

ATRIBUTOS FÍSICOS E TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NA CAMADA SUPERFICIAL DE UM ARGISSOLO VERMELHO CULTIVADO COM MANDIOCA SOB DIFERENTES MANEJOS⁽¹⁾

Rogério Ferreira da Silva⁽²⁾, Clovis Daniel Borges⁽³⁾, David Martins Garib⁽³⁾ & Fábio Martins Mercante⁽⁴⁾

RESUMO

A manutenção e a melhoria da qualidade do solo são determinantes para a estabilidade, sustentabilidade e produtividade de ecossistemas naturais e de agroecossistemas. A compreensão e a quantificação do impacto dos sistemas de preparo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do sistema convencional de preparo do solo e do sistema plantio direto, associado ao uso de diferentes plantas de cobertura, nas propriedades físicas e no teor de matéria orgânica de um solo cultivado com mandioca. O estudo foi realizado no município de Glória de Dourados, MS, num Argissolo Vermelho textura arenosa. Foram estudados o sistema convencional de preparo do solo (SC), o plantio direto sobre resíduos culturais de mucuna (PDMu), sorgo (PDSO) e milheto (PDMi) e a vegetação nativa (VN) como área-referência. As avaliações foram realizadas em maio de 2003 (após o plantio da mandioca) e agosto de 2004. Os teores de matéria orgânica foram semelhantes entre os diferentes sistemas de manejo. Os efeitos dos sistemas nas propriedades físicas do solo foram verificados apenas na fase inicial do estabelecimento da cultura. A maior estabilidade dos agregados ocorreu em sistemas de cultivo que utilizaram gramíneas como plantas de cobertura. O sistema convencional apresentou menor densidade e maior porosidade total do solo, especialmente na macroporosidade, quando comparado aos valores verificados nos sistemas plantio direto com uso de plantas de cobertura.

Termos de indexação: plantio direto, sistema convencional, estrutura do solo, agregados, *Manihot esculenta* Crantz.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em março de 2007 e aprovado em outubro de 2008.

⁽²⁾ Pós-Doutorando na Embrapa Agropecuária Oeste. Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados (MS). Bolsista do CNPq. Email: rogerio@uems.br

⁽³⁾ Graduando em Ciências Biológicas, Centro Universitário da Grande Dourados. CEP 79824-900 Dourados (MS). Bolsista do CNPq na Embrapa Agropecuária Oeste. E-mails: clovisdb@yahoo.com.br; david@cpao.embrapa.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste. Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados (MS). E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

SUMMARY: PHYSICAL PROPERTIES AND ORGANIC MATTER CONTENT OF AN ULTISOL CULTIVATED WITH CASSAVA UNDER DIFFERENT MANagements

*The maintenance and improvement of soil quality are crucial to the stability, sustainability and productivity of natural ecosystems and agroecosystems. The understanding and quantification of the impact of tillage systems in their physical quality are fundamental in the development of sustainable agricultural systems. This study was carried out to evaluate the effects of management practices on physical properties and organic matter content of an Ultisol cultivated with cassava following the use of distinct cover crops. A field experiment was carried out in Glória de Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil, in a sandy texture Ultisol. The following management practices were used: conventional tillage (SC), no-tillage system with cultural residues of *Estilozobium pruriens* (PDMu), *Sorghum bicolor* (PDSO) or *Pennisetum glaucum* (PDMi). A native vegetation (VN) soil was used as reference for comparison. Evaluations were performed in May 2003 (after planting cassava) and August 2004. Organic matter contents in the different soil management practices were similar. The effects of these systems on the soil physical properties were more pronounced in the early phase of cassava establishment. Aggregate stability was higher in cultivation systems that used grass as cover crop. Bulk density was lower and total soil porosity, particularly macroporosity, was higher in the conventional when compared to the no-tillage system using cover crops.*

*Index terms: no-tillage system, conventional tillage, soil structure, soil aggregates, *Manihot esculenta* Crantz.*

INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) está presente em todo o Estado de Mato Grosso do Sul, porém grande parte das lavouras está concentrada na região do Cone Sul do Estado. Isso se deve ao fato de que, nesta região, as características edafoclimáticas são favoráveis, além da presença das principais indústrias processadoras, principalmente as fecularias.

Nessa região, principal pólo produtor do Estado, a mandioca é freqüentemente cultivada em solos de textura superficial média a arenosa, com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica. O preparo do solo é tradicionalmente realizado com uma aração e duas gradagens, o que pode provocar elevadas taxas de erosão e a degradação física, biológica e química dos solos (Gabriel Filho et al., 2000). Além disso, a cultura da mandioca apresenta crescimento inicial relativamente lento, razão pela qual passa por períodos de chuvas intensas, o que, associado com capinas constantes para livre competição com plantas daninhas, até no mínimo 60 dias após o plantio (Lorenzi & Dias, 1993), expõe excessivamente os solos à erosão hídrica e à perda da sua capacidade produtividade em cultivos sucessivos.

Devido à suscetibilidade desses solos, tem sido estimulada a adoção de preparo conservacionista para manter a cobertura e reduzir a erosão (Tormena et al., 2002). A adoção de sistemas de preparo com mínimo revolvimento do solo e uso de plantas de cobertura, além de oferecer as condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura, fundamenta a sustentabilidade dos sistemas de produção (Cavaliere et al., 2006). Vários trabalhos

ênfaticamente a importância da rotação de culturas com uso de plantas de cobertura do solo no cultivo das espécies vegetais, pois, além de proteger o solo contra os agentes erosivos, contribui para melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas (Dao, 1996; Oliveira et al., 2002). A adoção desses sistemas, que mantêm os resíduos de plantas de cobertura na superfície, tem sido preconizada como uma alternativa tecnicamente viável para a cultura de mandioca (Oliveira et al., 2001).

Em sistemas conservacionistas de manejo de solo, o uso de plantas de cobertura favorece o aumento do teor de C orgânico total (Lovato et al., 2004), recicla nutrientes e melhora a estabilidade da estrutura do solo, pelo efeito físico das raízes sobre a formação e manutenção dos agregados do solo (Silva et al., 1998; Albuquerque et al., 2005). Entretanto, devido a menor revolvimento, esses sistemas podem favorecer o aumento da densidade do solo, macroporosidade e porosidade total na camada superficial, quando comparado ao sistema convencional (Bertol et al., 2004; Oliveira et al., 2004), embora esse comportamento nem sempre seja observado (Costa et al., 2003; Oliveira et al., 2003).

A manutenção e melhoria da qualidade do solo é um fator-chave para a estabilidade, sustentabilidade e produtividade de ecossistemas naturais e de agroecossistemas. A compreensão e a quantificação do impacto dos sistemas de preparo do solo na sua qualidade física são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Na cultura da mandioca, tais impactos podem representar efeitos negativos ainda mais evidentes devido às características inerentes ao seu cultivo, que não proporcionam boa proteção ao solo em seu estágio

inicial de crescimento, deixando-o descoberto por longo período. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do sistema convencional de preparo do solo e do sistema plantio direto associado ao uso de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas e no teor de matéria orgânica de um solo cultivado com mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de 2003 a 2004 no município de Glória de Dourados, MS (22 ° 22 ' S e 54 ° 30 ' W, 400 m), em solo classificado como Argissolo Vermelho textura arenosa (Mato Grosso do Sul, 1989). O clima de ocorrência, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação quente e chuvosa no verão e moderadamente seca no inverno.

O experimento iniciou-se em outubro de 2002, com a divisão dessa área em quatro talhões de 1.800 m² cada (Figura 1), onde foram efetuadas as sementeiras de mucuna-cinza (*Stizolobium cinereum* Piper e Tracy), sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) e milheto (*Pennisetum americanum* L.), sob preparo convencional, com aração e gradagens. No quarto talhão, a área foi deixada em pousio para posterior preparo com aração e gradagens (sistema convencional), que serviu como padrão comparativo. Realizou-se

também amostragem de solo numa área sob vegetação nativa (Cerrado), adjacente às parcelas experimentais, que serviram também como controle para comparação.

Nas áreas com as diferentes coberturas vegetais, foram aplicados 495 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral, contendo N-P-K (0-20-20) + Ca + S + Zn, nas concentrações de 8, 4 e 0,3 %, respectivamente. Na floração plena, essas culturas passaram por um processo de rolagem, utilizando um “rolo-faca”, seguido de dessecação com aplicação dos herbicidas glyphosate e 2,4-D na dosagem recomendada. Após a dessecação, efetuou-se o plantio da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), em maio de 2003, variedade Fécula Branca, utilizando-se de fileiras simples, com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e 0,70 m entre plantas, com aplicação de 456 kg ha⁻¹ de fertilizante mineral N-P-K (4-20-20) + Zn (0,3 %). A colheita foi realizada em novembro de 2004, aos 18 meses após o plantio.

Em maio de 2003 (após o plantio) e agosto de 2004 (15 meses após o plantio), foram efetuadas as coletas de amostras de solo deformadas e indeformadas, na camada de 0-10 cm, em cinco pontos distintos e distanciados de 5 m entre si, para cada sistema de manejo. As amostras indeformadas foram coletadas com anéis de volume de 100 cm³, utilizados nas determinações de densidade de solo (Ds), pelo método do anel volumétrico, e de macroporosidade e microporosidade, pelo método da mesa de tensão (Embrapa, 1997). Amostras deformadas foram



Figura 1. Imagem das áreas com fragmento da vegetação nativa e campo experimental, localizado a 54 ° 12 ' 41 " W e 22 ° 24 ' 09 " S, no município de Glória de Dourados, MS (Google maps, 2008).

retiradas para determinação do diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), por via úmida, em um conjunto de peneiras, com malhas de 8,0; 6,3; 4,0; 2,0; 1,0; e 0,5 mm, de acordo com Embrapa (1997). O teor de MO e a análise granulométrica foram determinados segundo descrito por Embrapa (1997).

O delineamento experimental considerado para análise foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas principais, com cerca de 350 m², foram os sistemas de preparo do solo: sistema convencional (SC), plantio direto sobre resíduos culturais de mucuna (PDMu), sorgo (PDSO) e milheto (PDMi), além de sistema com vegetação nativa (VN); e as subparcelas, as épocas de avaliação (primeira época – maio/2003 e segunda época – agosto/2004).

Os resultados obtidos, exceto a distribuição de tamanhos de agregados, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 %. Efetuou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson para os dados de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e diâmetro médio ponderado de agregados, com os teores de matéria orgânica do solo. As análises estatísticas foram processadas por meio do programa Statística (versão 5.0, StatSoft).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição dos agregados em classes de diâmetro (Quadro 1) determina o valor do DMP. Em maio de 2003, logo após o plantio de mandioca, tomando a vegetação nativa como condição original de agregação do solo, observou-se que os efeitos dos sistemas de cultivo foram mais intensos sobre os agregados de

diâmetro > 8,0 mm e entre 8,0 e 6,3 mm. A maior percentagem de agregados na classe de > 8,0 mm ocorreu nos sistemas que utilizaram plantas de cobertura. Por outro lado, no SC houve aumento de agregados na classe entre 8,0 e 6,3 mm, graças à destruição dos agregados maiores pelas práticas de preparo do solo. Portanto, os sistemas com culturas de coberturas podem ter variações na agregação do solo, de acordo com as diferenças nas espécies de plantas. A diferença entre espécies pode estar na qualidade do material orgânico sintetizado pelas raízes das diversas culturas ou na configuração das raízes, especialmente na proporção das raízes laterais (Reid & Goss, 1982; Basso & Reinert, 1998). A matéria orgânica e o crescimento de raízes são os principais agentes responsáveis pela formação de agregados maiores (Wohlenberg et al., 2004).

Aos 15 meses do plantio (agosto/2004), verificaram-se alterações na estrutura do solo nos sistemas cultivados, com aumento no tamanho dos agregados de diâmetro médio maior que 8,0 mm, assemelhando-se às condições da vegetação nativa (Quadro 1). Provavelmente, esse comportamento pode ser atribuído à proteção superficial da cultura e à presença de plantas espontâneas, criando ambiente favorável à agregação pela ação de raízes, cobertura do solo, fornecimento de resíduos orgânicos e conservação da umidade favorável à ação de microrganismos.

Os resultados de diâmetro médio ponderado (DMP), teor de matéria orgânica (MO), densidade do solo (Ds), macroporosidade, microporosidade e porosidade total (VTP) são apresentados no quadro 2. Em maio de 2003, logo após o plantio, os valores de DMP foram significativamente menores no sistema convencional (SC) e no sistema com cobertura de mucuna (PDMu). Entre os sistemas de cultivo, os que envolveram sorgo

Quadro 1. Distribuição de tamanhos de agregados de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-10 cm

Uso do solo	Tamanho de agregados (mm)					
	> 8,0	8,0 - 6,3	6,3 - 4,0	4,0 - 2,0	2,0 - 1,0	1,0 - 0,5
%						
Maio de 2003						
SC	50	28	13	5	2	1
PDMu	60	22	11	4	1	1
PDSO	66	24	8	2	0	0
PDMi	68	18	11	2	0	0
VN	75	15	8	1	0	0
Agosto de 2004						
SC	72	19	6	1	0	0
PDMu	75	19	5	1	0	0
PDSO	74	19	6	1	0	0
PDMi	74	18	7	1	0	0
VN	73	17	9	1	0	0

Sistema convencional (SC), plantio direto (PD) sobre resíduos de mucuna (Mu), sorgo (So), milheto (Mi) e vegetação nativa (VN). Valores médios de cinco repetições.

Quadro 2. Características físicas e teores de matéria orgânica (MO) de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo, na profundidade de 0-10 cm

Uso do solo	DMP	MO	Ds	Macroporos	Microporos	VTP
	mm	g kg ⁻¹	kg dm ⁻³	%		
Maio de 2003						
SC	3,93 b	7,77 b	1,41 b	26,03 a	18,44 b	44,47 a
PDMu	4,07 b	6,53 b	1,62 a	16,35 c	22,39 ab	38,74 b
PDSO	6,22 a	8,60 ab	1,62 a	16,38 c	23,42 a	39,81 ab
PDMi	6,13 a	6,19 b	1,61 a	17,76 bc	21,13 ab	38,89 b
VN	7,39 a	11,69 a	1,48 ab	23,11 ab	20,06 ab	43,17 ab
Agosto de 2004						
SC	6,35 a	6,47 b	1,39 ab	31,56 a	14,82 a	46,38 ab
PDMu	6,62 a	6,70 b	1,46 ab	25,13 a	18,49 a	43,63 ab
PDSO	6,97 a	7,48 b	1,32 b	31,26 a	16,13 a	47,40 a
PDMi	6,69 a	5,96 b	1,52 a	25,74 a	15,76 a	41,50 b
VN	7,53 a	10,95 a	1,33 b	30,56 a	17,84 a	48,40 a

Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Sistema convencional (SC), plantio direto (PD) sobre resíduos de mucuna (Mu), sorgo (So), milho (Mi) e vegetação nativa (VN). Diâmetro médio ponderado de agregados (DMP), densidade de solo (Ds) e porosidade total (VTP).

(PDSO) e milho (PDMi) como plantas de coberturas no sistema plantio direto foram os que proporcionaram maiores valores de DMP, mostrando o potencial dessas culturas na formação e estabilização de agregados do solo. Isso se deve, provavelmente, à alta densidade de raízes, ao aporte de matéria orgânica e à distribuição uniforme dos exsudatos no solo, que estimulam a atividade microbiana (Silva & Mielniczuk, 1997; Cruz et al., 2003; Stone & Guimarães, 2005). Na avaliação de 15 meses após o plantio (agosto/2004), não foram detectadas diferenças significativas (p < 0,05) entre os diferentes sistemas (Quadro 2).

As mudanças a curto prazo na agregação estariam mais relacionadas a alterações do sistema de manejo, pois no presente estudo o teor de matéria orgânica não apresentou diferenças significativas entre os sistemas cultivados, nas duas épocas de avaliação (Quadro 2). O sistema PDSO não diferiu significativamente da VN. Na maioria dos estudos sobre efeitos de sistemas de manejo, tem sido demonstrado que as alterações no teor de matéria orgânica do solo ocorrem a médio ou longo prazo (Oliveira et al., 2001).

Entretanto, verificou-se correlação positiva (r = 0,65; p < 0,05) entre o teor de matéria orgânica e os agregados estáveis (DMP), confirmando observações de outros autores sobre essa importante função da matéria orgânica na manutenção da estrutura do solo (D'Andréa et al., 2002; Stone & Guimarães, 2005; Neves et al., 2006). Isso ocorre pelo fato de as moléculas orgânicas atuarem nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem como fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação (Wohlenberg et al., 2004).

A densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total não apresentaram correlação

significativa com o teor de matéria orgânica. Os maiores valores de densidade foram obtidos nos sistemas sob PDMu, PDSO e PDMi, no início do ciclo da cultura de mandioca (maio/2003), sendo significativamente superiores (p < 0,05) aos verificados no sistema sob preparo convencional. Esse resultado, provavelmente, se deve ao efeito do tráfego de máquinas e da ausência de mobilização mecânica do solo nos sistemas com as diferentes coberturas de solo (Cruz et al., 2003; Tormena et al., 2004; Secco et al., 2005; Silva et al., 2006). Por outro lado, no SC verificaram-se os menores valores de Ds, que podem ser atribuídos ao revolvimento do solo e à incorporação dos resíduos culturais, executada antes do cultivo da cultura, corroborando os resultados obtidos por Araújo et al. (2004), Bertol et al. (2004) e Spera et al. (2004). Aos 15 meses do plantio da cultura da mandioca (agosto/2004), o PDMi apresentou valores de densidade superiores aos do PDSO e similares aos dos demais sistemas de cultivo (Quadro 2).

O aumento da Ds no PDMu, PDSO e PDMi ocorreu às expensas dos poros de maior diâmetro; conseqüentemente, esses sistemas apresentaram os menores valores de macroporosidade no início do ciclo da cultura da mandioca. O maior valor de macroporosidade observado no sistema com revolvimento deve-se à persistência dos efeitos da mobilização do solo, que resultaram em quebra dos agregados e desenvolvimento de poros, notadamente macroporos, como atestam os resultados obtidos por Bertol et al. (2004) e Spera et al. (2004). Esses efeitos desapareceram aos 15 meses do plantio da cultura (agosto/2004), visto que não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de manejo. Os valores de macroporosidade nesses sistemas mostraram-se semelhantes aos valores verificados na vegetação nativa.

Entre os sistemas de manejo, o maior valor de microporosidade foi observado no PDSO, sendo superior ao verificado no SC e similar aos demais, no início do ciclo da cultura da mandioca (maio/2003). Por outro lado, aos 15 meses após o plantio da cultura (agosto/2004) não houve diferenças entre os sistemas. A microporosidade é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de matéria orgânica e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originado do tráfego de máquinas e implementos (Silva & Kay, 1997).

Em relação à porosidade total (VTP), no início do ciclo da cultura de mandioca (maio/2003), os sistemas PDMu, PDSO e PDMi apresentaram comportamentos semelhantes entre si, com valores inferiores ($p < 0,05$) aos do sistema convencional, exceto o PDSO, que demonstrou valores similares aos do SC. Esse fato deve-se ao resultado do tráfego de máquinas no sistema plantio direto sob coberturas vegetais, que, além de reduzir a porosidade total, muda a distribuição do tamanho dos poros (Cruz et al., 2003). Na avaliação realizada aos 15 meses após o plantio da cultura da mandioca (agosto/2004), o VTP apresentou os maiores valores no PDSO, sendo superiores aos do PDMi e similares aos dos demais sistemas cultivados.

CONCLUSÕES

1. Os efeitos dos sistemas de manejo nas propriedades físicas do solo foram verificados na fase inicial do estabelecimento da cultura da mandioca, com intensidade variável em função da espécie da cultura de cobertura.

2. O sistema convencional de cultivo da mandioca provoca redução na densidade e aumento na porosidade total do solo, especialmente na macroporosidade, quando comparado aos sistemas sob plantio direto com plantas de cobertura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (Fundect), pelo suporte financeiro ao trabalho.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A.; ARGENTON, J.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. & KUNTZE, M.A.G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:415-424, 2005.
- ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A. & SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob mata nativa. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:337-345, 2004.
- BASSO, C.J. & REINERT, D.J. Variação da agregação induzida por plantas de cobertura de solo no inverno e plantio direto de milho em um solo Podzólico. *Ci. Rural*, 28:567-571, 1998.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.S.; LEITE, D.; AMARAL, A. & ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:155-163, 2004.
- CAVALIERI, K.M.V.; TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A. & COSTA, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:137-147, 2006.
- COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:527-535, 2003.
- CRUZ, A.C.R.; PAULETTO, E.A.; FLORES, C.A. & SILVA, J.B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:1105-1112, 2003.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. & FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos Cerrados no sul do Estado de Goiás. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1047-1054, 2002.
- DAO, T.H. Tillage system and crop residue effects on surface compaction of a Paleusol. *Agron. J.*, 88:141-148, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1)
- GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A.C.S.; STROHHAECKER, L. & HELMICH, J.J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. *Ci. Rural*, 30:953-957, 2000.
- GOOGLE maps: satélite. Mapa. 100 m, 200 pés, disponível em: <<http://maps.google.com.br>>. Acesso em 6 de maio de 2008.
- LORENZI, J.O. & DIAS, C.A.C. Cultura da mandioca. Campinas, CATI, 1993. 36p. (CATI. Boletim técnico, 211)
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, C. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:175-187, 2004.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto de Apoio ao Planejamento do Estado. Macrozoneamento geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 1989. 242p.

- NEVES, C.S.V.J.; FELLER, C. & KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e matéria orgânica em água quente na estabilidade de agregados de um Latossolo argiloso. *Ci. Rural*, 36:1410-1415, 2006.
- OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., H.V.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., H.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M., eds. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v.2. p.393-486.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N. & RESCK, D.V.S. Compressibilidade de um Latossolo Vermelho argiloso de acordo com a tensão de água no solo, uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:773-781, 2003.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S. & CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:327-336, 2004.
- OLIVEIRA, J.O.A.P.; VIDIGAL FILHO, P.S.; TORMENA, C.A.; PEQUENA, M.G.; SCAPIM, C.A.; MUNIZ, A.S. & SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:443-450, 2001.
- REID, J.B. & GOSS, M.J. Interactions between soil drying due to plant water use and decreases in aggregate stability caused by maize roots. *J. Soil Sci.*, 33:47-53, 1982.
- SECCO, D.; DA ROS, C.O.; SECCO, J.K. & FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas de um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:407-414, 2005.
- SILVA, A.P. & KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:877-883, 1997.
- SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:113-117, 1997.
- SILVA, M.A.S.; MAFRA, A.L.; ALBUQUERQUE, J.A.; ROSA, J.D.; BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:329-337, 2006.
- SILVA, M.L.N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M.; MARQUES, J.J.G.S.M. & CARVALHO, A.M. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:97-103, 1998.
- SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S. & TOMM, G.O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:533-542, 2004.
- STONE, L.F. & GUIMARÃES, C.M. Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16)
- TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S. & GONÇALVES, A.C.A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Sci. Agric.*, 59:195-801, 2002.
- TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A.; ARAÚJO, M.A. & PINTRO, J.C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 8:65-71, 2004.
- WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:891-900, 2004.