (r^2) de 0,502, 0,372, 0,528, 0,296, 0,066, equivalente à dependência espacial (ADE) de 100%, 99,70%, 99,70%, 100% e 88% respectivamente (Figura 1). Os melhores parâmetros resultantes das cokrigagem foram da $PRG = f(UV2)$ e $PRG = f(RP3)$ onde os coeficientes de determinação espacial foram de 0, 502 e 0, 296, respectivamente, com alcances de 33,87 e 9,14 m.

AGRADECIMENTOS

A bolsa de iniciação científica PIBIC-CNPq concedida ao segundo autor.

CONCLUSÕES

A umidade do solo, a densidade da partícula e a resistência à penetração foram os atributos que mais se relacionaram com a estimativa da qualidade física do solo;

No ano agrícola 2011/12 mesmo apresentando maior densidade do solo e resistência à penetração, ocorreu maior produtividade de grãos de feijão em relação ao de 2010/11;

Do ponto de vista espacial, a produtividade de grãos de feijão pôde ser estimada por meio da cokrigagem com a umidade volumétrica e porosidade do solo.

REFERÊNCIAS

DEMATTE, J. L. I. Levantamento detalhado de solos do "Campus Experimental de Ilha Solteira". Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 44p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412p.

KITAMURA, A. E., CARVALHO, M. P.; LIMA, C. G. R. Relação entre a variabilidade espacial das frações granulométricas do solo e a produtividade do feijoeiro sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 31:361-379, 2007.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. R. Bras. Ci. Solo, 15:229-235, 1991.

Tabela 1. Análise de variância da produtividade de feijão e de atributos físicos de um Latossolo em Chapadão do Sul, MS, na safra 2010/11 e 2011/12.

Atributo ^(a)	Ano		p
	2010/11	2011/12	
PRG (kg ha ⁻¹)	1423±53,4b	2209±53,4a	<0,0001
DS1 (kg dm ⁻³)	1,232±0,012b	1,401±0,012a	<0,0001
DS2 (kg dm ⁻³)	1,336±0,009b	1,550±0,009a	<0,0001
DS3 (kg dm ⁻³)	1,325±0,008b	1,634±0,008a	<0,0001
UG1 (kg kg ⁻¹)	0,261±0,003b	0,232±0,003a	<0,0001
UG2 (kg kg ⁻¹)	0,259±0,002b	0,222±0,002a	<0,0001
UG3 (kg kg ⁻¹)	0,254±0,002b	0,211±0,002a	<0,0001
UV1 (m ³ m ⁻³)	0,350±0,005b	0,301±0,005a	<0,0001
UV2 (m ³ m ⁻³)	0,346±0,003	0,346±0,003	0,985
UV3 (m ³ m ⁻³)	0,336±0,003	0,345±0,003	0,0978
PT1 (m ³ m ⁻³)	50,7±0,494b	44,2±0,494a	<0,0001
PT2 (m ³ m ⁻³)	46,9±0,446b	37,9±0,446a	<0,0001
PT3 (m ³ m ⁻³)	47,8±0,431b	34,7±0,431a	<0,0001
RP1 (MPa)	0,673±0,027b	1,017±0,027a	<0,0001
RP2 (MPa)	2,214±0,043	2,301±0,043	0,1649
RP3 (MPa)	2,700±0,040b	2,145±0,040a	<0,0001
DP1 (kg dm ⁻³)	2,500±0,010	2,499±0,010	0,8703
DP2 (kg dm ⁻³)	2,521±0,012	2,498±0,012	0,1767
DP3 (kg dm ⁻³)	2,507±0,011	2,533±0,011	0,1068

^(a)PRG = produtividade de grãos de feijão; DS, UG, UV, PT, RP e DP de 1 a 3, são respectivamente a densidade do solo, umidade gravimétrica, umidade volumétrica, porosidade total, resistência à penetração e densidade da partícula, coletados nas camadas do solo. ^(b)p = probabilidade, sendo <0,01, significativo a 1% e entre 0,01 e 0,05 significativo a 5%, letras diferentes na mesma linha significa que possuem diferença significativa.

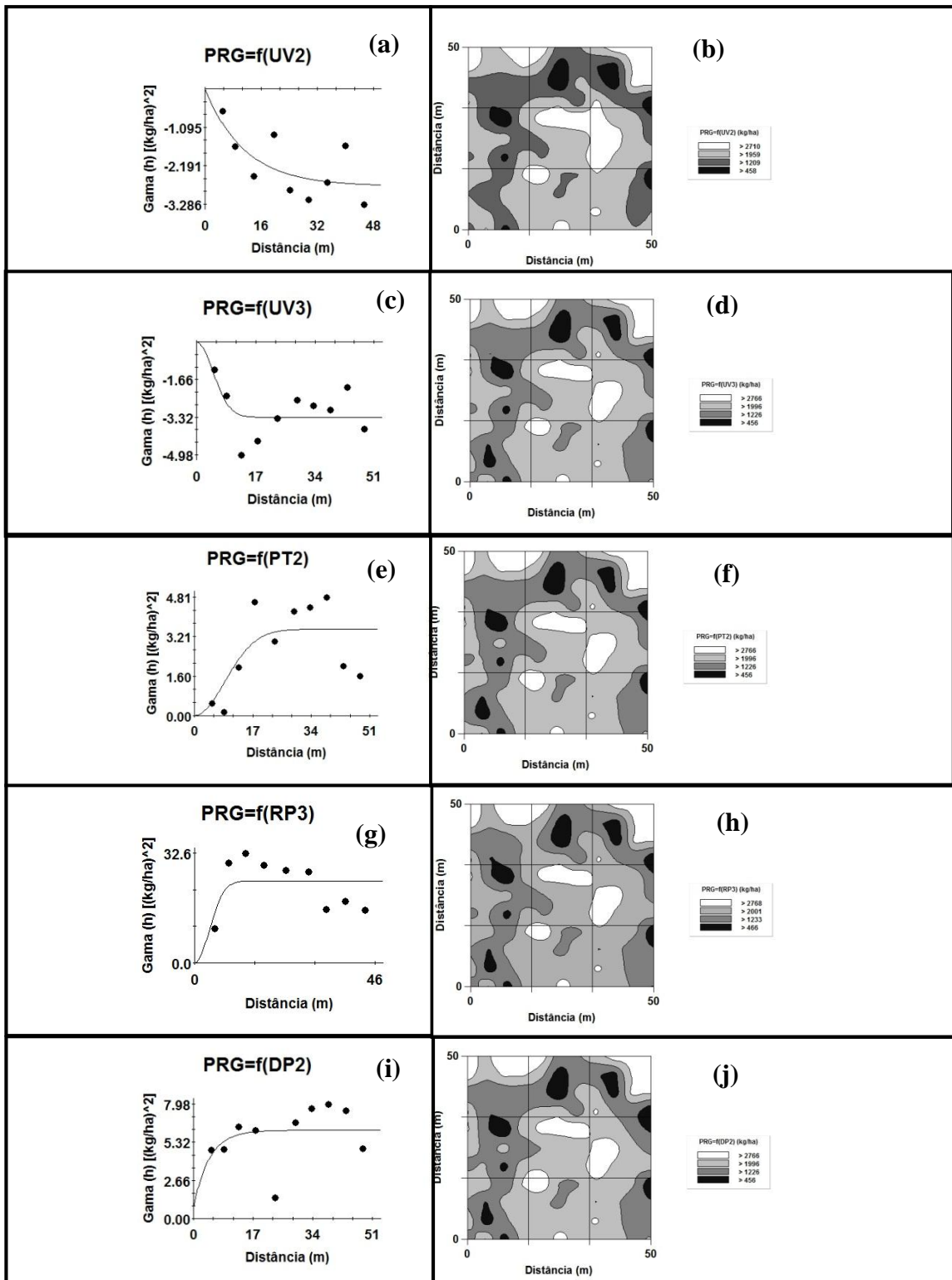


Figura 1. Componentes geoestatísticos da produtividade de grãos de feijão (PRG) em função dos atributos do solo UV2, UV3, PT2, RP3 e DP2 em um Latossolo, em Chapadão do Sul, MS, safra 2011/12.