

Variabilidade espacial e temporal da resistência do solo à penetração após diferentes pressões de pastejo no Norte do Paraná**

Henrique Debiasi*¹, Julio Cezar Franchini*¹, Alvadi Antonio Balbinot Junior*¹, Fabio Alvares de Oliveira*¹

¹Pesquisador, Embrapa Soja, CEP 86001-970, Londrina, PR

*E-mails: henrique.debiasi@embrapa.br, julio.franchini@embrapa.br, alvadi.balbinot@embrapa.br, fabio.alvares@embrapa.br

**Trabalho parcialmente financiado com recursos da rede de Fomento ILPF

Resumo: A integração lavoura-pecuária (ILP) é um sistema de produção em expansão, com grande potencial para aumentar a rentabilidade e a sustentabilidade do agronegócio brasileiro. A *Urochloa ruziziensis* é uma das espécies mais utilizadas na fase de transição entre o sistema exclusivo e integrado. No entanto, há pouca informação acerca do efeito de pressões de pastejo dessa espécie sobre a qualidade física do solo e sobre a produtividade de culturas graníferas em sucessão. Em um sistema ILP estabelecido em Londrina, norte do Paraná, foram avaliados os efeitos das pressões de pastejo de 2, 4 e 6 UA ha⁻¹ sobre a variabilidade espacial e temporal da resistência do solo à penetração (RP) e da produtividade da soja cultivada em sucessão. A RP aumentou proporcionalmente com o incremento da pressão de pastejo apenas na camada superficial do solo (5 cm). A produtividade da soja cultivada em sucessão à pastagem não foi relacionada com a RP, sendo a maior produtividade observada na pressão de pastejo intermediária, 4 UA ha⁻¹. Os resultados indicam que o aumento da RP na superfície do solo após o pastejo não é limitante para a produção de soja e pode ser manejado com o uso de semeadoras equipadas com sulcadores do tipo facão para deposição do fertilizante. A pressão de pastejo pode estar interferindo em outros fatores, como a quantidade de cobertura e a qualidade da sementeira, que podem ter tido maior influência na produtividade da soja do que a RP.

Palavras-chave: compactação do solo, geoestatística, integração lavoura-pecuária, *Glycines max*, *Urochloa ruziziensis*, manejo da pastagem.

Temporal and spatial variability of soil resistance to penetration after different grazing intensities in the northern Paraná state, Brazil

Abstract: The crop-livestock integration (ILP) is an expanding production system with great potential to increase the profitability and sustainability of the Brazilian agribusiness. The *Urochloa ruziziensis* is a forage commonly used in the transition between exclusive and integrated systems, however, information about the effects of grazing pressures on the soil physical quality and crop yield is scarce. The effects of cattle grazing pressures of 2, 4 and 6 animal unities (AU) ha⁻¹ on the spatial and temporal variability of the soil penetration resistance (RP), and on the yield of the soybean in succession, were evaluated in an ILP system established in Londrina, northern Paraná, Brazil. The RP increased proportionally with the increase in the grazing pressures only at the topsoil (5 cm). The yield of the soybean grown after the pasture was not related to the RP. However, the highest soybean yield was observed at the intermediate grazing pressure (4 AU ha⁻¹). The results indicate that the increase in the RP at 5 cm depth after grazing is not limiting for soybean yield and can be managed with the use of planters equipped with chisel-type fertilizer furrow openers. The grazing pressure may influence other factors, such as the mulching, and planting quality, which may have greater influence on soybean yield than the RP.

Keywords: soil compaction, geostatistics, crop-livestock system, *Glycines max*, *Urochloa ruziziensis*, grazing management.



1. Introdução

A intensificação do uso da terra, integrando as atividades da agricultura e da pecuária, tem se mostrado como opção viável para o aumento da rentabilidade e da sustentabilidade da produção de soja, quando comparada com os sistemas exclusivos. A integração lavoura-pecuária (ILP), como tem sido comumente denominada, tem chamado a atenção de produtores e ambientalistas em razão do aumento na eficiência de uso dos recursos disponíveis nos agroecossistemas, associado à melhoria da qualidade do solo e da água, redução do consumo de insumos e geração de maior renda por área (BALBINOT JUNIOR, 2009; NAIR et al., 2010). A ILP pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de espécies para produção de grãos e pastagens de forma concomitante ou não, de modo que haja sinergia entre as atividades (NAIR et al., 2010).

Apesar do aumento da adoção de sistemas de ILP, ainda permanecem várias dúvidas quanto ao manejo mais adequado da pastagem na fase de transição entre a pecuária e a lavoura. A forrageira *Urochloa ruziziensis* tem sido uma das espécies mais utilizadas pelos produtores de grãos no início das atividades com pecuária. Mesmo apresentando menor capacidade de suporte animal e maior suscetibilidade à cigarrinha das pastagens, em relação a outras forrageiras do gênero *Urochloa*, a facilidade de manejo com baixas doses de herbicida, o hábito de crescimento prostrado com menor formação de touceiras e a produção de forragem de boa qualidade fazem desta espécie uma importante opção de forrageira para a ILP. Entretanto, existem poucas informações sobre a melhor forma de manejo desta forrageira no que diz respeito à pressão de pastejo e seus reflexos sobre a qualidade física do solo na transição do sistema de pecuária para o sistema de lavoura com a cultura da soja.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade física do solo por meio da determinação da resistência do solo à penetração após a aplicação de diferentes pressões de pastejo em uma pastagem perenizada de *Urochloa ruziziensis* e seu efeito sobre a produtividade da soja cultivada em sucessão, em sistema de ILP estabelecido na região norte do Paraná.

2. Material e Métodos

O estudo foi conduzido na Embrapa Soja, em Londrina/PR (23°12' S, 51°11' W e altitude média de 585 m), sobre um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso (739, 189 e 72 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente), que vinha sendo manejado em sistema plantio direto há quinze anos, com o cultivo de soja no verão e trigo ou aveia preta no inverno. Após a colheita da soja em março de 2010, a pastagem de *Urochloa ruziziensis* foi implantada sem aplicação de fertilizante na base, por meio de uma semeadora com 13 linhas espaçadas 17 cm entre si, equipada com sulcadores do tipo disco duplo defasado e dosadores de sementes do tipo rotor acanalado, específico para forrageiras. A densidade de semeadura foi de 5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. De outubro de 2010 até maio de 2011, a área foi uniformemente pastejada com o equivalente a 2 unidades animais (UA) ha⁻¹. Após um período de 60 dias de diferimento, a pastagem recebeu, em 22/07/2011, adubação com 45 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio. A partir de setembro de 2011 até dezembro de 2011, a área foi novamente uniformemente pastejada com o equivalente a 2 UA ha⁻¹.

Em dezembro de 2011, quando a pastagem apresentava altura média de 50 cm, a área experimental foi dividida em três piquetes com aproximadamente 1,2 ha, perfazendo uma área total de 3,6 ha. Nos piquetes, foram aplicadas as seguintes pressões de pastejo: P2 = pastejo contínuo com 2 UA ha⁻¹; P4 = pastejo contínuo com 4 UA ha⁻¹; e P6 = pastejo contínuo com 6 UA ha⁻¹. Os níveis de pastejo foram estabelecidos com o objetivo de manter alturas aproximadas de 50, 35 e 15 cm para P2, P4 e P6, respectivamente. Os animais, bovinos machos e fêmeas, entraram nos piquetes em 08/12/2011, onde permaneceram até 31/05/2012. Após esse período, os piquetes foram mantidos sem animais até outubro, quando a área foi dessecada com o herbicida glifosato, na dose de 2,52 kg e.a. ha⁻¹. Em 06/11/2012, foi semeada a cultivar de soja 'BRS 360RR', utilizando-se uma semeadora-adubadora tratorizada equipada com mecanismos sulcadores do tipo guilhotina para o adubo e discos duplos defasados para a semente. A semeadora foi regulada visando o estabelecimento de 350 mil plantas de soja por

hectare, com espaçamento de 45 cm entre linhas. A adubação de base foi constituída de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de K₂O. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, estirpes SEMIA 587 e SEMIA 5019. Os tratos culturais e tratamentos fitossanitários foram realizados seguindo as indicações técnicas para a cultura na região.

A resistência do solo à penetração (RP) foi avaliada em dezembro de 2011, antes da aplicação dos tratamentos, e em outubro 2012, quatro meses após o deferimento dos animais. A RP foi determinada nas profundidades de 5, 10, 15 e 20 cm, por meio de um penetrômetro eletrônico equipado com cone de 12,83 mm de diâmetro e 30° de ângulo. A primeira avaliação da RP (dezembro/2011) foi realizada seguindo uma grade amostral de 15 × 15 m, com uma repetição por ponto, totalizando 175 leituras em cada profundidade. Já a segunda avaliação (outubro/2012) foi realizada em uma grade amostral de 10 × 10 m, totalizando 276 leituras em cada profundidade. Em ambas as avaliações, em 75 pontos distribuídos na área, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para determinação do conteúdo gravimétrico de água no solo, conforme Embrapa (1997). Em 15/03/2013, a produtividade da soja foi estimada por meio da colheita de três linhas de 10 m, seguindo uma grade amostral de 10 x 30 m, totalizando 96 amostras em toda a área do estudo, sendo os valores corrigidos para a umidade de 13% e expressos em sacas ha⁻¹.

Os dados de RP e de produtividade da soja foram submetidos à análise geoestatística, conforme Vieira et al. (2002). O modelo selecionado para ajuste do semivariograma foi aquele que resultou no maior coeficiente de correlação obtido pelo método de validação cruzada. A partir dos parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas, foram elaborados os mapas de variabilidade espacial por meio do programa Surfer 9.0.

3. Resultados e Discussão

Os parâmetros dos modelos ajustados aos semivariogramas de RP e de produtividade da soja são apresentados na Tabela 1. Na primeira

avaliação, em todas as camadas, a RP apresentou fraca dependência espacial, o que indica que a maior parte da variabilidade não foi explicada pelos modelos ajustados. Na segunda avaliação, houve um aumento da dependência espacial da RP, que passou a ser moderada em três das quatro camadas avaliadas. Esse comportamento pode estar relacionado ao aumento no número de pontos medidos, que passou de 175, na primeira, para 276 na segunda avaliação. Apesar do número de pontos medidos influenciar no grau de dependência espacial, era esperado que o efeito pepita fosse predominante em uma área submetida à pastejo, já que o caminhar dos animais dentro da área não é homogêneo, o que naturalmente aumenta a variabilidade aleatória dentro da área. No caso da produtividade da soja, foi observada uma forte dependência espacial do modelo ajustado, indicando que, apesar da grade amostral para produtividade ser composta por apenas 96 pontos, a amostragem foi adequada para representar esse parâmetro na área de estudo.

Os mapas da RP e da produtividade da soja, elaborados a partir dos modelos ajustados aos semivariogramas (Tabela 1), são apresentados na Figura 1. Na primeira avaliação, na profundidade de 5 cm, houve o predomínio de valores de RP variando entre 2,5 e 3,0 MPa, valores acima dos considerados críticos ao desenvolvimento radicular da maioria das culturas (2 MPa)(REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Ainda nessa profundidade, foram observadas regiões com valores de RP superiores a 3,0 MPa. A 10 cm de profundidade, houve o predomínio de valores de RP entre 2,0 e 2,5 MPa. Já para as camadas abaixo de 10 cm, a maior parte da área apresentou valores de RP menores do que 2 MPa. É possível observar que os valores de RP em dezembro/2011 foram diminuindo com o aumento da profundidade de avaliação, o que não é esperado para áreas sob sistema plantio direto consolidado, onde a RP é maior na camada de 10-20 cm comparativamente à de 0-10 cm (LANZANOVA et al., 2010; DEBIASI et al., 2011). Desse modo, a maior RP na camada de 0-10 cm em relação à de 10-20 cm pode ser atribuída às pressões aplicadas pelos animais na superfície do solo durante o primeiro período de pastejo (outubro/2010 a novembro/2011). Os valores de RP nas camadas superficiais, acima de 10 cm, evidenciam que compactação do solo ocasionada

Tabela 1. Modelos ajustados aos semivariogramas da produtividade da soja e da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférrico em diferentes camadas de solo, na primeira e segunda avaliações.

	Modelo	Parâmetros ^a			R ²	Dependência Espacial ^b	
		C ₀	C ₁	a		C ₀ /(C ₁ +C ₀)	Grau
Primeira avaliação (Dez 11)							
RP-05 cm	Gaussiano	0,41	0,053	163,2	0,70	0,89	Fraca
RP-10 cm	Gaussiano	0,30	0,032	200,0	0,77	0,90	Fraca
RP-15 cm	Gaussiano	0,25	0,047	85,1	0,67	0,84	Fraca
RP-20 cm	Gaussiano	0,26	0,057	70,1	0,59	0,82	Fraca
Segunda avaliação (Out 12)							
RP-05 cm	Gaussiano	0,28	0,126	72,0	0,37	0,69	Moderada
RP-10 cm	Gaussiano	0,15	0,078	60,5	0,62	0,66	Moderada
RP-15 cm	Gaussiano	0,17	0,043	100,0	0,57	0,80	Fraca
RP-20 cm	Gaussiano	0,16	0,060	36,8	0,68	0,73	Moderada
Produtividade	Gaussiano	10,00	23,140	29,5	0,65	0,30	Forte

^aC₀ = efeito pepita; C₁ = variância estrutural; a = alcance. ^bDe acordo com Cambardella et al. (1994), esse parâmetro pode ser usado para classificar a dependência espacial como: forte (0 a 0,25); moderada (0,26 a 0,75) e fraca (0,76 a 1).

pelo pisoteio animal poderia ser limitante à produtividade de culturas anuais. Por outro lado, os resultados indicam que o pastejo com 2 UA ha⁻¹ por um período aproximado de 12 meses teve pouca influência na RP nas camadas abaixo de 10 cm.

Na segunda avaliação, a RP na profundidade de 5 cm aumentou em relação à primeira avaliação, o que é evidenciado pelo predomínio de valores acima de 2,5 MPa e pelo aumento das áreas com valores de RP acima de 3,0 MPa (Figura 1). O aumento da RP a 5 cm de profundidade foi proporcional ao incremento na pressão de pastejo, já que a maior frequência de valores acima de 3,0 MPa, assim como o surgimento de valores acima de 3,5 MPa, foram associados com os tratamentos P4 e P6. A compactação pelo pisoteio animal na superfície do solo pode ser explicada pelo fato da pressão exercida pelos animais sobre o solo atingir valores de 350 a 400 kPa (PROFFITT et al., 1993), os quais podem ser duplicados quando o animal está em movimento (NIE; WARD; MICHAEL, 2001). Esses valores são superiores às pressões que um solo argiloso, manejado sob SPD, pode suportar sem sofrer compactação adicional (VEIGA et al., 2007). Para as demais profundidades, os valores de RP na segunda avaliação não foram significativamente alterados

pelos pressões de pastejo, sendo similares aos obtidos na primeira avaliação. Esses resultados revelam que a compactação pelo pisoteio animal é limitada à camada superficial do solo, confirmando resultados obtidos anteriormente em estudos envolvendo pastagens de aveia + azevém (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000; FLORES et al., 2007; PETEAN et al., 2009). Avaliando os efeitos de diferentes pressões de pastejo sobre a qualidade física do solo em pastagem de *Urochloa brizantha* cv 'Xaraes', Debiasi e Franchini (2012) também encontraram que o aumento da RP pelo pisoteio animal foi restrito à camada de 0-5 cm quando a pressão de pastejo foi de 6,88 UA ha⁻¹. Salienta-se que a compactação superficial do solo, até 5 cm de profundidade, pode ser corrigida nas linhas de semeadura com o uso de semeadoras equipadas com sulcadores do tipo facão (ANDREOLLA; GABREIL FILHO, 2006).

Levando-se em consideração as tensões aplicadas ao solo por máquinas agrícolas, Hamza e Anderson (2005) explicam que a compactação na superfície do solo depende da pressão de contato rodado-solo, enquanto que a compactação em camadas subsuperficiais é determinada principalmente pela carga total por eixo. Embora a pressão aplicada pelas patas

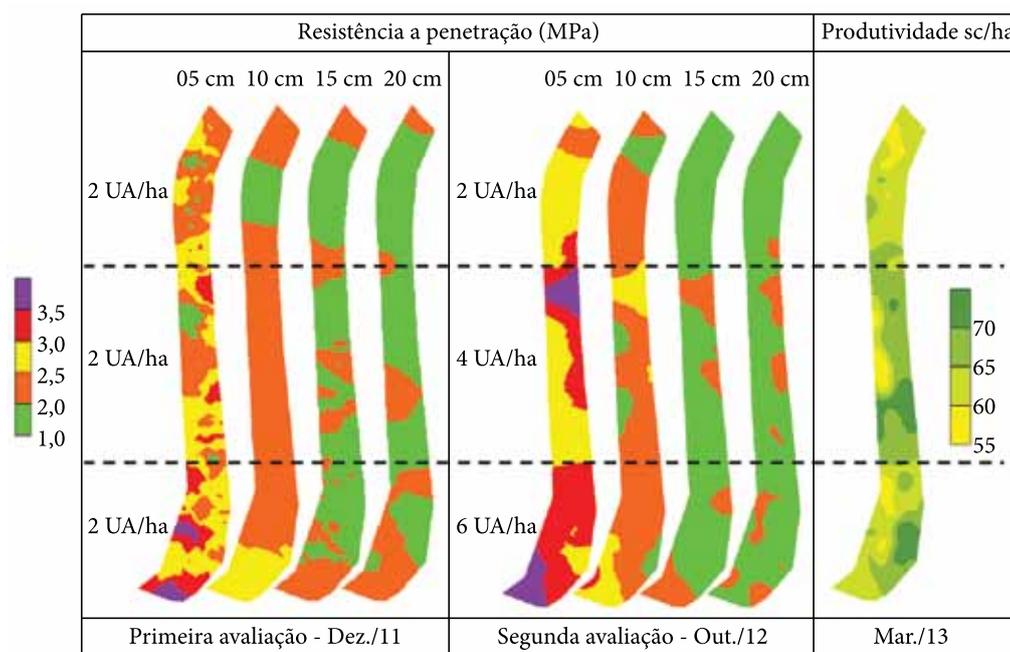


Figura 1. Mapas de produtividade da soja cultivada em sucessão à pastagem, e de resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférico nas camadas de 5, 10, 15 e 20 cm, após pastejo contínuo com pressão uniforme de 2 UA ha⁻¹ (primeira avaliação, Dez/11) e após pastejo contínuo com diferentes pressões de pastejo (segunda avaliação, Out/12).

dos bovinos seja similar ou até mais elevada do que a aplicada pelos rodados das máquinas agrícolas (PROFFITT et al., 1993), a massa total dos animais é bem menor. Assim, sob o ponto de vista do padrão de distribuição das tensões no solo, é esperado que a compactação pelo pisoteio animal ocorra na superfície do solo. No entanto, quando a carga animal é muito elevada, o aumento do estado de compactação em função do pisoteio pode ocorrer em camadas mais profundas (LANZANOVA et al., 2007; MARCHÃO et al., 2009; DEBIASI; FRANCHINI, 2012).

A produtividade da soja cultivada em sucessão à pastagem foi pouco influenciada pelas alterações na qualidade física da camada superficial do solo, uma vez que as maiores produtividades foram observadas nas maiores pressões de pastejo (Figura 1). Considerando os valores médios nas áreas de pastejo, a produtividade da soja (sc ha⁻¹) seguiu a seguinte ordem decrescente: 68 (P4); 65 (P6) e 62 (P2). Assim, os dados indicam que a pressão de pastejo intermediária, de 4 UA ha⁻¹, que conferiu altura média da pastagem de 35 cm, foi a que proporcionou o melhor ambiente para maximizar a produtividade de soja cultivada em sucessão. Resultados semelhantes foram obtidos por Debiassi e Franchini (2012),

que obtiveram maior produtividade da soja cultivada após pastagem de *Urochloa brizantha* nas maiores pressões de pastejo. Possivelmente, a pressão de pastejo interfere em outros fatores de produção, como a quantidade de palha e a qualidade da sementeira, que podem exercer maior influência sobre a produtividade de grãos de soja do que a RP do solo. Cabe destacar que a distribuição regular das chuvas na safra 2012/2013 pode ter minimizado os impactos negativos da compactação do solo ocasionada pelo pisoteio animal sobre as plantas de soja.

4. Conclusões

O aumento da pressão de pastejo aumentou proporcionalmente a RP do solo apenas na camada superficial de 5 cm.

A produtividade da soja cultivada em sucessão à pastagem não foi relacionada com a RP do solo, sendo a maior produtividade observada na pressão de pastejo intermediária, de 4UA ha⁻¹, que conferiu altura da pastagem de 35 cm.

Os resultados indicam que o aumento da RP na superfície do solo em áreas de pastagem não é

limitante para a produtividade da soja e pode ser manejado com o uso de semeadora-adubadora equipada com mecanismos sulcadores, do tipo facão.

A pressão de pastejo pode estar interferindo em outros fatores, como a quantidade de cobertura e a qualidade da sementeira, que tiveram maior influência sobre a produtividade da soja do que a RP do solo.

Agradecimentos

A Bunge e Finep/FNDCT/Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), pelo apoio financeiro aos projetos que originaram os resultados apresentados.

Referências

- ANDREOLLA, V. R. M.; GABREIL FILHO, A. Demanda de potência de uma semeadora com dois tipos de sulcadores em áreas compactadas pelo pisoteio de animais no sistema integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 768-76, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162006000300014>
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107>
- 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 Yowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x>
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, F. A.; MACHADO, T. M. Ajuste de grades amostrais para o mapeamento da resistência à penetração de um Latossolo Bruno. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. (Ed.). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 138-142.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000700007>
- EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, L.; CASSOL, L. C.; CARVALHO, P. C. F.; LEITE, J. G. B.; FRAGA, T. I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000400017>
- HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2004.08.009>
- LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500028>
- LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. Atributos físicos de um Argissolo em sistemas de culturas de longa duração sob sementeira direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1333-1342, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400030>
- MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PALUDO, A. L.; GUIMARÃES JUNIOR, R. **Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura-pecuária no Oeste Baiano**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 6 p. (Comunicado Técnico, 163).
- NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; KUMAR, M.; SHOWALTER, J. M. Carbon sequestration in agroforestry systems. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 237-307, 2010. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08005-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08005-3)
- NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on South – Western Victoria. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 52, p. 37-43, 2001. <http://dx.doi.org/10.1071/AR00063>
- PETEAN, L. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; ALVES, S. J. Altura de pastejo de aveia e azevém e qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico sob integração lavoura-pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 1009-1016, 2009. Suplemento 1.
- PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red – Brown earth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 44, p. 317-331, 1993. <http://dx.doi.org/10.1071/AR9930317>
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.
- SILVA, V. R.; REINERT, D.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191-199, 2000.
- VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 92, p. 104-113, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2006.01.008>
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geo-statistical analysis of variability in soil and climate data. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 2, p. 1-45, 2002.