

VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DE UMA LAVOURA E SUA RELAÇÃO COM A QUANTIDADE DE PALHADA DE SOJA

SANDRO M. CARMELINO HURTADO¹, ÁLVARO V. de RESENDE², EDEMAR J. CORAZZA³,
TAKASHI MURAOKA⁴

¹ Eng^o Agrônomo, Pós-doutorando USP/CENA, Bolsista CNPq, sandroelbat@yahoo.com.br

² Eng^o Agrônomo, Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, alvaro@cnpmis.embrapa.br

³ Eng^o Agrônomo, Pesquisador Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF, edemar@sct.embrapa.br

⁴ Eng^o Agrônomo, Professor Titular USP/CENA, muraoka@cena.usp.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A existência de uma relação direta entre a produção de palhada de soja e a variação espacial da produtividade de grãos de uma lavoura permitiria que, ao se obter um mapa de colheita com sensores de produtividade acoplados à colhedora, se pudesse gerar também um mapa de palhada para fornecer estimativas de créditos de nitrogênio para a cultura subsequente. O objetivo deste trabalho foi verificar a existência de tal relação num talhão comercial de grãos no Cerrado. Uma área de cinco hectares dentro do talhão foi utilizada para acompanhamento dos padrões de variabilidade da produtividade de milho e de soja em safras consecutivas e associá-los à distribuição espacial da palhada obtida após a colheita da soja. Os dados foram submetidos à estatística clássica e análise espacial. Não se obteve correspondência da quantidade de palhada com a variação espacial da produtividade de grãos de soja ou de milho na área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, créditos de N, palhada, zonas de manejo.

YIELD SPATIAL VARIABILITY ON A FIELD AND ITS INFLUENCE ON THE QUANTITY OF SOYBEAN STRAW

ABSTRACT: The existence of a direct relationship between the production of soybean straw and the spatial variation of grain yield on a field would provide spatial estimates of nitrogen credits for the subsequent culture. Mapping crop yield with sensors in the combine could also allow to generate a map of straw which is, indirectly, a N credits map. The aim of this study was to verify the existence of such a relationship for a grain field in the Cerrado. An area of five hectares within the field was used to monitor the patterns of yield variability of corn and soybean as sequential crops, and to relate them with the spatial distribution of straw after soybean harvest. Data were submitted to classical statistics and spatial analysis. There was no correspondence of the amount of straw with the yield spatial variation of soybeans or corn in the studied area.

KEYWORDS: precision agriculture, N credits, straw, management zones.

INTRODUÇÃO:

Em sistemas de produção bem manejados, utilizando plantio direto e rotação/sucessão de culturas, parte significativa da demanda de nitrogênio pelo milho pode ser suprida pelo solo, com importante contribuição das palhadas de safras anteriores, especialmente se a soja for a cultura antecessora (Sousa & Lobato, 2002). As estimativas de créditos de nitrogênio (N) disponível nos sistemas de sucessão soja/milho têm sido baseadas em informações genéricas sobre teor de matéria orgânica do solo, taxas de remoção de N nas colheitas e estoques nas palhadas, carecendo maior refinamento, sobretudo na abordagem da agricultura de precisão, na qual a variabilidade espacial é componente precípua. Sá et al. (2008) encontraram estreita relação entre produção de matéria seca da parte aérea de soja e o teor de argila, matéria orgânica, CTC e capacidade de armazenamento de água no solo de uma lavoura com gradiente textural. Nesse sentido, técnicas de agricultura de precisão como mapeamento de colheitas e

amostragens georeferenciadas podem contribuir para melhoria das estimativas do potencial de suprimento de nitrogênio ao longo das áreas de cultivo, com vistas a uma maior eficiência da adubação nitrogenada. É de se esperar que a variação espacial da produção de biomassa da parte aérea seja acompanhada por proporcional variação na produtividade de grãos de culturas como milho e soja. Sendo assim, o mapeamento da produtividade por meio de sensores nas colhedoras poderia ser indicativo também da variabilidade espacial da quantidade de palhada depositada sobre o solo após a colheita da soja, o que, indiretamente, permitiria espacializar os créditos de nitrogênio (N) associados à decomposição dessa palhada. Na sequência, estratégias de manejo sítio-específico poderiam ser adotadas para o fornecimento de N na adubação do milho, utilizando-se, por exemplo, o conceito de zonas de manejo dentro do talhão de cultivo. Numa abordagem de pesquisa, pode-se gerar mapas representativos da variabilidade espacial e temporal do nitrogênio no sistema, bem como, mapas de exportação e de créditos de N nas palhadas, subsidiando alternativas para otimização das adubações nitrogenadas em cobertura do milho no plantio direto. No presente trabalho, objetivou-se verificar a existência de relação entre a variação na quantidade de palhada após a colheita da soja e a variabilidade espacial da produtividade num talhão de produção comercial de grãos no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS:

Área Experimental

O estudo foi realizado na safra 2009/2010, em lavoura de sequeiro, na Fazenda Alto Alegre (Planaltina de Goiás, GO). A área experimental, correspondente a 5 hectares dentro do talhão, apresenta solo de textura argilosa, classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. O talhão vem sendo cultivado com a sucessão soja-milho, sem preparo do solo há cinco anos e tem ocorrência expressiva de *Brachiaria* spp. e outras gramíneas, as quais servem ao pastejo bovino nos períodos de pousio. Nas duas últimas safras foram cultivados o milho (safra 2008/2009) e a soja (safra 2009/2010). O milho, híbrido simples 30K73 recebeu na semeadura uma adubação de 350 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 e uma cobertura de 84 kg ha⁻¹ de N, a lanço, na forma de uréia, correspondente ao estágio fenológicos V₃₋₄. Para a soja P98Y51, a adubação de semeadura consistiu na aplicação de 350 kg ha⁻¹ do formulado 2-28-18, sendo ambos os manejos praticados rotineiramente pela fazenda. Cabe destacar o regime hídrico favorável em ambas as safras.

Mapeamento da produtividade, amostragem de palhada e processamento dos dados

As colheitas do milho e da soja foram realizadas com uso de colhedora equipada com GPS e sensores de umidade e fluxo de grãos. A elaboração dos mapas de produtividade considerou a filtragem dos dados brutos, mediante remoção de pontos com erros de posicionamento, dados com intervalos de distância entre pontos nulos e dados de produtividade e umidade nulos (Menegatti & Molin, 2004). Após a colheita da soja procedeu-se a amostragem da palhada, considerando uma malha regular de 30 m x 35 m e 48 pontos amostrais. Para cada ponto foram coletadas, em raio de até 5 metros, duas sub amostras de palha em área igual a 7m², levando-se em conta a largura da plataforma. O material foi coletado com uso de rastelo e pesado diretamente no campo. Os dados de peso da palhada e de produtividade de milho e soja foram submetidos à análise estatística clássica por meio do programa Sisvar (Ferreira, 2003). A análise espacial foi realizada para os dados de palhada com auxílio do programa geoestatístico Vesper (Minasny et al., 2002). O ajuste de modelos teóricos de semivariograma considerou a menor soma de quadrados dos erros ou o menor critério de informação de Akaike (Webster & McBratney, 1989), sendo escolhido aquele com média e variância do erro mais próximo de zero e um, respectivamente, por meio da autovalidação (Vieira, 2000). Na sequência, foi realizada a interpolação por krigagem. Os mapas finais de palhada da soja (safra 2009-2010) e de produtividade foram elaborados com auxílio do programa ArcView 3.2. A partir da extração dos dados correspondentes aos 48 pontos amostrais para cada variável foram obtidos coeficientes de correlação linear de Pearson, com uso do programa SAS (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As produtividades médias de milho e soja corresponderam a 8,9 e 3,2 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). No entanto, os dados apresentaram diferença entre os valores máximos e mínimos (amplitude)

igual a $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ para o milho e $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ para a soja, o que, juntamente aos coeficientes de variação (CV%) obtidos sugere a existência de variabilidade espacial no talhão.

Os dados de palhada da soja tiveram valor médio de $8,5 \text{ t ha}^{-1}$, com amplitude de $5,9 \text{ t ha}^{-1}$ e CV de 15%. Portanto, provavelmente existem variações espaciais nos aportes de matéria orgânica do solo e na disponibilidade de nutrientes, especialmente N (Sousa & Lobato, 2002). De maneira geral, os dados apresentaram distribuição normal, evidenciado nos coeficientes de assimetria e curtose próximos de zero e três, respectivamente.

TABELA 1. Estatística descritiva para o peso de palhada da soja (safra 2009-2010) e produtividade de milho (safra 2008-09) e soja (safra 2009-10).

	n	Valor			Amplitude	CV(%) ¹	Coeficiente ²	
		mínimo	máximo	média			assimetria	Curtose
Produtividade milho (safra 2008-09) (t ha^{-1})	644	6,8	11,8	8,9	5,0	9,1	0,33	3,26
Produtividade soja (safra 2009-10) (t ha^{-1})	811	2,3	4,1	3,2	1,8	7,2	-0,38	3,98
Peso palhada soja (safra 2009-10) (t ha^{-1})	48	5,7	11,6	8,5	5,9	15,0	0,08	2,54

¹ CV: Coeficiente de variação; ² Valores baseados no estimador beta.

A existência de variabilidade espacial foi confirmada tanto para as produtividades de milho e soja quanto para a quantidade de palhada da soja (Figuras 1 e 2). De acordo com os mapas de produtividade (Figuras 1a e 1b), é possível destacar uma região com maior potencial produtivo na parte superior das figuras, indicando, teoricamente, maior probabilidade de geração de palha nas colheitas, o que se traduziria em acúmulo de material orgânico sobre o solo e maior capacidade de liberação de nutrientes à cultura subsequente pelo processo de mineralização (Sousa & Lobato, 2002). Regiões com menores potenciais produtivos podem ser visualizadas na parte central e no extremo inferior dos mapas.

Apesar das tendências observadas na espacialização da produtividade das culturas, obteve-se baixa correlação ($r = 0,30^{**}$) entre os dados das duas safras. Cabe ressaltar que, em função da alta densidade de coleta de dados de colheita para a elaboração dos mapas de produtividade de milho ($n=644$) e de soja ($n=811$), a interpolação dos mesmos não se justifica, sendo os mapas apresentados muito próximos da realidade de campo.

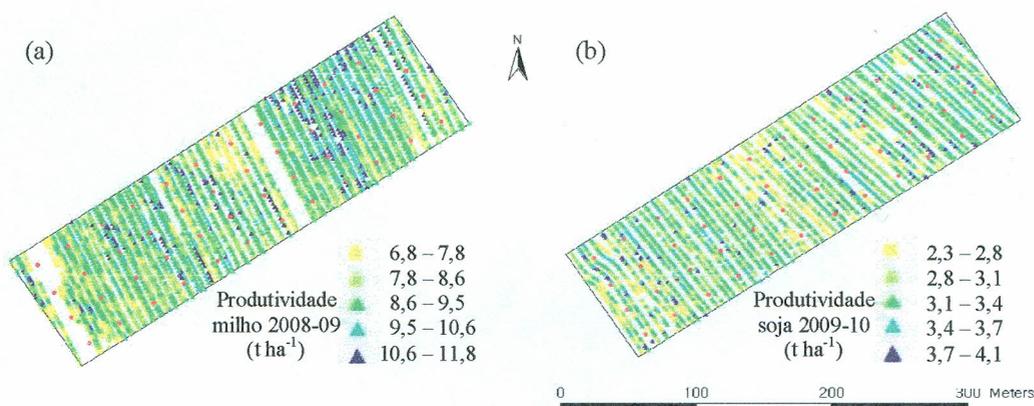


FIGURA 1. Mapas de produtividade de milho na safra 2008/09 (a) e de soja na safra 2009/10 (b).

A análise espacial realizada para os dados de palhada da soja evidenciou forte grau de dependência espacial (Cambardella et al., 1994), com semivariograma ajustado ao modelo exponencial e alcance efetivo igual a 124 m (Figura 2a). O mapa com os valores interpolados por krigagem pode ser observado na Figura 2b, com pesos de palhada variando de 5,7 t ha⁻¹ a 11,6 t ha⁻¹. Nesse mesmo mapa podem ser observadas regiões com maiores quantidades de palhada na parte inferior da figura, enquanto que, as regiões com menos palhada foram localizadas na parte media a superior. Assim, as zonas contrastantes do mapa interpolado para palhada de soja não tem coincidência com aquelas observadas nos mapas de produtividade de milho ou soja. Na realidade, a correlação entre produtividade de grãos e produção de palhada da soja foi inconsistente ($r = -0,20^{**}$), contrariando a expectativa inicial.

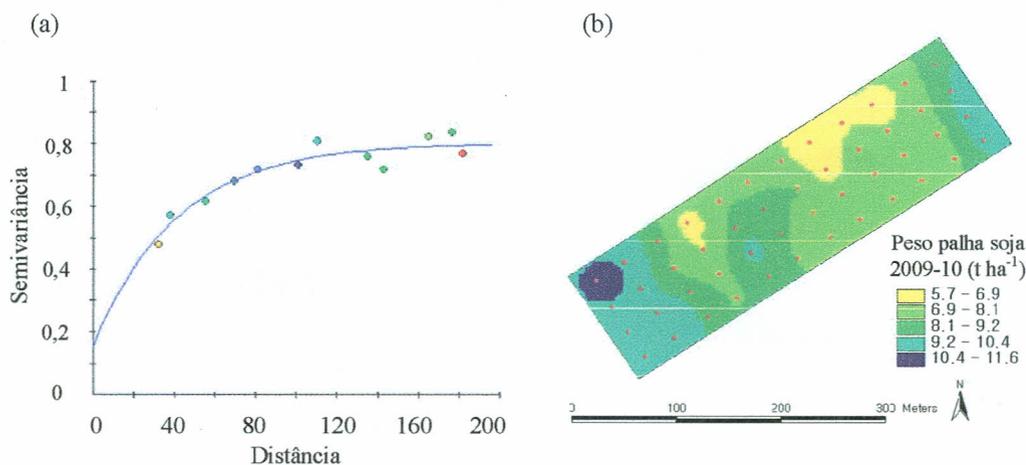


FIGURA 2. Semivariograma experimental (a) e interpolação por krigagem (b) para os dados de peso de palhada da soja (safra 2009/2010). Em vermelho são destacados os pontos amostrais.

CONCLUSÃO:

Não se obteve correspondência da quantidade de palhada de soja com a variação espacial da produtividade de grãos de soja ou de milho na área de estudo.

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*, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR software**: versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2003. Software.
- MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.126-134, 2004.
- MINASNY, B.; McBRATNEY, A.B.; WHELAN, B.M. **VESPER v1.6**. Sydney: The University of Sydney/Australian Centre for Precision Agriculture, 2002.
- SÁ, M.A.C.; SANTOS JUNIOR, J.D.G.; RESENDE, A.V.; VILELA, M.F.; SHIRATSUCHI, L.S. Variabilidade espacial da massa seca da parte aérea de soja relacionada com atributos do solo no Cerrado. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2008, Brasília. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. *Anais...* Planaltina-DF : Embrapa Cerrados, 2008. (CD-rom).
- SAS INSTITUTE. **SAS**: user's guide statistical v.8.0. Cary, NC, 2000.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416p.
- VIEIRA, S.R. Geostatística em estudo de variabilidade de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.1-55.