



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9601

Janeiro, 2005

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16

Influência de Sistemas de Rotação de Culturas nos Atributos Físicos do Solo

Luís Fernando Stone
Cleber Moraes Guimarães

Santo Antônio de Goiás, GO
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rodovia Goiânia a Nova Veneza Km 12 Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2123
Fax: (62) 3533 2100
www.cnpaf.embrapa.br
sac@cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Carlos Agustin Rava*
Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*
Pedro Marques da Silveira
Alberto Baêta dos Santos

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Capa: *Diego Camargo*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2003): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

Stone, Luís Fernando.

Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo / Luís Fernando Stone, Cleber Moraes Guimarães. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2005.

15 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9571 ; 16)

1. Física do Solo. 2. Arroz – Rotação de Cultura. I. Guimarães, Cleber Moraes. II. Título. III. Embrapa Arroz e Feijão. IV. Série.

CDD 631.43 (21. ed.)

© Embrapa 2005

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	9
Conclusões	13
Referências Bibliográficas	14

Influência de Sistemas de Rotação de Culturas nos Atributos Físicos do Solo

Luís Fernando Stone¹

Cleber Morais Guimarães²

Resumo

O experimento foi conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, durante dez anos agrícolas, novembro de 1993 a março de 2003, em Latossolo Vermelho distrófico. Após esse período, foram avaliados os efeitos de sete sistemas de rotação de cultura nos atributos físicos do solo. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de: cultivo anual contínuo de arroz; arroz em rotações anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha; e arroz em rotações anual, bienal e trienal com soja e milheto safrinha. As culturas de arroz e soja foram semeadas em novembro, em solo preparado com arado de aivecas, e as de milho e milheto imediatamente após a colheita da soja, em plantio direto. A rotação anual de arroz com soja e milho ou milheto safrinha propiciou melhor qualidade física do solo em relação às demais rotações, especialmente quando o milho foi usado na safrinha. Esta melhoria foi devida ao maior aporte de matéria orgânica ao solo.

Termos para indexação: densidade do solo, porosidade do solo, agregados do solo.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. stone@cnpaf.embrapa.br.

² Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fisiologia Vegetal, Embrapa Arroz e Feijão. cleber@cnpaf.embrapa.br.

Influence of Crop Rotations on Soil Physical Attributes

Abstract

The study was carried out at Embrapa Rice & Beans Research Center, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brazil, for ten years, November 1993 to March 2003, in a Dystrophic Red Latosol (Oxisol). After this period, it were evaluated the effects of seven crop rotations on soil physical attributes. The experiment was conducted in a randomized block design, with four replications. The crop rotations were: continuous annual rice cultivation; annual, biannual, and triennial rotations of rice and soybean/corn; and annual, biannual, and triennial rotations of rice and soybean/millet. Rice and soybean were sowing in November, under moldboard plow tillage, and corn and millet immediately after the soybean harvest, under no-tillage. Annual rotation of rice and soybean/corn or soybean/millet promoted better soil physical quality in relation to the others crop rotations, specially when soybean/corn was used. This amelioration was due to higher addition of organic matter to the soil.

Index terms: bulk density, soil porosity, soil aggregates.

Introdução

O uso intensivo de terras agricultáveis para a produção vegetal e animal tem causado degradação da estrutura do solo. Esse problema tem se agravado devido ao crescente aumento da massa das máquinas agrícolas e frequência de tráfego. A degradação da estrutura afeta negativamente o desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica.

A adoção de sistemas de rotação de culturas tem sido preconizada para o manejo físico, químico e biológico do solo. Do ponto de vista da física do solo, tem-se estimulado a adoção da rotação para manter e/ou aumentar os níveis de matéria orgânica do solo, para a criação de poros biológicos, para a melhoria da estrutura do solo e fornecimento de suficiente palhada na superfície do solo (Karlen et al., 1994).

A quantidade de material vegetal adicionado na superfície e a quantidade de matéria orgânica acumulada no solo são dependentes das culturas usadas na rotação (Bayer et al., 2000; Amado et al., 2001). Aqueles sistemas que incluem culturas com alta produção de matéria seca e culturas com baixa relação C/N, em geral, resultam em maiores acúmulos de matéria orgânica no solo. Os resíduos de leguminosas têm grande importância como fornecedores de N, podendo contribuir para a diminuição da acidez do solo e da relação C/N da matéria orgânica do solo (Hargrove, 1986). Em contrapartida, os resíduos das gramíneas promovem a melhoria do solo, por possuírem maior conteúdo de lignina, possibilitando aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos (Primavesi, 1982), favorecendo a estruturação e a estabilidade dos agregados do solo (Fassbender & Bornemisza, 1994), tornando-o menos suscetível à compactação.

A intensidade da alteração nos atributos físicos do solo provocada pela rotação de culturas depende do período de cultivo, do número de cultivos por ano e das espécies cultivadas. Fahad et al. (1982) encontraram decréscimo no tamanho dos agregados estáveis em água em solos de cultivo contínuo com soja, quando comparados com o solo cultivado com soja após pousio, sorgo ou milho. Observaram, ainda, que a macroporosidade do solo foi maior no cultivo da soja após pousio e na rotação milho-sorgo que no cultivo contínuo de soja. Ao compararem várias seqüências de cultivos de sorgo e soja no verão, em sucessão ao trigo de inverno, Bruce et al. (1990) verificaram que, com dois ou mais cultivos sucessivos de sorgo, o solo apresentava maior estabilidade de agregados e espaço poroso de aeração e menor densidade que após dois ou mais cultivos sucessivos de soja. Albuquerque et al. (1995), em Latossolo Vermelho-

Escuro, verificaram que, sob manejo convencional ou plantio direto, a densidade do solo na camada de 1,0-8,6 cm foi maior e a porosidade total menor na sucessão soja-trigo do que nas rotações que incluíam aveia, ervilhaca e milho. Atribuíram este fato à presença da aveia no sistema de rotação, contribuindo para a conservação e restauração da estrutura do solo. Campos et al. (1995) também verificaram efeito benéfico da rotação de culturas, aumentando a agregação do solo, quando comparada à sucessão soja-trigo. Corroborando tais informações, Stone & Silveira (2001), em Latossolo Vermelho distrófico, após 12 cultivos, verificaram que a sucessão soja-trigo induziu maior compactação da camada superficial do solo, evidenciada pelos maiores valores de densidade do solo e menores de macroporosidade, em relação às sucessões milho-feijão e arroz consorciado com calopogônio-feijão, e à rotação milho-feijão-arroz-feijão.

O objetivo deste trabalho foi verificar como diferentes rotações de culturas afetam alguns atributos físicos do solo nas condições do cerrado brasileiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, durante dez anos agrícolas, novembro de 1993 a março de 2003, em Latossolo Vermelho distrófico.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de sete sistemas de rotação de culturas: cultivo anual contínuo de arroz; arroz em rotações anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha; e arroz em rotações anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha. As culturas de arroz e soja foram semeadas em novembro, em solo preparado com arado de aivecas, operando na profundidade de aproximadamente 25 cm, e as de milho e milho imediatamente após a colheita da soja, em plantio direto. A adubação foi baseada na análise de solo, seguindo-se as recomendações da Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988) para as culturas utilizadas.

A análise granulométrica do solo, realizada pelo método da pipeta, de acordo com a metodologia apresentada em Embrapa (1997), em amostras coletadas antes do início do experimento, nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, apresentou valores médios semelhantes entre as profundidades. Os teores de areia, silte e argila foram 465, 200 e 335 g kg⁻¹, respectivamente; classe textural franco-argilosa.

A determinação da densidade e da microporosidade do solo foi realizada em amostras indeformadas coletadas nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, em março de 2003, após a colheita das culturas de verão. Para a obtenção das amostras, introduziram-se no solo cilindros de 5 cm de diâmetro por 5 cm de altura, de modo a coincidir o meio do cilindro com a metade da profundidade previamente estabelecida. Amostras deformadas e torrões também foram retirados nas mesmas camadas para determinação da densidade de partículas e da estabilidade dos agregados, respectivamente.

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão, a densidade do solo pelo método do anel volumétrico, a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico, a porosidade total pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade, a estabilidade dos agregados pelo método da via úmida, e o diâmetro médio ponderado dos agregados pelo somatório do produto do diâmetro médio das classes de agregados pela proporção de cada classe em relação ao total. A matéria orgânica do solo também foi determinada nas mesmas profundidades consideradas para as análises físicas. Em todas as determinações, foi utilizada a metodologia apresentada em Embrapa (1997).

Foi feita análise de variância por profundidade, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade. Foi feita também análise de correlação entre conteúdo de matéria orgânica e densidade e macroporosidade do solo.

Resultados e Discussão

Os diferentes sistemas de rotação de culturas afetaram a densidade, a porosidade total e a macroporosidade do solo apenas na camada de 0-10 cm de profundidade (Figuras 1 e 2). Os sistemas em que a rotação do arroz com soja e milho safrinha era anual (S2) ou trienal (S4) propiciaram menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total em relação à rotação bienal (Figura 1). Na rotação do arroz com soja e milheto safrinha (S5, S6 e S7), a tendência foi a mesma, apesar de não ter havido diferença significativa. A densidade do solo apresentou valores menores e a porosidade total valores maiores na camada de 0-10 cm, em relação às demais camadas avaliadas.

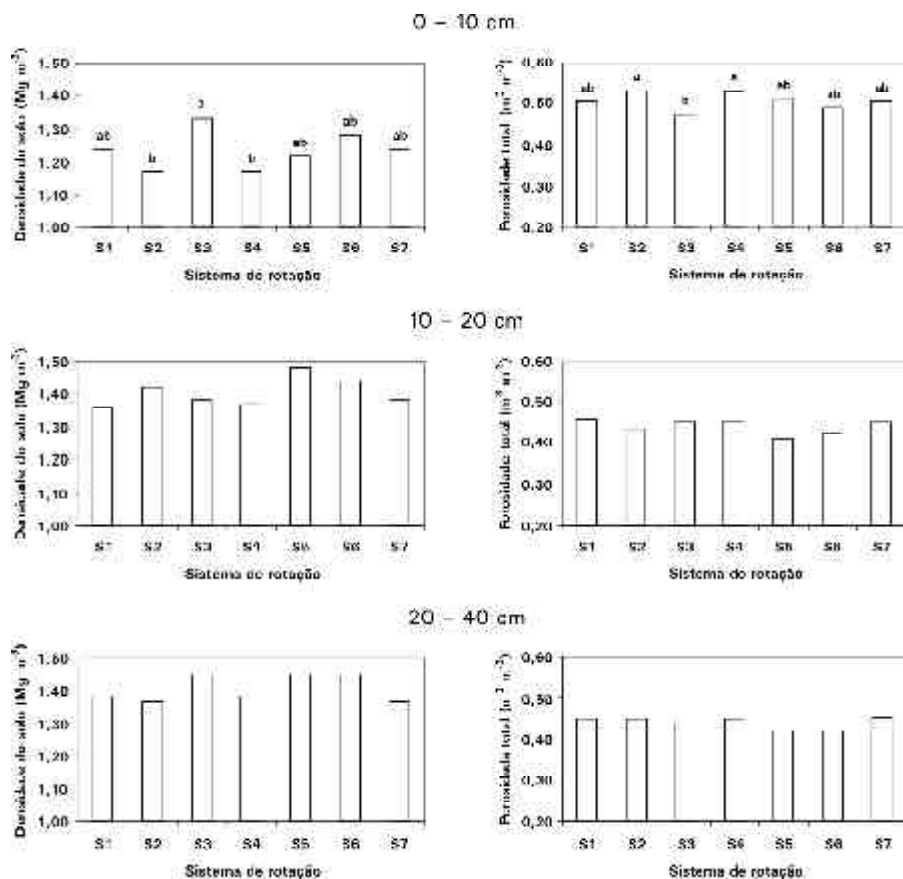


Fig. 1. Densidade e porosidade total do solo nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, sob diferentes sistemas de rotação: S1 – cultivo anual contínuo de arroz, S2, S3, S4 – arroz em rotação anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha, respectivamente, e S5, S6, S7 – arroz em rotação anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A macroporosidade do solo (Figura 2) apresentou maior valor no sistema de rotação anual de arroz com soja e milho safrinha (S2) em relação às rotações bienal e trienal de arroz com soja e milho safrinha (S6 e S7). Os valores da macroporosidade na camada superficial do solo foram maiores que nas demais camadas avaliadas.

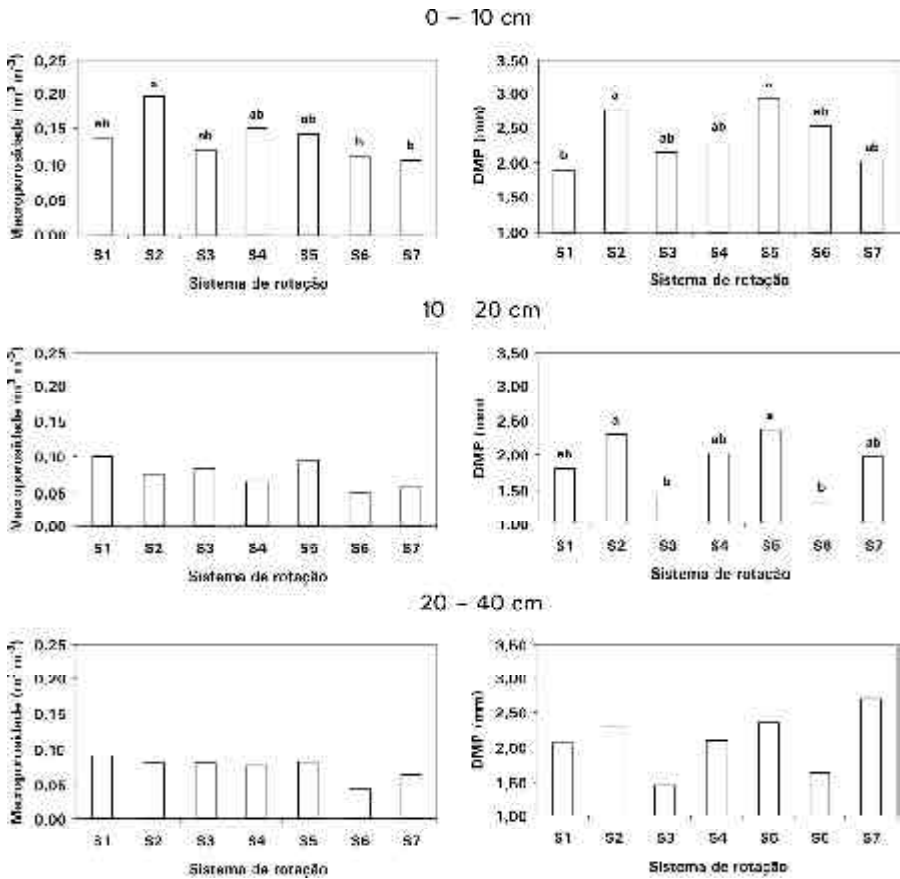


Fig. 2. Macroporosidade e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) do solo nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, sob diferentes sistemas de rotação: S1 – cultivo anual contínuo de arroz, S2, S3, S4 – arroz em rotação anual, bienal e trienal com soja e milho safrinha, respectivamente, e S5, S6, S7 – arroz em rotação anual, bienal e trienal com soja e milheto safrinha, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se ainda na Figura 2 que o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), na camada de 0-10 cm, foi maior nos sistemas de rotação anual de arroz com soja e milho (S2) ou milheto (S5) na safrinha que na monocultura de arroz (S1). Na camada de 10-20 cm, estes mesmos sistemas de rotação propiciaram maiores valores de DMP

que as rotações bienais (S3 e S6). De maneira geral, os valores de DMP foram maiores na camada de 0-10 cm em relação às demais camadas avaliadas.

As diferenças provocadas nos atributos físicos do solo pelos sistemas de rotação de culturas possivelmente estão relacionadas com a sua capacidade em alterar o conteúdo de matéria orgânica do solo. Por sua vez, a menor agregação da camada superficial do solo verificada na monocultura de arroz pode também estar relacionada ao sistema de preparo. Como as culturas de safrinha foram conduzidas em plantio direto, neste período a matéria orgânica do solo ficou menos exposta ao ataque dos microrganismos, pois, sem revolvimento, não há quebra das estruturas que a protegem fisicamente dos agentes decompositores (Amado et al., 2001). Ademais, o material vegetal adicionado na superfície do solo decompõe mais lentamente, protegendo-o da desagregação provocada pelo impacto das gotas de chuva. As diferenças em profundidade, por sua vez, também estão relacionadas com a profundidade de mobilização do solo.

A matéria orgânica exerce papel importante na formação e estabilização dos agregados do solo, pela ligação de polímeros orgânicos com a superfície inorgânica por meio de cátions polivalentes (Castro Filho et al., 1998). Observa-se na Figura 3 que a densidade do solo apresentou correlação negativa e a macroporosidade correlação positiva com o conteúdo de matéria orgânica do solo. Vários autores (Campos et al., 1995; Castro Filho et al., 1998, 2002; D'Andréa et al., 2002) têm mostrado a relação entre o conteúdo de carbono orgânico e a estruturação do solo. A associação de gramíneas, com sistema radicular abundante e em constante renovação, e leguminosas que fixam N_2 , acelerando a decomposição do material orgânico, é o método mais eficiente para a estruturação do solo. O material orgânico em si, sem transformações biológicas, tem efeito muito pequeno, se tem algum, na estrutura do solo (Campos et al., 1995). Assim, a rotação anual de arroz com soja e milho safrinha (S2), ao fornecer material orgânico e nitrogênio para a sua decomposição, melhorou os atributos físicos do solo em relação à monocultura de arroz, em que não havia uma fonte de nitrogênio. A rotação anual de soja e milho safrinha (S5) também apresentou a mesma tendência. Já a rotação bienal afetou negativamente os atributos físicos do solo, provavelmente por incluir dois cultivos de soja, que fornece menos material orgânico e apresenta menor relação C/N da palhada, 15, que o arroz, 72. Castro Filho et al. (1998) verificaram que a agregação do solo tendeu a aumentar quando a sucessão de culturas com o trigo incluiu espécie de relação C/N mais alta, no caso o milho, em relação à soja. Fahad et al. (1982) encontraram decréscimo no tamanho dos agregados estáveis em água em solos de

cultivo contínuo com soja, quando comparados com o solo cultivado com soja após pousio, sorgo e milho. Segundo estes autores, as raízes da soja, como as de outras leguminosas, são ricas em nitrogênio, o que favorece a sua mais rápida decomposição em relação às raízes ricas em carbono, como as das gramíneas. Assim, as leguminosas são menos efetivas que as gramíneas na construção de uma estrutura estável do solo. Bruce et al. (1990) verificaram que, com dois ou mais cultivos sucessivos de sorgo, o solo apresentava melhores atributos físicos que após dois ou mais cultivos sucessivos de soja.

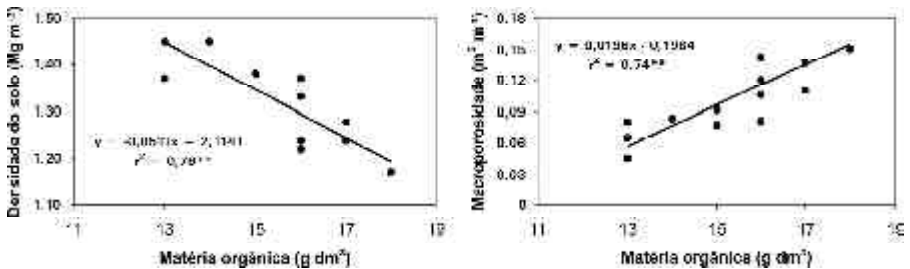


Fig. 3. Densidade do solo e macroporosidade em função do teor de matéria orgânica do solo.

Era de se esperar que na rotação trienal, por incluir três cultivos de soja, os atributos físicos do solo fossem afetados mais negativamente. Entretanto, a rotação trienal, apesar de não diferir significativamente da bienal com relação à maioria dos atributos físicos avaliados, apresentou comportamento intermediário entre esta e a rotação anual. Isto provavelmente ocorreu devido a um melhor equilíbrio entre material orgânico e nitrogênio, pois na rotação trienal o desenvolvimento das plantas de arroz foi maior. Guimarães & Yokoyama (1998) verificaram que o arroz após três anos de soja produziu 68% e 273% a mais que após um ano de soja e em cultivo anual contínuo, respectivamente.

Conclusões

1. A rotação anual de arroz com soja e milho ou milheto safrinha propiciou melhor qualidade física do solo em relação às demais rotações, especialmente quando o milho foi usado na safrinha.
2. A melhoria dos atributos físicos do solo foi devida ao maior aporte de matéria orgânica ao solo.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./abr. 1995.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 189-197, jan./mar. 2001.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 599-607, jul./set. 2000.

BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; DILLARD, A. L. Tillage and crop rotation effect on characteristics of a sandy surface soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 6, p. 1744-1747, Nov./Dec. 1990.

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLodi, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. de F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 45-51, Apr. 2002.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de cultura e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, jul./set. 1998.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª aproximação.** Goiânia: Universidade Federal de Goiás: EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1047-1054, out./dez. 2002.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAHAD, A. A.; MIELKE, L. N.; FLOWERDAY, A. D.; SWARTZENDRUBER, D. Soil physical properties as affected by soybean and other cropping sequences. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 377-381, Mar. 1982.

FASSBENDER, H. W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos:** com ênfase en suelos de América Latina. 2. ed. San José: IICA, 1994. 420 p.

GUIMARÃES, C. M.; YOKOYAMA, L. P. O arroz em rotação com soja. In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L. F. (Ed.). **Tecnologia para o arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p. 19-24.

HARGROVE, W. L. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 1, p. 70-74, Jan./Feb. 1986.

KARLEN, D. L.; VARVEL, G. E.; BULLOCK, D. G.; CRUSE, R. M. Crop rotations for the 21st century. **Advances in Agronomy**, New York, v. 53, p. 1-45, 1994.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr./jun. 2001.

