

## **Análise preliminar da relação entre emissão de $CO_2$ do solo e do ecossistema em um agroecossistema do sul do Brasil**

Preliminary analysis of the relationship between soil and  $CO_2$  emissions from the ecosystem in an agroecosystem in southern Brazil

Gustavo Pujol Veeck, Claudio Teichrieb, Marcelo Diaz, Tiago Bremm, Maria Eduarda Oliveira, Débora Roberti, Telmo J. Amado, Jackson Ernani Fiorin, Rafael Pivotto Bortolotto

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **Resumo**

*O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise preliminar da relação entre fluxos noturnos de  $CO_2$  do solo e do ecossistema em um agroecossistema com as variáveis meteorológicas (temperatura do ar, temperatura do solo e umidade do solo), sob o sistema de plantio direto de soja no sul do Brasil. Foram utilizados o sistema de câmara automática de solo e o sistema de Covariância dos vórtices turbulentos (EddyCovariance) para calcular os fluxos. A análise mostrou que a umidade do solo controla a emissão de  $CO_2$  e o fluxo acumulado de  $CO_2$  do solo é maior do que o fluxo atmosférico.*

**Palavras-chave:** *Respiração do solo; EddyCovariance; Câmara de solo.*

### **Abstract**

*The aim of this work is to perform an analysis of the  $CO_2$  relationship between nocturnal fluxes of soil and ecosystem, in an agroecosystem as atmospheric variables (soil temperature, solidity, and singleness), under the soya tillage system in southern Brazil. To calculate the fluxes, automatic soil chamber system and the EddyCovariance system were used. The preliminary analysis showed that soil moisture controls the emission of  $CO_2$  and the  $CO_2$  cumulative flux of the soil is greater than the atmospheric flow.*

**Keywords:** *Soil respiration; EddyCovariance; Soil chamber.*

## 1 Introdução

Muitos estudos mostram a dependência da respiração do solo (emissão de dióxido de carbono do solo ou efluxo  $CO_2$  do solo) com a temperatura do solo ( $T_s$ ) Lloyd e Taylor (1994) e com a umidade ( $\theta$ ) do solo Guntiñas et al. (2013), Almagro et al. (2009). Riveros-Iregui et al. (2007) mostra que a temperatura do solo controla a produção de  $CO_2$  no solo em uma escala diária e a umidade do solo tem uma influencia na produção em uma escala sazonal. Entender os mecanismos que governam a respiração do solo é importante para que se possa quantificar corretamente as emissões de  $CO_2$ , e assim criar políticas de controle de emissões para este que é um importante gás do efeito estufa e está relacionado com o aquecimento global.

Atualmente, várias metodologias são utilizadas para a estimativa da emissão de  $CO_2$  do solo ( $R_s$ ) e as trocas líquidas de  $CO_2$  atmosféricos (NEE). A  $R_s$  é proveniente da atividade de micro-organismos autotróficos e heterotróficos, da decomposição de matéria orgânica, da respiração das raízes das plantas. Já o NEE é dado pela assimilação de  $CO_2$  (Gross Primary Productivity 'GPP') que ocorre durante o dia quando as plantas realizam fotossíntese, e a respiração do ecossistema ( $R_e$ ) dado pela emissão de  $CO_2$  das plantas (respiração das plantas) que ocorre tanto durante o dia quanto a noite somada a  $R_s$ . O objetivo deste estudo é avaliar como a respiração do solo e as trocas líquidas de carbono (NEE) noturno variam com a temperatura do ar, temperatura do solo e com a umidade do solo ( $T, T_s$  e  $\theta$ ), em um período em que a umidade do solo diminui em um cultivo de soja, sob o sistema de plantio direto. Os dados utilizados foram obtidos em um agroecossistema sob o sistema de semeadura direta em uma área de pesquisas da Fundacep/CCGL-Tec no município de Cruz Alta na região noroeste do Rio Grande do Sul.

## 2 Metodologia

Os dados utilizados para este trabalho foram coletados em um agroecossistema de cultivo de soja sob o sistema de semeadura direta em uma área de pesquisas da Fundacep/CCGL-Tec no município de Cruz Alta na região noroeste do Rio Grande do Sul. O período analisado foi entre os dias 26/01/2012 e 18/02/2012 (23 dias), durante a fase de crescimento da soja. Estes dados foram obtidos a partir de uma estação micrometeorológica localizada nas coordenadas: latitude  $28^{\circ}36' S$ , longitude  $53^{\circ}40' W$ , com altitude de 409 m. A altura média da soja no início deste período foi de 24,75 cm com índice de área folhar (IAF)  $0,46 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$  e estágio vegetativo V4/V5. No final do período a altura média foi 49,25 cm com IAF  $0,68 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$  e estágio reprodutivo R3.

A radiação solar foi medida com um sensor CMB6 (Kipp&Zonen) e temperatura do ar foi retirada de uma estação automática do INMET a 400 m da estação experimental. A umidade do solo foi obtida com o sensor modelo CS616-L da Campbell Scientific, instalado verticalmente, realizando medidas de 0 a 0,3 m de profundidade. A temperatura do solo foi obtida com o sensor Termopar Tipo E – TCAV-L Campbell Scientific instalado a 0,02m de profundidade. Estes dados foram armazenados em um datalogger a cada minuto.

Os fluxos de  $CO_2$  emitidos pelo solo e pelo ecossistema foram estimados com dados de câmara do solo e pelo método *Eddy Covariance* Baldocchi e Meyers (1988), respectivamente. A câmara de solo, modelo automático LI-8100A (LI-COR, Inc.) foi configurada para manter-se fechada durante 1,5 minutos realizando medidas da concentração de  $CO_2$  em seu interior a cada 1 segundo. O intervalo entre uma coleta e outra foi de 13,5 minutos. O fluxo de  $CO_2$  do solo foi calculado com o software Soil Flux Pro (LI-COR). Posteriormente foram feitas médias a cada meia hora. Para determinar o fluxo de  $CO_2$  do ecossistema foram utilizadas medidas de um anemômetro sônico, CSAT3 da Campbell Scientific, e um analisador de gás infravermelho, LI-7500 da LI-COR. Os dados foram medidos e armazenados em alta frequência (10Hz). Os fluxos de  $CO_2$  do ecossistema foram calculados usando o software EddyPro a cada meia hora. Foram removidos valores não físicos (*spikes*) e quando a velocidade de fricção ( $u^*$ ) foi menor que  $0,05 \text{ m s}^{-1}$ . O preenchimento de falhas nos dados foi realizado com o software ReddyProc Reichstein et al. (2005).

Neste estudo foram utilizados apenas dados noturnos, ou seja quando a radiação global foi menor que  $15 \text{ W m}^2$ . Nesta situação o fluxo de  $CO_2$  do ecossistema é a própria respiração do ecossistema, pois, na ausência de radiação fotossinteticamente ativa não ocorre fotossíntese e não há assimilação de  $CO_2$ . Neste trabalho utilizaremos a denominação de respiração do solo ( $R_s$ ) para o fluxo de  $CO_2$  do solo e respiração do ecossistema para o fluxo de  $CO_2$  do ecossistema somado a respiração do solo.

## 3 Resultados

Figura 1: Variáveis meteorológicas: temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ), temperatura do solo ( $^{\circ}C$ ), umidade do solo ( $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) e radiação global ( $\text{W m}^{-2}$ ).

A figura 1 mostra as variáveis meteorológicas temperatura do ar e do solo, umidade do solo e radiação global para o período analisado em médias de 30 minutos. Como este período foi de verão, a temperatura foi sempre elevada. Não ocorreu eventos de precipitação. A temperatura máxima do ar foi de  $37,46 \text{ }^{\circ}C$  e a mínima  $13,44 \text{ }^{\circ}C$ . No solo a temperatura máxima foi de  $42,21 \text{ }^{\circ}C$  e a mínima de  $18,88 \text{ }^{\circ}C$ . Pelo fato de não ter ocorrido precipitação, a umidade do solo no período diminuiu de  $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$

para  $0.22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . A radiação global teve o comportamento típico para o verão local com dias céu limpo ou com poucas nuvens, registrando valores máximos em torno de  $1100 \text{ W m}^{-2}$ .

A figura 2 mostra a relação entre respiração do solo e do ecossistema com a velocidade de fricção. Para baixas velocidades de fricção (menor que  $0,2 \text{ m s}^{-1}$ ) a respiração do ecossistema é menor do que a respiração do solo, isto ocorre pois não há turbulência suficiente para que ocorra o transporte de  $CO_2$ , e portanto o Eddy Covariance falha. Desta forma valores com  $u^* < 0,2 \text{ m s}^{-1}$  são descartados, com isto, apenas 32,53 % dos dados são usados. Teichrieb (2012) mostra que para o milho no sítio experimental de Cruz Alta, a dependência dos fluxos atmosféricos com o desvio da velocidade vertical ( $\sigma_w$ ) ocorre para  $\sigma_w < 0,15 \text{ m s}^{-1}$ . Já Pavelka et al. (2007) mostra a dependência entre radiação líquida (Rn) e a velocidade de fricção, e mostra que em noites com  $Rn < -50 \text{ W m}^{-2}$  e  $u^* < 0.07 \text{ m s}^{-1}$  o Eddy Covariance subestima a emissão de  $CO_2$ .

A figura 3 mostra a dispersão do fluxo de  $CO_2$  do solo e do ecossistema pela temperatura do ar e do solo, para os diferentes valores de umidade do solo (mostrada em uma escala de cores).

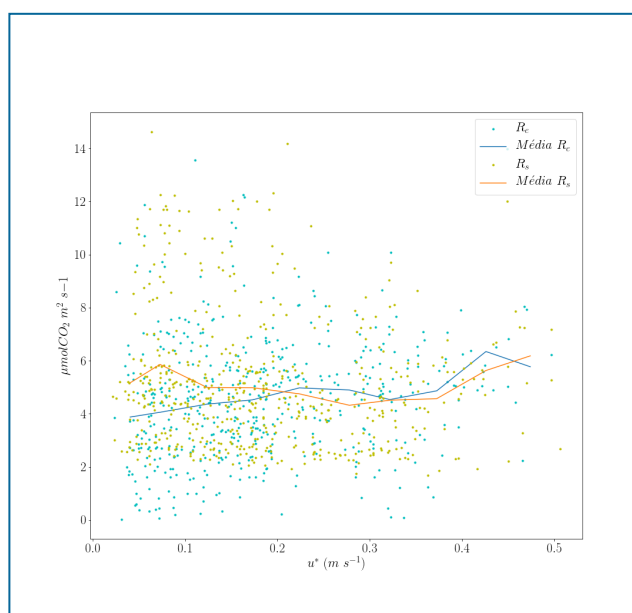


Figura 2: Relação entre a respiração do ecossistema ( $R_e$ ) e do solo ( $R_s$ ) versus velocidade de fricção ( $u^*$ ).

Quando há pouca umidade no solo há menos emissão de  $CO_2$ , a maior emissão ocorre com  $\theta$  entre  $0.24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $0.27 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e com temperaturas próximas a  $25^\circ \text{C}$ . Conforme Flanagan et al. (1974) citado por Yiqi e Zhou (2010) mostrou que a maior emissão de  $CO_2$  no solo ocorre a  $23^\circ \text{C}$ . Com o aumento da umidade, há diminuição da emissão de  $CO_2$  do solo, indicando que o efeito pode ser associado aos fatores limitantes da respiração heterotrófica dos microrganismos do solo, segundo Gliński et al. (1985) citado em Fang e Moncrieff (1999) geralmente quando há pouca umidade no solo disponível diminui a atividade metabólica dos microrganismos e raízes devido a pouca água no solo. Já com o solo úmido a produção de  $CO_2$  é inibida pela falta de oxigênio disponível já que os macro poros do solo estão preenchidos por água. As figuras 3 c) e d) mostram a dispersão entre o NEE noturno (respiração do ecossistema) e a temperatura do ar e temperatura do solo respectivamente. Podemos observar que há uma maior dispersão dos pontos em relação a figuras 3 a e b indicando uma menor correlação com a temperatura do ar e do solo e com a umidade.

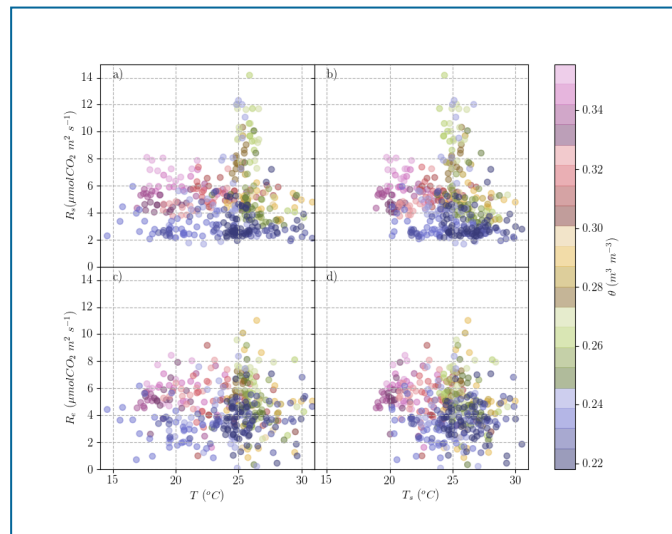


Figura 3: a) Dispersão entre a respiração do solo e a temperatura do ar para os dados noturnos. b) Dispersão entre respiração do solo e temperatura do solo para dados noturnos. c) Dispersão entre as trocas líquidas de  $CO_2$  atmosférico e a temperatura do ar para dados noturnos. d) Dispersão entre as trocas líquidas de  $CO_2$  e a temperatura do solo para dados noturnos para o sítio experimental de Cruz Alta - Rs.

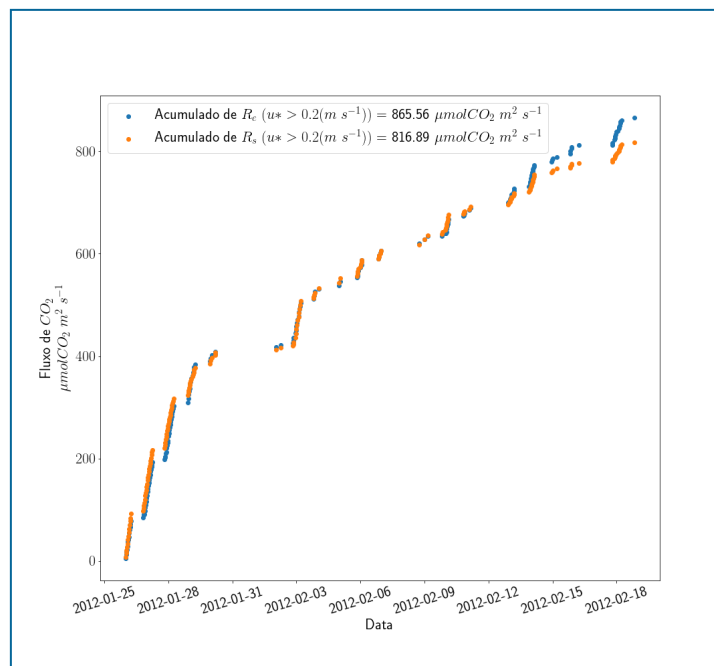


Figura 4: Trocas líquidas de  $CO_2$  e respiração do solo acumulados para o sítio experimental de Cruz Alta.

Na figura 4 são mostrados os fluxos acumulados  $R_e$  e  $R_s$ . O fluxo acumulado de  $CO_2$  obtido com o método da câmara de solo é  $816,89 \mu mol CO_2 m^2 s^{-1}$ , enquanto o fluxo acumulado utilizando o método Eddy Covariance foi  $865,56 \mu mol CO_2 m^2 s^{-1}$ .

## 4 Conclusão

A análise dos dados mostra que apenas a temperatura do ar e do solo são insuficientes para descrever a respiração do solo, sendo necessário considerar a variação da umidade do solo. Devem ser analisadas as faixas de umidades separadamente e correlacionar com a temperatura. Verifica-se que há uma faixa intermediária de temperatura do ar e temperatura do solo, bem como da umidade do solo, onde ocorre maior emissão de  $CO_2$ .

A contribuição do solo para o fluxo total foi de 94,38 %. Esta diferença deve ser ainda maior durante o dia pois a respiração é proporcional a temperatura Lloyd e Taylor (1994). O escoamento do  $CO_2$  em regime de pouca turbulência ( $u_* < 0.2 m s^{-1}$ )

também pode influenciar nas medidas e mais estudos neste assunto devem ser realizados.

## Agradecimentos

Agradecimentos à revisores, colaboradores e colegas de laboratório pela ajuda, à UFSM pela estrutura, e a Capes pelo aporte financeiro.

## Referências

- Almagro, M., López, J., Querejeta, J., Martínez-Mena, M. (2009). Temperature dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(3), 594–605.
- Baldocchi, D. D., Meyers, T. P. (1988). A spectral and lag-correlation analysis of turbulence in a deciduous forest canopy. *Boundary-Layer Meteorology*, 45(1), 31–58.
- Fang, C., Moncrieff, J. B. (1999). A model for soil CO<sub>2</sub> production and transport 1: Model development. *Agricultural and Forest Meteorology*, 95(4), 225–236.
- Flanagan, P., Veum, A., et al. (1974). Relationships between respiration, weight loss, temperature and moisture in organic residues on tundra. *Soil organisms and decomposition in tundra*, pp. 249–277.
- Gliński, J., Stępniewski, W., et al. (1985). *Soil aeration and its role for plants*. CRC Press, Inc..
- Gutiñas, M., Gil-Sotres, F., Leirós, M., Trasar-Cepeda, C. (2013). Sensitivity of soil respiration to moisture and temperature. *Journal of soil science and plant nutrition*, 13(2), 445–461.
- Lloyd, J., Taylor, J. (1994). On the temperature dependence of soil respiration. *Functional ecology*, pp. 315–323.
- Pavelka, M., Sedlák, P., Acosta, M., Czerný, R., Taufarová, K., Janouš, D. (2007). Chamber techniques versus eddy covariance method during nighttime measurements. Em: *International Scientific Conference, Slovakia*.
- Reichstein, M., Falge, E., Baldocchi, D., Papale, D., Aubinet, M., Berbigier, P., Bernhofer, C., Buchmann, N., Gilmanov, T., Granier, A., et al. (2005). On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improved algorithm. *Global Change Biology*, 11(9), 1424–1439.
- Riveros-Iregui, D. A., Emanuel, R. E., Muth, D. J., McGlynn, B. L., Epstein, H. E., Welsch, D. L., Pacific, V. J., Wraith, J. M. (2007). Diurnal hysteresis between soil CO<sub>2</sub> and soil temperature is controlled by soil water content. *Geophysical Research Letters*, 34(17), n/a–n/a, URL <http://dx.doi.org/10.1029/2007GL030938>, 117404.
- Teichrieb, C. A. (2012). Trocas de carbono atmosférico sobre dois diferentes sistemas de plantio de milho no sul do Brasil. Tese de Doutorado, UFSM.
- Yiqi, L., Zhou, X. (2010). *Soil respiration and the environment*. Academic press.

Gustavo Pujol Veeck

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: veeckgp@gmail.com

Claudio Teichrieb

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: teichrieb@gmail.com

Marcelo Diaz,

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: morbdiaz@gmail.com

Tiago Bremm

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: bremm.tiago@gmail.com

Maria Eduarda Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: mariaeduardafisica@gmail.com

Débora Roberti

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: debora@ufsm.br

Telmo J. Amado

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: florestatel@hotmail.com

Jackson Ernani Fiorin

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: jackson.fiorin@ccgl.com.br

Rafael Pivotto Bortolotto

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil  
Email: rpbortolotto@unicruz.edu.br