

## INFLUÊNCIA DA UMIDADE DO SOLO SOBRE A VARIAÇÃO DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ-PA

Giselle Nerino Brito de Souza<sup>1</sup>, Alessandro Carioca de Araújo<sup>2</sup>, Steel Silva Vasconcelos<sup>2</sup>, Leila do Socorro Monteiro Leal<sup>3</sup>, Carlos Alberto Dias Pinto<sup>4</sup> e Antônio Carlos Lola da Costa<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestra em Ciências Ambientais/ Bolsista DTI-B CNPq/ LBA

<sup>2</sup>Pesquisador A/ Embrapa Amazônia Oriental

<sup>3</sup>Pesquisadora em Micrometeorologia/ LBA

<sup>4</sup>Meteorologista/ Bolsista DTI-C/LBA

<sup>5</sup>Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia/UFPA

### Resumo

Estima-se que grande parte da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em florestas tropicais seja oriunda do solo. A respiração do solo é altamente variável, no tempo e no espaço e essas variações temporais podem reportar-se em várias escalas de tempo. O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo tem forte relação com a umidade do solo, podendo explicar as variações sazonais do fluxo de CO<sub>2</sub> no ecossistema. Objetivou-se neste trabalho verificar a variação do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e relacioná-los com a variável de umidade do solo ao longo de um ano de experimento em uma parcela permanente de 1 ha localizada em Caxiuanã- PA. O efluxo foi medido com o auxílio de um analisador de gás por infravermelho portátil, EGM-4, de dinâmica fechada, conectado a uma câmara de respiração do solo, SRC-1, e um sensor de temperatura do solo. A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico após a coleta e secagem de amostras de solo na profundidade de 0-5 cm, e seca em estufa a 105°C por 24 horas. A umidade de solo exerceu influencia sobre a variação do efluxo CO<sub>2</sub> do solo.

**Palavras-chave:** Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo; Floresta tropical úmida, Amazônia Oriental; Umidade do solo

### Abstract

It is estimated that much of the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from tropical forests originate from the soil. Soil respiration is highly variable in time and space and these temporal variations can be reported at various time scales. The efflux of CO<sub>2</sub> from the soil has a strong relation with the soil moisture, being able to explain the seasonal variations of the CO<sub>2</sub> flow in the ecosystem. The objective of this work was to verify the variation of CO<sub>2</sub> efflux from the soil and to relate them to the soil moisture variable over a year of experiment in a permanent plot of 1 ha located in Caxiuanã-PA. The efflux was measured with the aid of a closed-dynamics EGM-4 portable infrared gas analyzer connected to a ground breathing chamber, SRC-1, and a soil temperature sensor. Soil moisture was determined by the gravimetric method after soil samples were collected and dried at 0-5 cm depth and dried in an oven at 105°C for 24 hours. Soil moisture exerted influence on the CO<sub>2</sub> efflux variation of the soil.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> Efflux; Rainforest; Eastern Amazon; Soil moisture

## 1. Introdução

O solo é o mais importante reservatório de carbono (C) terrestre, armazenando duas ou três vezes mais C do que a atmosfera (DAVIDSON et al., 2002) e quatro vezes mais C do que a biomassa vegetal (KARHU et al., 2014). Entretanto, grandes quantidades de C são liberadas do solo para a atmosfera principalmente como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás resultante da respiração autotrófica e heterotrófica (BOND-LAMBERTY e THOMSON, 2010).

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo proveniente da respiração do solo é um dos principais componentes do ciclo global do carbono (YIM; JOO; NAKANE, 2002), contribuindo com aproximadamente 50% do total do carbono que compõe a respiração total do ecossistema (ROBERTS et al., 2000). Segundo Meier et al. (1996), o CO<sub>2</sub> produzido nos solos de florestas tropicais úmidas pode representar mais de 80% de todo o CO<sub>2</sub> emitido pelo ecossistema.

Diversos fatores bióticos e abióticos controlam o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo sendo a disponibilidade um dos principais controladores (VINCENT et al. 2006). Na Amazônia, nos solos de florestas nativas, a umidade do solo representa o principal fator para definir o ritmo da atividade biológica e, por tanto, apresenta-se como principal controlador da variação sazonal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em florestas (MAIER et al., 2011).

Os estudos de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo na Amazonia exibem grandes variações de tempo e espaço, inclusive em ecossistemas florestais. Estudos conduzidos pelo programa LBA realizam inúmeras atividades em diferentes parcelas permanentes na Amazônia a fim de entender o funcionamento da interação solo- planta- atmosfera. A melhor compreensão da dinâmica de CO<sub>2</sub> no solo auxilia no entendimento da Amazônia quanto o seu papel em atuar como fonte ou sumidouro de carbono e ajuda a esclarecer sobre as interações entre solo e atmosfera. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da umidade do solo sobre a variação do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em uma parcela permanente localizada em Caxiuanã-PA.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em uma parcela de 1 hectare, estabelecida como parte da Rede Global de Monitoramento de Ecossistemas (GEM) e a Rede Amazônica de Inventários Florestais (RAINFOR). A parcela localiza-se na Floresta Nacional de Caxiuanã, município de Melgaço, região oeste do Pará onde a Estação Científica Ferreira Penna é mantida e administrada pelo Museu Paraense Emílio Goeldi. A reserva possui 333.000ha de cobertura vegetal diversa, incluindo áreas de floresta primária, secundária, várzea e igapó, contudo a floresta de terra firme representa 85% do ecossistema mais extenso e diversificado de Caxiuanã (ALVARENGA; LISBOA, 2007).

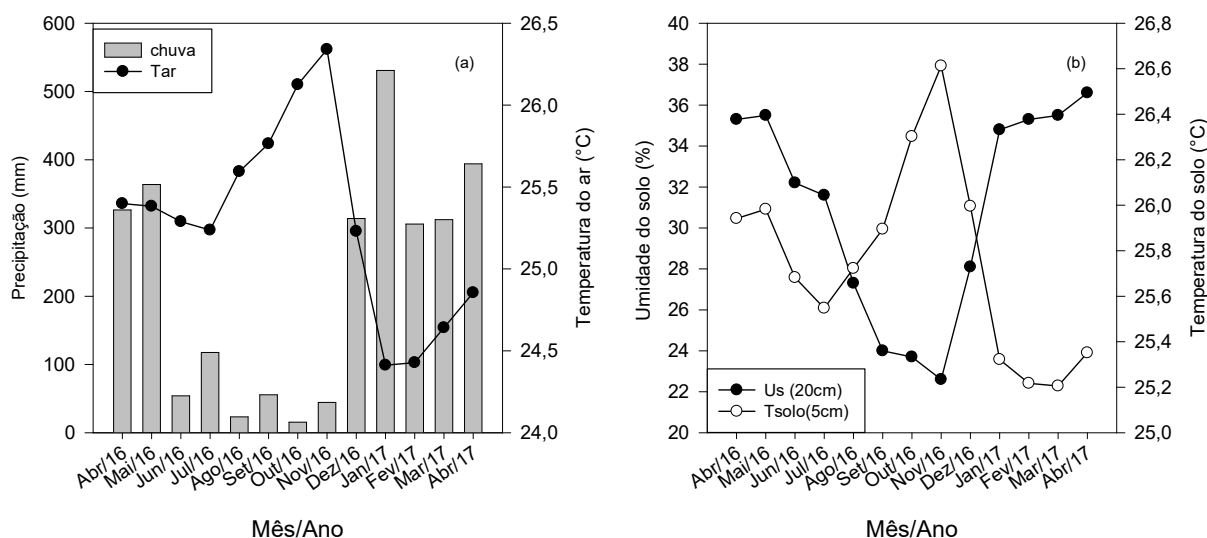
O clima da região pela classificação de Köppen é do tipo tropical quente e úmido e subtipo climático "Am". A precipitação pluviométrica anual varia de 2000-2500 mm e cerca de 85% da precipitação ocorre no período chuvoso, de dezembro a maio. Os meses de maio e agosto apresentaram os maiores e menores valores médios de precipitação, 341,2mm e 18,4mm respectivamente. No presente trabalho foram adotados como período chuvoso os meses de dezembro a maio e como período seco os meses de junho a novembro. A temperatura média do ar oscila em torno de 26,7 °C, com mínimos de 22 °C e máximos 32 °C e a média da umidade relativa do ar anual situa-se em torno de 80% (FERREIRA DA COSTA et al., 2007). A área é caracterizada por um relevo de planície e a vegetação da região é classificada como de terra firme, com uma altura média do dossel igual a 35 m (LISBOA et al., 1997). Os solos da região vão de bem drenados a moderadamente drenados e são pobres em nutrientes; têm cor bruno amarelo-escuro (10YR, 3/6) a vermelho amarelado (7,5YR, 6/6). A base do perfil constitui-se de um horizonte de areia e/ou argila

caulinítica, intercalada com um horizonte laterítico. O pH varia de 3,5 muito ácido, a 5,5 moderadamente ácido (RUIVO et al., 2002).

## 2.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos através de sensores instalados em uma torre de observações micrometeorológicas constituída em alumínio, com 50 m de altura e 2.0 m x 1.0 m de seção, montada na área da floresta distante 10m da parcela permanente e equipada com sensores instalados ao longo de toda sua extensão.

A temperatura do ar foi obtida a 52m de altura, por sonda (CS215, Campbell Scientific, Inc.), em médias de 30 minutos e a precipitação acumulada foi registrada através de pluviômetro TB3. Os dados de chuva acumulada e a média mensal da temperatura do ar estão apresentados na Figura 1a. Nas proximidades da torre são realizadas medidas de temperatura do solo em cinco profundidades (2cm, 5cm, 20cm, 30cm e 50cm) utilizando termopares E (105E-L, Campbell Scientific) e de umidade volumétrica do solo em seis níveis de profundidade (20cm, 30cm, 40cm, 60cm e 100cm) utilizando sondas CS650 (Campbell Scientific, Inc.), ambas registradas em médias de 10 minutos. Todas as medidas realizadas pelos sensores instalados na torre são registradas em microcontroladores eletrônicos CR1000 (Campbell Scientific, Inc.) e armazenadas em sua memória interna e também em cartões de memória. Foram selecionadas as medidas de temperatura do solo de 5cm e as medidas de umidade do solo a 20cm para as análises junto aos dados da parcela permanente em virtude da semelhante profundidade de obtenção das medidas da parcela (Figura1b).



**Figura 1** - Precipitação pluviométrica e temperatura do ar mensal (a); umidade do solo (20cm) e temperatura do solo (5cm) (b), na área da parcela durante o período de Abril de 2016 a Abril de 2017 na floresta nacional de Caxiuanã-PA.

## 2.3 Dados de efluxo de CO<sub>2</sub> e umidade do solo

A parcela de 1 ha foi subdividida em quadrantes de 20 x 20 m totalizando 25 subparcelas e em cada subparcela há um ponto fixo no solo onde foram feitos as leituras de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figura 2). Simultaneamente foram registrados valores de temperatura do solo. O período de medição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo compreendeu ao período de abril de 2016 até abril de 2017. Durante esse período, foi realizada uma

campanha mensal para medidas do efluxo de CO<sub>2</sub> solo, temperatura e umidade do solo, totalizando 12 coletas. O efluxo de CO<sub>2</sub> foi medido por um analisador de gás infravermelho portátil EGM-4 (PP Systems, Hitchin, UK) de dinâmica fechada, conectado a uma câmara de respiração do solo SRC-1 (PP Systems, Hitchin, UK) e um sensor de temperatura do solo inserido a 5 cm do solo. Os anéis de PVC (100mm de comprimento X 50mm de diâmetro) foram instalados cinco meses antes do início da primeira medição, a uma profundidade de aproximadamente 5 cm.

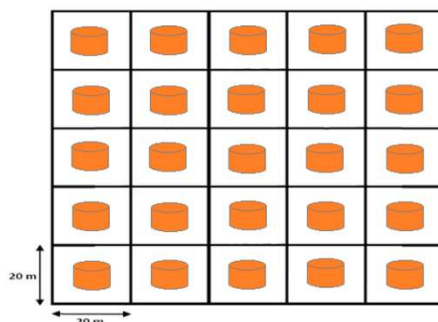


Figura 2- Distribuição dos anéis de PVC na parcela permanente

Para calcular os dados, utilizou-se a fórmula estudada por Metcalfe et al. (2007):

$$R_s = \frac{\Delta C}{\Delta T} \cdot \frac{P}{1000} \cdot \frac{273}{t + 273} \cdot \frac{44.01}{22.41} \cdot \frac{V_{ch}}{A} \quad (1)$$

Onde,  $R_s$  é o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (kg CO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>);  $\Delta C/ \Delta T$  representa a variação do CO<sub>2</sub> dentro da câmara (ppm) por unidade de tempo (segundos);  $P$  é a pressão atmosférica (Pa);  $t$  é a temperatura do ar dentro da câmara (°C);  $V_c$  é o volume total do interior da câmara (m<sup>3</sup>), e  $A$  é a área do solo coberta pela câmara (m<sup>2</sup>).

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico após a coleta e secagem de 25 subamostras de solo em cada uma das avaliações do efluxo de CO<sub>2</sub>, na profundidade de 0-5 cm, e seca em estufa a 105°C por 24 horas (EMBRAPA, 1997).

### 3. Resultados

A média mensal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo variou de 2,54±0,23 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a 8,45±0,45 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> nos meses de abril de 2017 e dezembro de 2016, respectivamente. Existiu uma tendência positiva entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e temperatura do solo, ou seja, o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo tende a aumentar com o aumento da temperatura do solo, embora a concentração do gás tenha ocorrido na faixa de temperatura do solo de 25 a 26°C (Figura 3a). A umidade do solo exerceu maior influência sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, obtendo uma tendência negativa que sugere que o aumento do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo ocorre até um valor considerado ótimo, e após esse limite os valores tendem a diminuir (Figura3b).

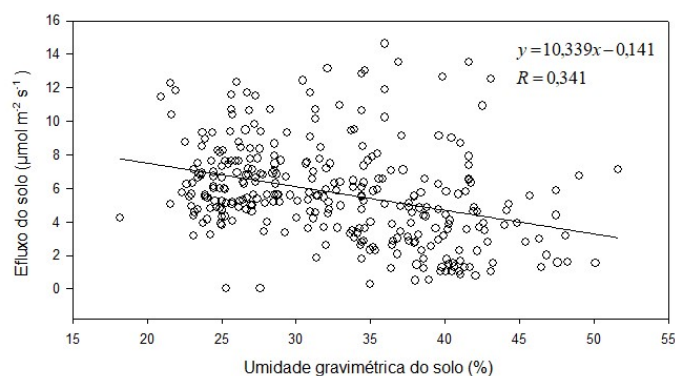


Figura 3- Relação entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e umidade do solo na parcela permanente em Caxiuanã- PA.

Observou-se que a umidade do solo exerceu influência sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, evidenciando algum controle sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Isso se explica porque a umidade é uma variável ambiental que influencia em na atividade biológica do solo e a decomposição da matéria orgânica, eventos importantes na emissão do gás do solo para a atmosfera. Existe também no solo um nível de umidade ótimo, que quando ultrapassado esse limite, a água realiza uma camada de proteção no solo, evitando assim a emissão do CO<sub>2</sub> para a atmosfera (SOTTA et al., 2004).

#### 4. Conclusão

A umidade do solo é fator ambiental importante que influenciou o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante o período estudado na floresta nacional de Caxiuanã.

#### Referências Bibliográficas

Alvarenga, L.D.P.; Lisboa, R.C.L.; Tavares, A.C.C. 2007. Novas Referências de Hepáticas (Marchantiophyta) da Floresta Nacional de Caxiuanã, para o Estado do Pará, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(3): 240-248.

Bond-Lamberty, B., and Thomson, A.: Temperature-associated increases in the global soil respiration record, *Nature*, 464, 579-582, doi:10.1038/nature08930, 2010.

Davidson EA, Savage K, Bolstad P *et al.* (2002) Belowground carbon allocation in forests estimated from litterfall and IRGA-based soil respiration measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, **113**, 39–51.

EMBRAPA- **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997.

FERREIRA DA COSTA, R.; SILVA, V. P. R.; RUIVO, M. L. P.; MEIR P.; COSTA, A. C. L.; MALHI, Y; BRAGA, A.P.; GONÇALVES, P. H. L.; SILVA JUNIOR, J. A.; GRACE, J. Transpiração em espécie de grande porte na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.2, p.180-189, 2007

Karhu, K., Auffret, M. D., Dungait, J. A. J., Hopkins, D. W., Prosser, J. I., Singh, B. K., Subke, J.-A., Wookey, P. A., Agren, G. I., Sebastia, M.-T., Gouriveau, F., Bergkvist, G., Meir, P., Nottingham, A. T., Salinas, N., and Hartley, I. P.: Temperature sensitivity of soil respiration rates enhanced by microbial community response, *Nature*, 513, 81-84, doi: 0.1038/nature13604, 2014.

LISBOA, P. L. B.; SILVA, A. S. L; ALMEIDA, S. S. Florística e estrutura dos ambientes. In: Lisboa P. L. B. (Ed). Caxiuanã: Pesquisa e desenvolvimento sustentável CNPq/Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, p. 163-193, 1997.

Maier, M., Schack-Kirchner, H., Hildebrand, E. E., and Schindler, D.: Soil CO<sub>2</sub> efflux vs. soil respiration: Implications for flux models, *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 1723-1730, doi: 10.1016/j.agrformet.2011.07.006, 2011.

Meir, P., J. Grace, A. C. Miranda, and J. Lloyd (1996), Soil respiration in a rainforest in Amazonia and in cerrado in central Brazil, in *Amazonian Climate and Deforestation*, edited by J. H. C. Gash et al., pp. 319–330, John Wiley, New York.

Metcalf DB, Meir P, Aragão LEOC, Malhi Y, da Costa ACL, et al. (2007) Factors controlling spatio-temporal variation in carbon dioxide efflux from surface litter, roots, and soil organic matter at four rain forest sites in the eastern Amazon. *Journal of Geophysical Research* 112: G04001

ROBERTS, J. M. Effects of temperature on soil respiration: a brief overview. Wallingford: Center for Ecology and Hydrology, 2000. 45 p.

Ruivo, M.L.P.; Pereira, S.B.; Bussetti, E.P.C.; Costa, R. F. da; Quanz, B.; Nagaishi, T. Y.; Oliveira, P. J.; Meir, P.; Malhi, Y.; Costa, A. C. L. Propriedades do solo e fluxos de CO<sub>2</sub> em Caxiuanã, Pará: Experimento LBA-ESECAFLOR. In. *Contribuições a geologia da Amazonia, (CGA-3)*, Sociedade Brasileira de Geologia, Belém, v.3, p.291-299, 2002.

Sotta, E.D.; Meir, P.; Malhi, Y.; Nobre, A. D.; Hodnett, M.; Grace, J. 2004. Soil CO<sub>2</sub> efflux in a tropical forest in the central Amazon. *Global Change Biology*, 10: 601-617.

Vincent, G.L.; Shahriari, A.R.; Lucot, E.; Badot, P.-M; Epron, D. et al. 2006. Spatial and seasonal variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. *Soil Biology and Biochemistry*, 38, 2527-2535.

YIM, M.H.; JOO, S.J. & NAKANE, K. Comparison of field methods for measuring soil respiration: A static alkali absorption method and two dynamic closed chamber methods. *For. Ecol. Manag.*, 170:189-197, 2002.