

Emissão de CO₂ em um Latossolo após preparo convencional e reduzido em períodos seco e chuvoso

**Alan Rodrigo PANOSSO¹; Felipe Thomaz da CAMARA²; Afonso LOPES³;
Gener Tadeu PEREIRA⁴; Newton LA SCALA JÚNIOR⁵**

¹ Pós-graduando em Engenharia Agrônoma, FCAV/UNESP, de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal – SP, arpanosso@yahoo.com.br.

² Pós-graduando em Engenharia Agrônoma, FCAV/UNESP, de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal – SP, felipetdacamara@yahoo.com.br.

³ Prof. Assistente Doutor, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n. 14.880-000, Jaboticabal – SP, Departamento de Engenharia Rural, afonso@fcav.unesp.br.

⁴ Prof. Assistente Doutor, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n. 14.880-000, Jaboticabal – SP, Departamento de Ciências Exatas, genertp@fcav.unesp.br.

⁵ Prof. Assistente Doutor, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n. 14.880-000, Jaboticabal – SP, Departamento de Ciências Exatas, lascalaf@fcav.unesp.br (autor para correspondência).

Resumo

Práticas agrícolas afetam a emissão de CO₂ do solo, sendo este um assunto de grande interesse. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos do preparo convencional (arado de disco seguido de grade niveladora) e do preparo reduzido (escarificador conjugado com rolo destorroador) sobre a emissão de CO₂ do solo em períodos secos e chuvosos. O experimento foi estabelecido num Latossolo Vermelho eutrófico, localizado em Jaboticabal-SP, onde o clima é tropical de verão chuvoso e inverno seco. A emissão de CO₂ e a temperatura do solo foram registradas utilizando-se de uma câmara de fluxo portátil e sensor de temperatura do sistema LI-6400. As emissões apresentaram diferenças significativas após preparo do solo somente no período seco do ano (inverno). A emissão total de CO₂ do solo mostrou-se dependente, não somente do sistema de preparo como também do espaçamento entre as hastes do escarificador, no preparo reduzido, sendo tais diferenças próximas a 40 g CO₂ m⁻² durante o período de inverno. As mudanças na emissão de CO₂ do solo indicam que, no período de inverno, as variações na emissão estiveram mais relacionadas à ocorrência de chuva no local de estudo; porém, no verão, tais variações foram similares à temperatura do solo.

Palavras-chave adicionais: manejo do solo; trocas gasosas; dióxido de carbono.

Abstract

PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T.; LOPES, A.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JÚNIOR, N. Soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage in dry and rainy periods. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.257-262, 2006.

Agricultural practices affect soil CO₂ emission, this being nowadays a subject of great interest. The objective of this work was to study the effect of the conventional (disk plow followed by offset disk harrow) and reduced tillage (chisel plow) on soil CO₂ emission during dry and rainy periods. The experiment was set in a red latosol in Jaboticabal, state of São Paulo, Brazil, where the climate is tropical with rainy summer and dry winter. The soil CO₂ emission and soil temperature were registered by a portable chamber and temperature sensor of the LI-6400 system. CO₂ emissions differed significantly after soil tillage only in the dry period of the year (winter). Total soil CO₂ emission was dependent on the tillage system as well as the chisel plow knife spacing after reduced tillage, these differences being close to 40 g CO₂ m⁻² during the winter period. Modifications in soil CO₂ emission, during the winter time, seemed more related to the occurrence of rains whereas during summer time those modifications seemed to be related to soil temperature.

Additional keywords: soil management; gaseous exchange; carbon dioxide.

Introdução

A influência de práticas agrícolas na emissão de gases do efeito estufa é assunto de grande interesse, especialmente quando se trata do CO₂, o principal componente do efeito estufa adicional. A emissão de CO₂ logo após o preparo do solo tem sido investigada em locais e condições climáticas diferenciadas (REICOSKY & LINDSTROM, 1993; FORTIN et al., 1996; REICOSKY et al., 1997; ROCHETTE & ANGERS, 1999; PRIOR et al., 2000; LA SCALA et al., 2001; ALVAREZ et al., 2001), e os resultados indicam que centenas de quilogramas de carbono por hectare podem ser transferidos para a atmosfera na forma de CO₂, nas primeiras semanas após as operações de preparo do solo. Tais resultados motivaram mais estudos relacionados a esse assunto, onde a perda de carbono do solo é avaliada em função das práticas de preparo e variações de suas configurações em áreas agrícolas. Em estudo realizado nos Estados Unidos, pesquisadores concluíram que um armazenamento adicional de carbono em solos agrícolas, de aproximadamente 337 kg ha⁻¹ ano⁻¹, poderia ser alcançado nos primeiros 20 anos mediante adoção de uma agricultura sem preparo, perante aquela que utiliza o preparo convencional (MARLAND et al., 2003). Essa estimativa está de acordo com os resultados encontrados por WEST & POST (2002), que analisaram as taxas de seqüestro de carbono em solos de 67 experimentos agrícolas ao redor do mundo, encontrando 570 ± 140 kg ha⁻¹ ano⁻¹ como um valor médio após mudanças de práticas convencionais para práticas envolvendo pouca mobilização mecânica do solo. Tais resultados corroboram o fato de que, se algumas práticas agrícolas envolvendo o preparo mecânico de solos fossem modificadas, estar-se-ia favorecendo o armazenamento de carbono no solo (PAUSTIAN et al., 2000).

O CO₂ emitido pelo solo é produzido essencialmente pela respiração das raízes, decomposição da matéria orgânica e atividade microbiana. Logo após o preparo, o solo fica desprovido de vegetação, e nessas condições a emissão de CO₂ provém somente da atividade microbiana. Além da produção de CO₂, faz parte desse processo de emissão o transporte do gás do interior do solo até à superfície, sendo governado pela equação de difusão. Esses processos são influenciados, em primeira ordem, pela temperatura e umidade do solo (BEVEN & KIRKBY, 1979; WESTERN et al., 1999; KANG et al., 2000), propriedades cuja variação é dependente do tipo de preparo do solo.

A despeito de todos os esforços, a transferência de carbono para a atmosfera após o preparo do solo ainda é pouco estudada, dificultando, assim, a implantação de políticas públicas que estariam disciplinando algumas práticas agrícolas, no sentido de

privilegiar aquelas que preservam o carbono no solo, ajudando a minimizar o efeito estufa adicional em nosso planeta (EVE et al., 2002).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é estudar o comportamento da emissão de CO₂ após as práticas de preparo do solo convencional e reduzido, e a sua relação com a precipitação pluviométrica em períodos seco (inverno) e chuvoso (verão), gerando assim resultados que possam ser utilizados na avaliação da contribuição dessas práticas na transferência quase imediata de carbono do solo para a atmosfera.

Material e métodos

A área experimental foi estabelecida num Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa (EMBRAPA 1999), com um teor de carbono total de aproximadamente 1% e o pH em torno de 5,0, caracterizando condição de acidez do solo, sem cobertura vegetal, localizado no município de Jaboticabal - SP. O clima da região apresenta precipitação média anual de 1.424 mm, com uma distribuição de chuva concentrada no período de outubro a março e relativamente seco de abril a setembro. Tanto no período de verão quanto no de inverno, foram instaladas 6 parcelas experimentais de 2 x 10 m distribuídas ao acaso no campo, uma ao lado da outra, e aplicados os seguintes tratamentos: escarificador com espaçamento entre hastes de 30 cm (E-30); escarificador com espaçamento entre hastes de 39 cm (E-39); escarificador com espaçamento entre hastes de 45 cm (E-45); arado de disco (AD); arado de disco seguido de uma passagem com a grade niveladora (AD + GN 1X), e arado de disco seguido de duas passagens com a grade niveladora (AD + GN 2X). A profundidade de trabalho nas parcelas escarificadas foi de 30 cm, enquanto nas parcelas aradas, de 20 cm. Os equipamentos utilizados na execução dos preparos do solo foram: a) escarificador de arrasto conjugado com rolo destorroador com 7 hastes retas inclinadas e ponteira dupla sem asa; b) arado de disco reversível, montado, e disco liso com diâmetro de 76,2 cm; c) grade niveladora de arrasto com disco liso de 47,0 cm na seção dianteira e disco recortado de 47,0 cm na seção traseira. Após o preparo do solo, 8 colares de PVC (diâmetro = 10 cm e altura = 7 cm) foram distribuídos em cada uma das 6 parcelas (total de 48 colares) e inseridos 2 cm dentro do solo, com 1,25 m de distância aproximadamente entre eles. Nas parcelas que receberam os tratamentos reduzidos, E-30, E-39 e E-45, foram inseridos 4 colares entre as linhas de escarificação e 4 colares sobre as linhas de escarificação. A emissão de CO₂ e a temperatura do solo foram registradas utilizando-se de uma câmara de fluxo LI-6400 fabricada pela companhia LI-COR. O

sistema LI-6400 monitora a variação da concentração do CO₂ no interior da câmara através da análise de radiação infravermelha (HEALY et al., 1996). A câmara de solos é instalada sobre o colar de PVC, evitando, assim, possíveis distúrbios mecânicos no perfil do solo, que poderiam superestimar os valores das emissões. A leitura durou aproximadamente 90 segundos em cada ponto. No período de verão, as avaliações da emissão de CO₂ do solo foram conduzidas nos dias 17; 18; 19; 20; 22; 24 e 25 de janeiro, 1^a e 6 de fevereiro de 2003, no período da manhã, ou seja, foram iniciadas 24 horas após a realização dos preparos do solo. No período de inverno, as avaliações foram conduzidas nos dias 22; 23 e 27 de agosto, 1^a; 6 e 21 de setembro, e ainda em 4 de outubro de 2003, no período da manhã. As avaliações da emissão de CO₂ do solo foram iniciadas 36 horas após as operações dos preparos do solo, que foram realizadas no dia 20 de agosto de 2003.

Portanto, as médias de emissão de CO₂ do solo, para cada tratamento, foram calculadas a partir de 9 dias de leitura durante o período de verão (n = 72) e 7 dias de leituras para o período de inverno (n = 56). A emissão total de CO₂ ao fim de cada período de estudo foi estimada a partir da integral ao longo do tempo (área sob a curva de emissão) para cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise estatística com um

único fator (tratamentos) e procedimento de separação de médias. Os valores das chuvas diárias foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia de Departamento de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP – Jaboticabal.

Resultados e discussão

No período de verão, as emissões tiveram grandes variações ao longo do tempo, ocorrendo uma tendência geral de queda nas emissões de CO₂ ao longo dos dias, após o preparo. Essa característica é típica de estudos onde a emissão de CO₂ do solo é avaliada após preparo do solo (REICOSKY & LINDSTROM, 1993; ROCHETTE & ANGERS, 1999; LA SCALA et al., 2001). No presente estudo, a separação de média total (final) é considerada como um indicativo das diferenças entre as emissões totais no período estudado. No verão, os preparos do solo não diferiram significativamente ($p > 0,05$) quanto à emissão total de CO₂ pelo solo (Tabela 1). Semelhantemente ao ocorrido com as médias, não houve diferenças significativas entre os tratamentos quanto aos valores da emissão total de CO₂ (integral ao longo do tempo) apresentados na Figura 1.

Tabela 1 - Valores médios de taxa de emissão de CO₂ do solo (g m⁻² h⁻¹) para os períodos de verão e inverno. Escarificador com espaçamento entre hastes de 30 cm (E-30), 39 cm (E-39) e 45 cm (E-45); arado de disco (AD); arado de disco seguido de uma passagem com a grade niveladora (AD + GN 1X) e arado de disco seguido de duas passagens com a grade niveladora (AD + GN 2X), Jaboticabal 2003.*

Table 1 - Soil CO₂ emission rate (g m⁻² h⁻¹) during winter and summer seasons. Chisel plow with distance between knives of 30 cm (E-30), 39 cm (E-39) and 45 cm (E-45); disk harrow (AD); disk plow followed by disk harrow once (AD+GN 1X) and disk plow followed by disk harrow twice (AD+GN 2X), Jaboticabal, 2003.*

Tratamentos/ <i>Treatments</i>	Taxa de emissão de CO ₂ pelo solo (g m ⁻² h ⁻¹)/ <i>Soil CO₂ emission rate</i>	
	Período de verão/ <i>Summer season</i>	Período de inverno/ <i>Winter season</i>
E – 45	0,52 a	0,18 bc
E – 30	0,62 a	0,15 c
E – 39	0,59 a	0,14 c
AD + GN 2X	0,50 a	0,23 a
AD + GN 1X	0,57 a	0,19 ab
AD	0,44 a	0,16 bc

*Médias seguidas pela mesma letra em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, z a 5% de probabilidade.

*Means followed for the same letter in each column are not significantly different by the Tukey test at 5% of probability.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

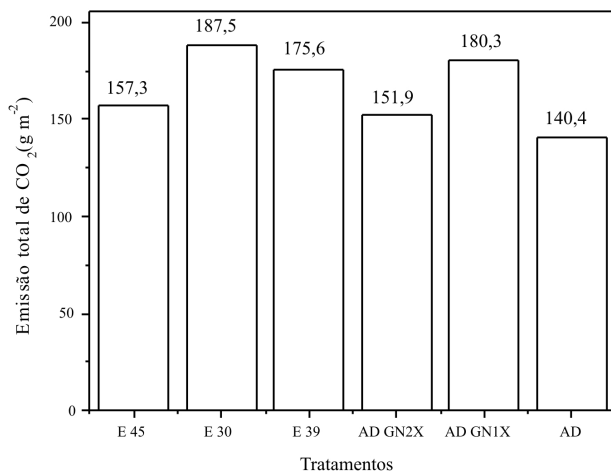


Figura 1 - Emissão total de CO₂ do solo em 15 dias após tratamentos (período de verão).

Figure 1 - Total soil CO₂ emission in 15 days after tillage (summer season).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

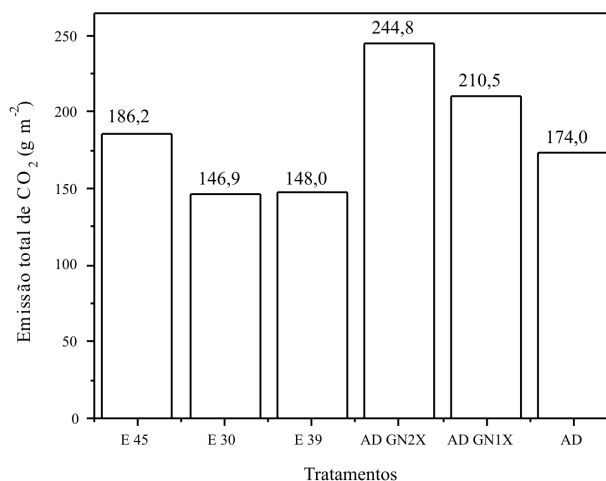


Figura 2 - Emissão total de CO₂ do solo em 43 dias após tratamentos (período de inverno).

Figure 2 - Total soil CO₂ emission in 43 days after tillage (winter season).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

No inverno, não se verificou tendência de queda nas emissões, tendo ocorrido aumentos significativos na emissão de CO₂ do solo em todas as parcelas ao longo do período. Outro fato diferenciado do período de inverno, com relação ao de verão, é que a separação de média no final do experimento demonstra diferenças significativas nas emissões totais de CO₂. Na Tabela 1, verifica-se que, no geral, as emissões provenientes das parcelas escarificadas (E-45, E-30 e E-39) apresentaram valores significativamente inferiores aos das parcelas aradas e gradeadas (AD + GN 2X e AD + GN 1X). As emissões totais de CO₂, em função dos tratamentos arado de disco seguido duas vezes de grade niveladora (AD + GN 2X) e arado de disco seguido uma vez de grade niveladora (AD + GN 1X), foram significativamente maiores nesse período. Por outro lado, as parcelas escarificadas E-30 e E-39 tiveram as menores emissões para a atmosfera após o preparo do solo (Figura 2). Tal diferença na emissão de CO₂ chegou próxima a 100 g m⁻², significando que a parcela AD + GN 2X emite em torno de 1 t ha⁻¹ a mais de CO₂ para a atmosfera quando comparada com a emissão da parcela E-30, em 1 mês e meio após o preparo do solo (Figura 2).

Os valores médios das emissões de CO₂ do solo no período de verão foram, em geral, 33% maiores que aqueles encontrados no período de inverno. Contudo, tais valores de emissão são similares àqueles encontrados em estudos desenvolvidos em solo franco-argiloso (REICOSKY & LINDSTROM, 1993), solos franco-arenosos (ROCHETTE & ANGERS, 1999; PRIOR et al., 2000) e em Latossolo Vermelho (LA SCALA et al., 2001).

A Figura 3 apresenta a taxa de emissão de CO₂ e a temperatura do solo na parcela E-39, ao longo do período em que o estudo foi conduzido no período de verão. Também foi acrescentado à figura um gráfico de barras, indicando as chuvas ocorridas no período. Outro aspecto observado é que, apesar de terem ocorrido chuvas de diversos valores ao longo do período de estudo, a tendência da emissão de CO₂ do solo parece ser a mesma da temperatura do solo no período. Tal característica é comum nas parcelas estudadas no período de verão, ou seja, no geral, as taxas de emissão não foram afetadas pelas chuvas, pois flutuações nestas, aumentos significativos, por exemplo, não foram registrados após a ocorrência de precipitações (Figura 3).

Diferentemente do período de verão, no inverno ocorrem flutuações significativas na taxa de emissão de CO₂ do solo, com picos que estão relacionados com a ocorrência de chuvas no local (Figura 4). Pode-se notar que dois dos aumentos bastante significativos registrados na taxa de emissão de CO₂ do solo vieram em conjunto com a ocorrência de pequenas chuvas de 4,4 e 8,3 mm e, também, com aumentos na temperatura do solo. As precipitações que precederam tais picos de emissão foram muito inferiores quando comparadas às precipitações no período de verão, que aparentemente não afetaram a emissão. Assim, durante o período mais seco do ano, as emissões de CO₂ após o preparo do solo podem apresentar aumentos significativos, especialmente nos primeiros dias após o preparo do solo, devido à ocorrência de pequenas precipitações no local.

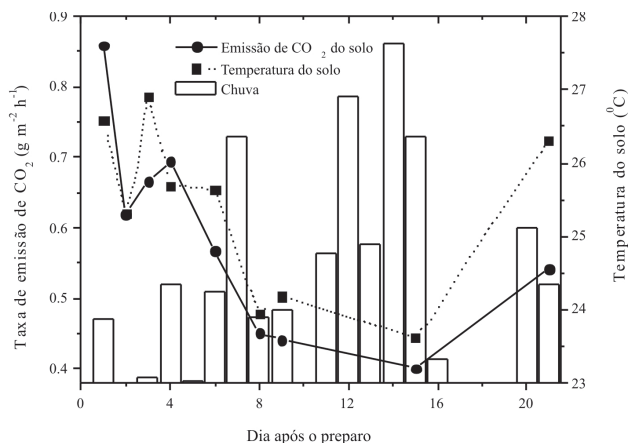


Figura 3 - Taxa de emissão de CO₂ e temperatura do solo na parcela E-39 (período de verão). As barras verticais representam a chuva diária ocorrida no período estudado (máxima = 40,9 mm).

Figure 3 - Soil CO₂ emission rates and soil temperature in E-39 plot (summer season). The vertical bar represents the daily rain during the experimental period (maximum = 40,9 mm).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

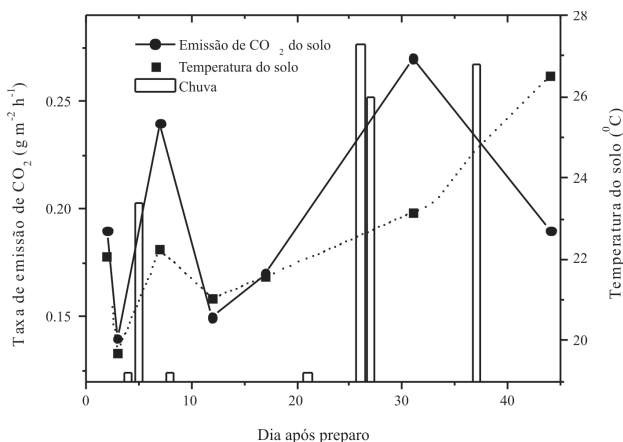


Figura 4 - Taxa de emissão de CO₂ e temperatura do solo na parcela AD+GN 1X (período de inverno). As barras verticais representam a chuva diária ocorrida no período (máxima = 8,3 mm).

Figure 4 - Soil CO₂ emission rate and soil temperature in AD+GN 1X plot (winter season). The vertical bar represents the daily rain during the experimental period (maximum = 8,3 mm).

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Conclusões

A emissão de CO₂ após o preparo do solo apresentou comportamento diferenciado nos períodos de verão e inverno. Os tratamentos apresentaram diferenças significativas quanto à emissão de CO₂ apenas no período de inverno, sendo as parcelas aradas aquelas que resultaram nas maiores médias de emissão de CO₂ durante o período. A emissão de CO₂ do solo foi influenciada pela distância entre as hastes do escarificador no preparo reduzido, diferenças próximas a 40 g CO₂ m⁻², e o número de passagens com a grade na área, sendo a parcela que recebeu o tratamento arado de disco seguido de duas passagens com a grade niveladora (AD + GN 2X), a responsável pelos maiores valores de emissão no período de inverno. As flutuações na emissão de CO₂ do solo, ao longo do tempo, indicam que, no período seco as emissões foram mais afetadas pela precipitação de chuvas ocorridas no local. Já em experimentos realizados em épocas chuvosas, tal efeito inexistente, ou seja, as variações diárias da emissão de CO₂ do solo não mostram relação com a ocorrência diária de chuvas, sendo similar à temperatura do solo.

Referências

ALVAREZ, R.; ALVAREZ, C. R.; LORENZO, G. Carbon dioxide fluxes following tillage from a mollisol in the Argentine rolling pampa. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v.37, n.3, p.161-166, 2001.

BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, Oxford, v. 24, n. 1, p.43-69, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999. 412 p.

EVE, M. D.; SPEROW, M.; HOWERTON, K.; PAUSTIAN, K.; FOLLETT, R. F. Predicted impact of management changes on soil carbon storage for each cropland region of the conterminous United States. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, v.57, n.4, p.196-204, 2002.

FORTIN, M. C.; ROCHETTE, P.; PATTEY, E. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small-grain cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, n.5, p.1.541-1.547, 1996.

HEALY, R. W.; STRIEGL, R. G.; RUSSEL, T. F.; HUTCHINSON, G. L.; LIVINGSTON, G. P. Numerical evaluation of static-chamber measurements of soil-atmosphere gas exchange: identification of physical processes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.60, n.3, p.740-747, 1996.

KANG, S.; KIM, S.; OH, S.; LEE, D. Predicting spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover, and air temperature. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 136, n. 1-3, p. 173-184, 2000.

LA SCALA Jr.; N.; LOPES, A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latossol in southern Brazil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.62, n.4, p.163-166, 2001.

MARLAND, G.; WEST, T. O.; SCHLAMADINGER, B.; CANELLA, L. Managing soil organic carbon in agriculture: the net effect on greenhouse gas emissions. *Tellus Series B – Chemical and Physical Meteorology*, Stockholm, v.55, n.2, p.613-621, 2003.

PAUSTIAN, K.; SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; HUNT, H. W. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.48, n.1, p.147-163, 2000.

PRIOR, S. A., REICOSKY, D. C., REEVES, D. W., RUNION, G. B., RAPER, R. L. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.54, n.4, p.197-199, 2000.

REICOSKY, D. C., LINDSTROM, M. J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.6, p.1.237-1.243, 1993.

REICOSKY, D. C.; DUGAS, W. A.; TORBERT, H. A. Tillage-induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.41, n.1-2, p.105-118, 1997.

ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A. Soil surface carbon dioxide fluxes induced by spring, summer and fall moldboard plowing in a sandy loam. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, n.4, p.621-628, 1999.

WEST, T. O.; POST W. M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.66, p.1.930-1.946, 2002.

WESTERN A. W.; GRAYSON, R. B.; BLÖSCHL, G.; WILLGOOSE, G. R.; MCMAHON T. A. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to terrain indices. **Water Resources Research**, Washington, v. 35, n. 3, p.797-810, 1999.

Recebido em 23-9-2005

Aceito para publicação em 13-9-2006