

FLUXO DE CO₂ DO SOLO APÓS ARAÇÃO E ESCARIFICAÇÃO EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES

SOIL CO₂ FLUX AFTER DISK AND CHISEL PLOW IN DIFFERENT CONFIGURATIONS

Luis Gustavo Teixeira¹; Newton La Scala Júnior²; Afonso Lopes³

^{1,2,3}Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária de Jaboticabal - FCAV/UNESP, Campus Jaboticabal
e-mail: lgteixeira@ymail.com; e-mail: lascala@fcav.unesp.br; e-mail: afonso@fcav.unesp.br

RESUMO

Este trabalho avaliou o impacto do preparo em diferentes configurações sobre as emissões imediatas de CO₂ do solo, empregando dois dos principais sistemas de preparo utilizados em áreas agrícolas: arado de disco seguido de grade niveladora (convencional) e escarificador conjugado com rolo destorroador (reduzido). Os resultados indicaram maiores emissões induzidas pelo preparo convencional, arado de disco seguido de grade niveladora, num total de 260,7 gramas de CO₂ m⁻² no período de 14 dias de estudo. Por outro lado, as menores emissões foram observadas após preparo com escarificador sem a utilização do rolo destorroador, de 82,3 gramas de CO₂ m⁻². Os fatores temperatura e umidade do solo não se relacionaram com as variações do fluxo de CO₂ do solo, mas o tempo foi um fator importante na capacidade de previsão da emissão após preparo do solo.

Palavras-chave: Respiração do solo. Emissão de CO₂ do solo. Preparo do solo. Efeito estufa. Carbono no solo.

ABSTRACT

This work evaluated the impact of the two main soil tillage systems (disk harrow followed by offset disk harrow, and chisel plow) with different adjustments on the immediate soil CO₂ emissions. Results showed the highest emissions after conventional tillage, disk harrow followed by offset disk harrow, of 260.7 grams of CO₂ m⁻² during the period of 14 days after tillage. On the other hand, the smallest emissions were registered after chisel plow, 82.3 grams of CO₂ m⁻², when not

conjugated to the clod breaker. The factors temperature and moisture were not related to the CO₂ flux from soil; however, time was important for predicting emissions after tillage.

Keywords: Soil respiration. Soil CO₂ emission. Soil tillage. Greenhouse effect. Soil carbon.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as modificações ambientais mais discutidas atualmente está o chamado efeito estufa, diretamente relacionado ao aumento da concentração de gases na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO₂) (IPCC, 2007; WOFSY e HARRISS, 2002). A concentração atmosférica de CO₂ no período pré-industrial era de 280 ppmv tendo aumentado ano após ano desde 1958, quando começou a ser sistematicamente avaliada (HOUGHTON, DING, GRIGGIS, et al, 2001), estando próxima a 390 ppmv nos dias de hoje.

O aumento da concentração deste gás na atmosfera deve-se principalmente à queima de combustíveis fósseis e em especial à alteração dos usos da terra (HOUGHTON, CALLANDER e VARNEY, 1992). Desta forma, o manejo do solo nas suas diversas formas tem influenciado no fluxo de carbono solo-atmosfera, causando, no geral, um acréscimo na emissão e um decréscimo no teor de carbono em solos de áreas agrícolas (SARTORI; LAL; EBINGER, et al., 2006). Por conseguinte, tem sido sugerida a adoção de práticas de manejo mais adequadas, revertendo o quadro de emissão para uma situação de seqüestro de carbono nestes solos, especialmente no Brasil, onde se estima que 70% das emissões de gases do efeito estufa sejam provenientes da mudança do uso da terra (CERRI et al., 2007).

As emissões de CO₂ do solo de áreas agrícolas após preparo podem ser tão altas quanto algumas toneladas de CO₂ emitidas para atmosfera em semanas após o preparo (LA SCALA et al., 2006; LA SCALA et al., 2001; PRIOR et al., 2000; ELLERT e JANZEN, 1999; ROCHETTE e ANGERS, 1999; REICOSKY et al., 1997). O efeito do preparo do solo sobre as emissões subseqüentes tem sido atribuído à quebra dos agregados do solo e à exposição de carbono lábil, antes protegido da atividade microbiana, bem como um aumento na constante de decaimento do carbono presente na matéria orgânica (GRANDY e ROBERTSON, 2007; DE GRYZE et al., 2006; SIX et al., 1999). Embora o aumento na emissão de CO₂ do solo após preparo seja extensivamente reportado, são menos freqüentes as tentativas de se elucidar tal fenômeno, especialmente de forma quantitativa. Modelos baseados nas variações da temperatura e umidade do solo após o preparo têm sido pouco eficazes na capacidade de descrever a variabilidade temporal das emissões em períodos curtos após preparo.

Considerando que a emissão adicional de CO₂ do solo possua, conforme sustentado em diversos estudos, uma componente advinda da quebra dos agregados (SIX et al., 1999.), que disponibiliza carbono lábil para a microbiota, é esperada uma

queda exponencial na emissão ao longo do tempo após o preparo. Este comportamento deriva de uma cinética de decaimento do carbono lábil do solo, liberado pelo preparo, governada por uma equação de decaimento de primeira ordem (ELLERTE JANZEN, 1999).

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a emissão de CO₂ do solo após preparo em diferentes configurações de aração e escarificação e sua relação com a temperatura e umidade do solo, bem como com o tempo após preparo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental foi estabelecida em um Latossolo Vermelho eutrófico textura argilosa (EMBRAPA, 1999), sem cobertura vegetal, localizado no município de Jaboticabal, SP, Campus da FCAV-UNESP (21° 15'22" sul 48° 18'58" oeste). Amostra de solo da área foi coletada e submetida à análise química, que indicou valor de pH em CaCl₂ de 4,2, caracterizando condição de reação ácida do solo, e teor de carbono orgânico em torno de 1%.

O clima da região é classificado como Cwa, de acordo com Köppen, subtropical com temperatura média anual de 21° C. A precipitação média anual é de 1.380 mm, com uma distribuição de chuva concentrada no período de Outubro a Março, no qual foi realizado o experimento, enquanto os meses entre Abril e Setembro são relativamente secos. Antes da implantação dos experimentos, a área foi utilizada ao longo de vários anos com a cultura do milho (*Zea mays* L.) em sistema de preparo convencional (arado de disco seguido de grade niveladora).

Foram aplicados, em parcelas de 10 x 2 m, arado de disco seguido de uma passagem com a grade niveladora (ADGN), arado de disco somente (AD), escarificador de arrasto conjugado com rolo destorroador (E30C) e escarificador de arrasto sem a passagem do rolo destorroador (E30S). As parcelas escarificadas tiveram uma distância de trabalho entre hastes de 45 cm e a profundidade de trabalho das hastes foi de 30 cm. As parcelas aradas tiveram uma profundidade de trabalho de 30 cm e a grade niveladora trabalhou a uma profundidade de 6 cm. Em todos os tratamentos, o trator foi operado à velocidade de 3,9 km h⁻¹.

Após o preparo do solo, 06 colares de PVC de 10 cm de diâmetro foram distribuídos em cada uma das parcelas, na diagonal de seu formato, e inseridos 2 cm dentro do solo de forma ordenada, com distância aproximada de 1,7 m entre si, conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Distribuição dos colares de PVC nas parcelas.

As avaliações da emissão de CO_2 do solo iniciaram imediatamente após os procedimentos de preparo e se estenderam ao longo de 14 dias. A emissão de CO_2 e a temperatura do solo foram computadas utilizando-se uma câmara de fluxo fabricada pela companhia LI-COR, Nebraska, EUA (HEALY et al., 1996) e sensor de temperatura do sistema LI-6400, respectivamente (Figura 2).

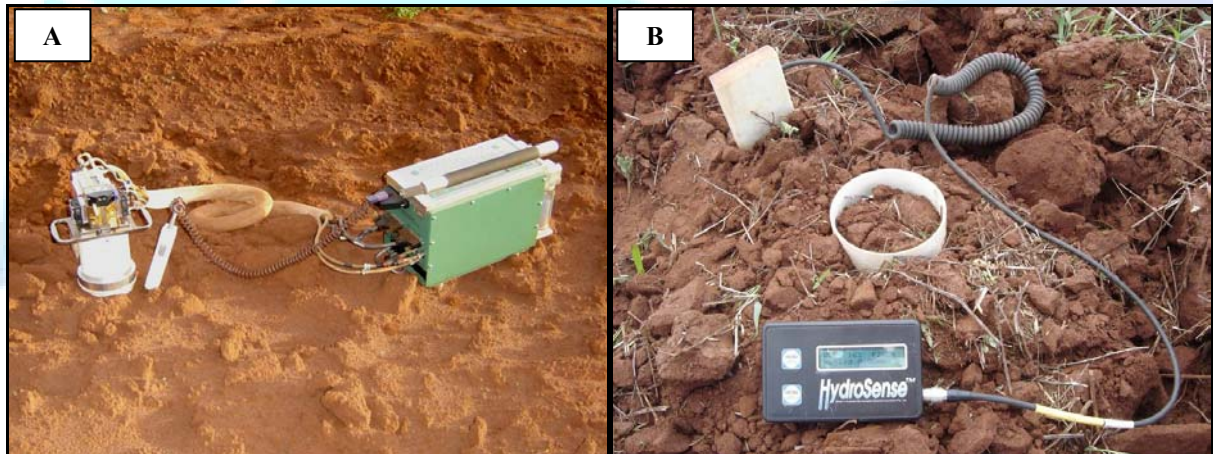


Figura 2. A) Câmara de solo posicionada sobre o colar de PVC (esquerdo) com sensor de temperatura inserido no solo (centro); B) *Hydrosense system* (TDR).

A umidade volumétrica do solo foi também monitorada em todos os pontos e nos dias estudados, utilizando um sistema portátil (Figura 2) denominado *hydrosense system* (Campbell Scientific, Utah, EUA), que estima a porcentagem de água em volume no interior do solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Logo após o preparo do solo, a emissão na parcela ADGN era tão alta quanto $1,74 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, enquanto a menor emissão foi registrada na parcela AD, aproximadamente $0,57 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Figura 3). As menores emissões médias foram registradas na parcela E30S (média de $0,276 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) e as maiores emissões médias foram observadas na parcela ADGN, a qual apresentou um valor médio de $0,825 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ durante o período de 14 dias após preparo do solo. As emissões das parcelas AD e E30C foram semelhantes até o quinto dia de estudo, baseado no erro padrão, mas a partir deste dia as emissões provenientes da parcela AD passaram a superar a da parcela E30C, resultando na segunda maior média ($0,382 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) de emissão de CO_2 para AD e na segunda menor média ($0,352 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) observada para E30C no período de estudo. Estes valores são similares aos encontrados na literatura para emissões em períodos curtos após preparo do solo (LA SCALA et al., 2006; LA SCALA et al., 2001; PRIOR et al., 2000; ELLERT e JANZEN, 1999).

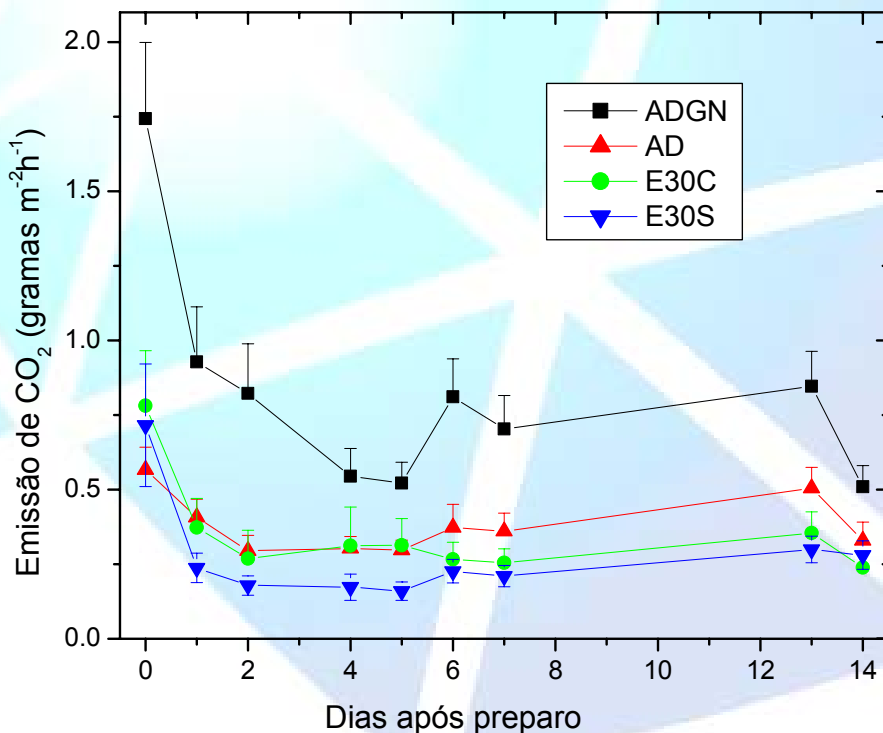


Figura 3. Emissão de CO_2 com metade da barra do erro padrão, nas parcelas estudadas ao longo do tempo.

A Figura 4 apresenta a emissão total de CO_2 do solo no período investigado, obtida a partir das áreas sob as curvas de emissão de CO_2 do solo ao longo do tempo (integral pelo tempo) para cada um dos tratamentos. O tratamento ADGN foi o que apresentou maior emissão total, de $260,7 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2}$ no período de estudo. O tratamento E30S teve a menor emissão total de CO_2 no período de 14 dias ($82,3 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2}$). Observa-se uma diferença de 1784 kg adicionais enviados para a atmosfera

por hectare, nas duas semanas de estudos, na parcela ADGN quando comparada com a parcela E30S. Este valor é próximo a 1,8 toneladas de CO₂ a mais para a atmosfera por hectare em função da alteração do sistema de preparo. Mesmo quando se compara a emissão total das parcelas ADGN e AD, nota-se uma grande diferença: 1300 kg de CO₂ a mais para a atmosfera com a aplicação da grade niveladora sobre a aração. Esses valores são altos e significativos, indicando que a tomada de decisão sobre o sistema de preparo do solo a ser aplicado, ou sua configuração, pode implicar em emissões de CO₂ para a atmosfera muito superiores quando comparado com outras opções de preparo.

É importante ressaltar que no Brasil a principal atividade que contribui para a emissão de gases do efeito estufa é o manejo e a conversão de solos para a utilização especialmente na agricultura (CERRI et al., 2007; FEARNSSIDE, 2006). Resultados similares, de grandes emissões seguidas do preparo do solo, foram observados em vários estudos conduzidos em condições bastante diferenciadas (LA SCALA et al., 2006; PRIOR et al., 2000; ROCHETTE e ANGERS, 1999; REICOSKY e LINDSTROM, 1993).

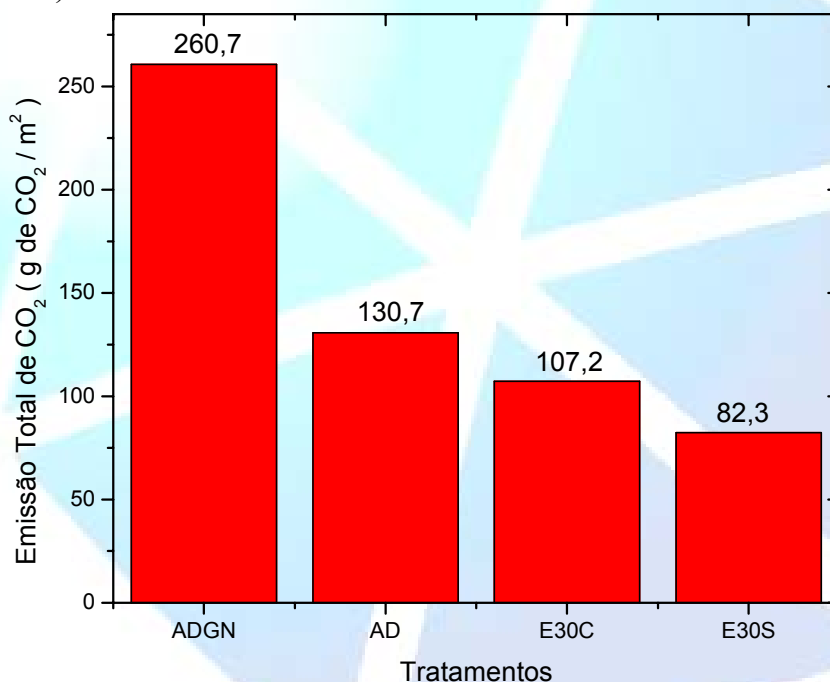


Figura 4. Emissão total ao longo dos 14 dias nas parcelas estudadas.

As variações da temperatura e da umidade solo após preparo podem ser observadas nas Figuras 5 e 6, respectivamente. Sobre a temperatura do solo não houve diferenças estatísticas quando se compara os sistemas de preparo, no entanto, houve uma considerável variabilidade temporal, devido a um aumento significativo na última semana de estudo. Somente no dia 13, próximo ao final do experimento, a temperatura do solo das parcelas aradas foi superior à das escarificadas, especialmente quando comparado a E30S.

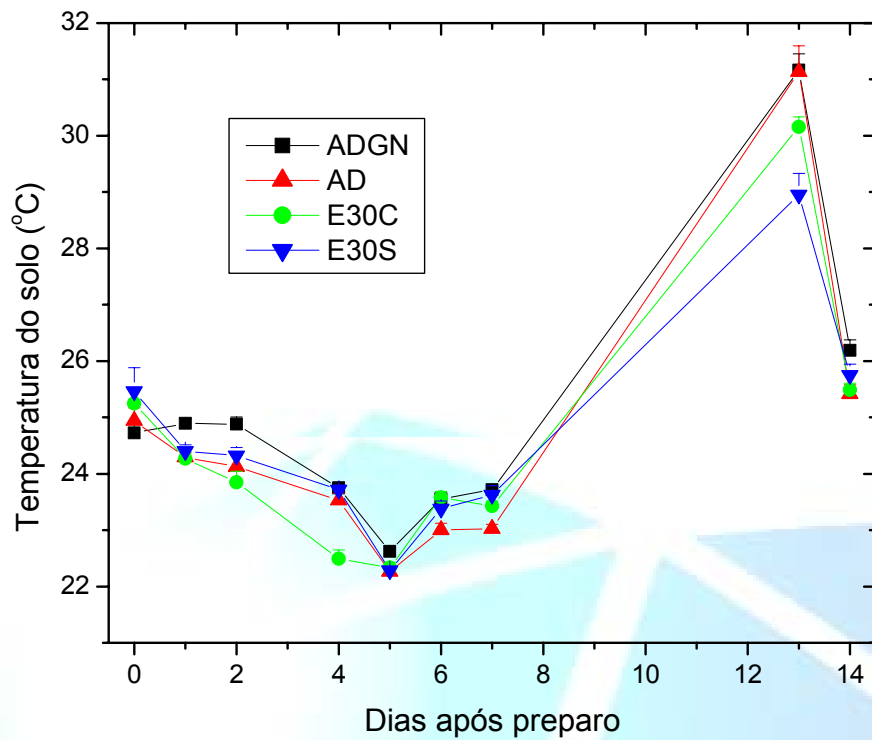


Figura 5. Temperatura do solo com metade da barra de erro padrão nas parcelas ao longo do tempo após preparo.

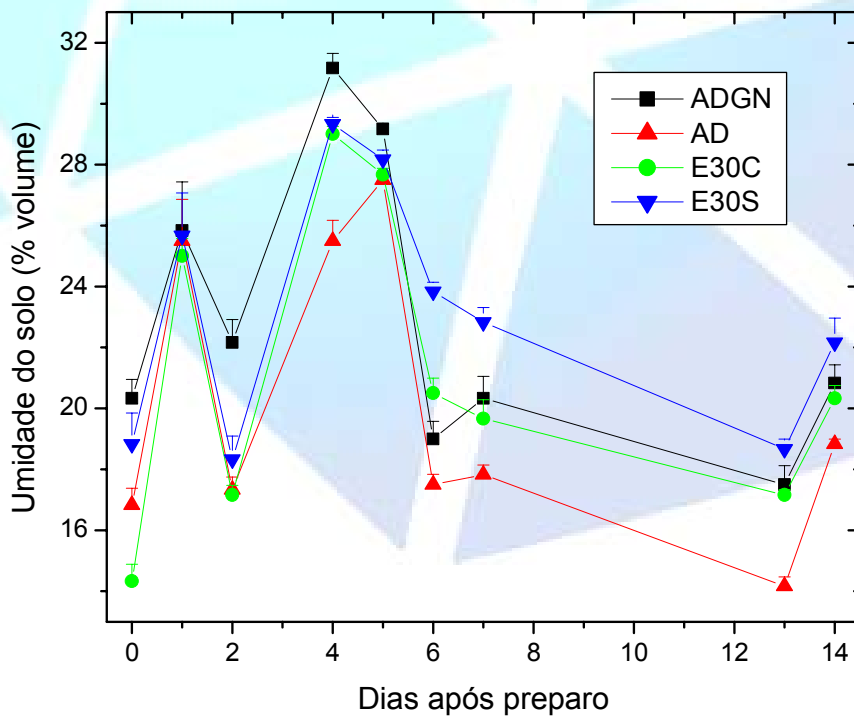


Figura 6. Umidade do solo com metade da barra do erro padrão nas parcelas ao longo do tempo após preparo.

Por outro lado, a umidade do solo apresentou valores mais divergentes entre os tratamentos, entre 15 e 32 %. Nos primeiros 05 dias de experimento, a umidade do solo da parcela ADGN foi superior a todas as demais, mas apresentou queda após este período, quando a umidade da parcela E30S passou a assumir os maiores valores, especialmente na segunda semana de experimento.

Conforme demonstrado na Tabela 1, não houve correlação significativa ($p < 0,05$) entre emissão de CO_2 e a temperatura ou a umidade do solo em nenhuma das parcelas estudadas, com exceção feita ao caso do tratamento E30S, que teve relação significativa com o quadrado da temperatura (indicado pelo símbolo asterisco), que explicou 58% da variabilidade da emissão. Ou seja, a temperatura e a umidade do solo, bem como o fator cruzado entre elas, de uma forma geral, não explicaram as emissões após o preparo nas parcelas estudadas.

Nos trópicos, uma relação mais significativa com a umidade do solo tem sido observada, e não com a temperatura que possui, no geral, valores próximos à condição ótima para a atividade microbiana (HASHIMOTO et al., 2004; SCHWENDENMANN et al. 2003). Assim, poucos estudos mostram uma relação significativa entre a emissão de CO_2 e a temperatura (LA SCALA et al. 2005) e a umidade do solo (LA SCALA et al. 2006) em experimentos conduzidos após o preparo do mesmo.

Tabela 1- Coeficientes de correlação linear entre emissão de CO_2 , temperatura, quadrado da temperatura, umidade, quadrado da umidade e o fator cruzado envolvendo a temperatura e umidade do solo.

| FCO2 | Temp | Umid | Temp x Umid | Temp ² | Umid ² |
|------|------|-------|-------------|-------------------|-------------------|
| ADGN | 0.61 | -0.53 | -0.44 | 0.61 | -0.53 |
| AD | 0.67 | -0.41 | -0.32 | 0.68 | -0.41 |
| E30C | 0.72 | -0.48 | -0.45 | 0.73 | -0.42 |
| E30S | 0.75 | -0.54 | -0.45 | 0.76* | -0.53 |

N= 42 ; $p < 0,05$; * Correlação linear significativa.

Por outro lado, em todas as parcelas, o padrão da respiração do solo apresentou comportamento de queda da emissão de CO_2 com aspecto exponencial ao longo do tempo na primeira semana de estudo. Este comportamento se deve ao decaimento, também exponencial, da decomposição de carbono lábil do solo, previsto pelos modelos de decaimento de primeira ordem.

Houve correlação significativa ($p < 0,10$) da emissão de CO_2 do solo com o tempo após preparo em ADGN e E30C, como pode ser observado na Figura 7. Os coeficientes de determinação (R^2) das retas nas figuras abaixo, entre o $\text{Ln}(\text{FCO}_2)$ e o

tempo, foram de 48 e 55% nos tratamentos ADGN e E30C, respectivamente. Acredita-se que o tempo possa ser utilizado como um parâmetro para modelar as emissões após o preparo do solo de áreas agrícolas.

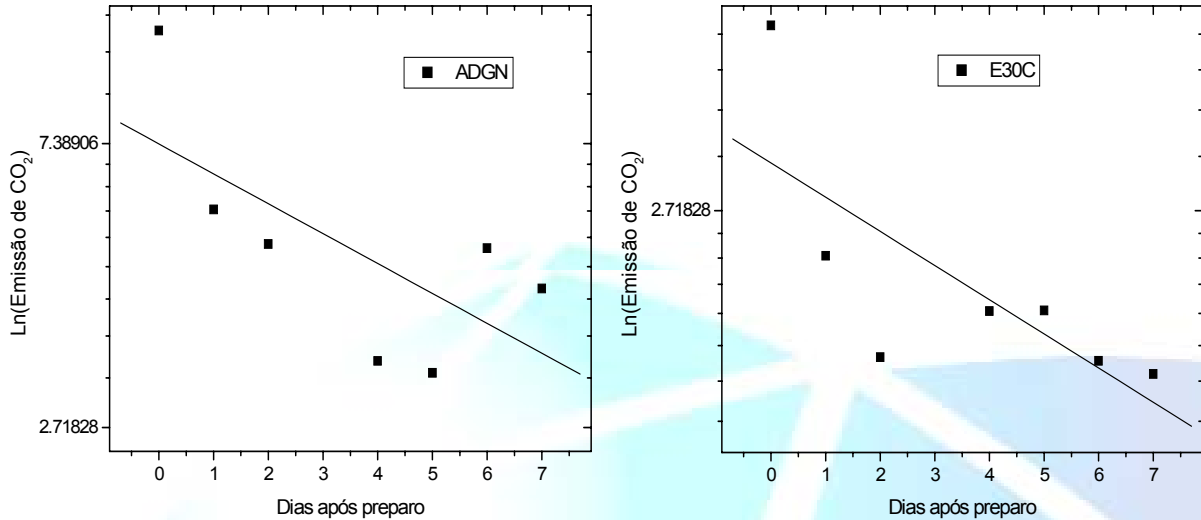


Figura 7. Gráfico do logaritmo (Ln) da emissão versus o tempo após preparo, tratamentos ADGN e E30C.

4. CONCLUSÕES

Maiores emissões são induzidas por preparo convencional (ADGN) que proporciona incremento de 143 % na emissão quando comparado ao preparo reduzido, escarificador seguido de rolo destorroador. Temperatura e umidade do solo não são fatores que controlam o fluxo de CO₂ do solo imediatamente após o preparo, mas sim o tempo. Assim, visando à preservação do carbono no solo, sugere-se escarificação em detrimento da aração, especialmente quando esta é seguida de grade niveladora.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo fomento.

6. REFERÊNCIAS

CERRI, C. E. P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W. E.; MELILLO, J. M.; CERRI, C. C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-99, 2007.

DE GRYZE, S.; SIX, J.; MERCKX, S. Quantifying water-stable soil aggregate turnover and its implication for soil organic matter dynamics in a model study. **European Journal of Soil Science**, UK, v.57, p.693-707, 2006.

ELLERT, B. H.; JANZEN, H. H. Short-term influence of tillage on CO₂ fluxes from a semi-arid soil on the Canadian prairies. **Soil & Tillage Research**, USA, v.50, p.21-32, 1999.

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

FEARNSIDE, P.M. Tropical deforestation and global warming. **Science**, New York, v.312, p.1137-1137, 2006.

GRANDY, A. S.; ROBERTSON, G. P. Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. **Ecosystems**, New York, v.10, p.58-73, 2007.

HASHIMOTO, S., TANAKA, N., SUZUKI, M., INOUE, A., TAKIZAWA, H., KOSAKA, I., TANAKA, K., TANTASIRIN, C., TANGTHAM, N. Soil respiration and soil CO₂ concentration in a tropical forest, **Journal of Forest Research**, USA, v.9, p. 75–79, 2004.

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, p.740-747, 1996.

HOUGHTON, J. T.; CALLANDER, B. A; VARNEY, S. K.: The supplementary report to the IPCC scientific assessment. **Climate Change 1992**, New York: Cambridge University Press, 1992.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGIS, D. J.; NOGUER, M.; van der LIDEN, P. J.; DAI, X.; MASKELL, K.; JHONSON, C. A. **Climate Changes 2001: the scientific basis**. Cambridge University, Cambridge, Press, 2001. 873p.

IPCC, **The Physical Science Basis, Climate Change 2007**. Intergovernmental Panel on Climate WGI Fourth Assessment Report. IPCC, Geneva, Switzerland., 2007.

LA SCALA, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, USA, v.91, p.244-248, 2006.

LA SCALA, N.; LOPES, A.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G. T. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosoil in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, USA, v.62, p.163-166, 2001.

LA SCALA, N.; LOPES, A.; PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T.; PEREIRA, G. T. Soil CO₂ efflux following rotary tillage of a tropical soil. **Soil & Tillage Research**, USA, v. 84, p. 222-225, 2005.

PRIOR, S. A.; REICOSKY, D. C.; REEVES, D. W.; RUNION, G. B.; RAPER, R. L. Residue and tillage effects on planting implement-induced short-term CO₂ and water loss from a loamy sand soil in Alabama. **Soil & Tillage Research**, USA, v.54, p.197-199, 2000.

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

REICOSKY, D.C., LINDSTROM, M. J. 1993. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**.v.85, 1237-1243.

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, p.621-628, 1999.

SARTORI, F.; LAL, R.; EBINGER, M.H.; PARRISH, D.J. Potential soil carbon sequestration and CO₂ offset by dedicated energy crops in the USA. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v.25: 441-472, 2006.

SCHWENDENMANN, L., VELDKAMP, E., BRENES, T., O'BRIEN, J., MACKENSEN, J. Spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an old-growth neotropical rain forest, La Salva Costa Rica. **Biogeochemistry**, Netherlands, v.64, 111-128, 2003.

SIX, J. ; ELLIOT, E.T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, p.1350-1358, 1999.

WOFSY, S.C.; HARRISS, R.F. The North American Carbon Program (NACP). Report of the NACP Committee of the U.S. **Interagency Carbon Cycle Science Program**, U.S. 2002.