

Distribuição Espacial da Emissão de CO₂ em área de Campo Natural no Município de Humaitá-Amazonas

Marcelo Dayron Rodrigues Saores⁽¹⁾; Milton César Costa Campos⁽²⁾; Paula Caroline dos Santos Silva⁽³⁾; Leandro Coutinho Alho⁽⁴⁾; Bruno Campos Mantovanelli⁽⁵⁾; Diogo André Pinheiro da Silva⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM; ⁽¹⁾ Estudante de Mestrado do programa CITA, bolsista FAPEAM. Universidade Federal do Acre - UFAC, CEP: 69. 909-320 - Rio Branco - AC. E-mail: marcelo.dayron@gmail.com. ⁽²⁾ Professor Adjunto II, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal do Amazonas, e-mail mcesarsolos@gmail.com. ⁽³⁾ Acadêmica em Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM-AM. E-mail: ss.paulacaroline@gmail.com. ⁽⁴⁾ Lic. Ciências Agrárias, Mestrando em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas – Manaus. E-mail leandro_alho@yahoo.com.; ⁽⁵⁾ Acadêmico em Agronomia do IEAA/UFAM-AM. E-mail: brunomantovanelli21@gmail.com; ⁽⁶⁾ Acadêmico em Engenharia Ambiental do IEAA/UFAM-AM. E-mail: andredioogo@hotmail.com.

RESUMO: Em áreas sob campos naturais na Amazônia são poucos os trabalhos que avaliam a variabilidade espacial da emissão de CO₂ e sua relação com temperatura e umidade do solo. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de variabilidade espacial do fluxo de CO₂ no solo em campos naturais, no município de Humaitá, AM em relação a temperatura e umidade do solo. Foi determinada uma área de 70 x 70 metros com espaçamento regular de dez metros formando uma malha com 64 pontos. Foram avaliados o fluxo de CO₂, temperatura, umidade do solo. Os dados foram explorados a partir de análise de estatística descritiva e a variabilidade espacial estimado a partir da análise exploratória dos semivariogramas, sendo que a correlação foi estimada com base nos mapas de krigagem. As variáveis estudadas apresentaram dependência espacial. Os mapas de krigagem possibilitaram observar que a variação espacial da emissão de CO₂ do solo possivelmente se relaciona temperatura na emissão de CO₂.

Termos de indexação: semivariogramas; dependência espacial; Sul do Amazonas.

INTRODUÇÃO

Em termos proporcionais o dióxido de carbono é considerado o gás mais importante do efeito estufa adicional, responsável por 60% do aquecimento global. (COLE et al., 1995 e IPCC, 2000). As maiores emissões são resultantes de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis e as mudanças do uso do solo, eventos que vem gerando uma preocupação crescente de pesquisadores em minimizar a emissão desses gases (PANOSSO, 2006).

Na superfície do solo, o CO₂ é produzido naturalmente por meio de processo mediado por microrganismo durante a decomposição aeróbica da matéria orgânica e a respiração do sistema radicular das plantas. Esses processos são influenciados, em primeira ordem, pela temperatura

e pela umidade do solo, atributos com grande variabilidade temporal e espacial, e que guarda relação direta com as condições climáticas e topográficas do local onde o gás está sendo produzido. (KANG et al., 2000). Dessa maneira o fluxo de CO₂ pela respiração do solo é considerado um dos principais componentes do ciclo do carbono (YIM et al.; 2002) representando cerca de 50% do carbono que compõe a respiração total do ecossistema (ROBERTS, 2000).

Sobre este assunto Richter et al. (2011) afirma que uma característica intrínseca aos solos é a sua heterogeneidade, imposta pelos fatores de formação, a começar pelo próprio material de origem que não se apresenta uniforme em toda sua extensão, e ao fato do processo de intemperização não ocorrer de forma homogênea e contínua, refletido na variabilidade espacial das propriedades do solo. Todavia, a variabilidade espacial não se restringe apenas aos atributos do solo, ocorrendo também sob a emissão de CO₂, como constatado por Rayment e Jarvis (2000); Panosso et al. (2008) e D'Andrea et al. (2010).

A variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser avaliada através da análise geoestatística, que permite detectar a existência da variabilidade e distribuição espacial de variáveis do solo, constituindo assim uma importante ferramenta na análise e descrição detalhada de propriedades do solo (VIEIRA et al., 2002).

Desta forma, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a distribuição espacial da emissão de CO₂, e suas relações com os padrões espaciais de temperatura e umidade do solo em uma vegetação de campo natural na região do Município de Humaitá-Am.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada na região do município de Humaitá, sul do Estado do Amazonas, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W, em área do 54° Batalhão de

Infantaria de Selva do Exército, distando 06 km da sede do município de Humaitá-Am. A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual varia entre 2.250 e 2.750 mm, e com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As médias anuais de temperatura variam em torno de 25° C e 27° C.

Foi realizado o mapeamento de uma malha de 70 x 70 metros com espaçamentos regulares de 10 em 10 metros, totalizando 64 pontos amostrais em um ambiente de campo natural.

As medições de CO₂, temperatura e umidade do solo foram realizadas simultaneamente no período de 20 a 24 de dezembro do ano de 2012, as leituras foram feitas em todos os pontos da malha amostral, no horário das 8:00 horas com duração média de duas horas de medições.

Foram instalados os colares no campo uma semana antes da leitura, em seguida acopla-se a câmara de solo LI-8100 sobre eles, não encostando a câmara no solo minimizando-se assim os distúrbios mecânicos sobre o mesmo.

No momento da avaliação da emissão de CO₂ a câmara se fecha sobre o colar de PVC, por meio de seu sistema pneumático, tendo início o modo de leitura, com duração de aproximadamente 90 segundos em cada ponto onde a concentração de CO₂ dentro da câmara é tomada a cada 2,5 segundos. De forma generalizada, o fluxo de CO₂ é computado em cada ponto por um ajuste da concentração de CO₂ do ar dentro da câmara em função de uma regressão parabólica no tempo após o fechamento da câmara.

A temperatura do solo (T_{solo}) foi monitorada concomitantemente às avaliações de emissão de CO₂ do solo utilizando-se um sensor de temperatura que é parte integrante do sistema LI-8100.

A umidade do solo (U_{solo}), em % volume, foi registrada utilizando-se um aparelho TDR (Time Domain Reflectometry) - Campbell® Hydrosense™ Campbell Scientific – Austrália, esta foi realizada simultaneamente às avaliações da emissão de CO₂ e temperatura do solo em cada um dos pontos amostrais.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo determinados a média, valores máximos e mínimos, coeficientes de assimetria e curtose, coeficiente de variação (CV) e distribuição de frequências dos dados. Esta análise foi realizada no software estatístico Minitab 14 (Minitab, 2000).

A análise da dependência espacial foi feita por meio da geoestatística. Sob teoria da hipótese intrínseca o semivariograma experimental foi

estimado a partir do software GS+ (Robertson, 1998), pela equação:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Para a confecção dos mapas de isolinhas utilizou-se o software Surfer versão 8.00 (Golden Software Inc., 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a estatística descritiva para as variáveis emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo encontram-se na **tabela 1**. Os valores de média e mediana são próximas para todas as variáveis, o que caracteriza distribuição simétrica, justificando valores de coeficientes de assimetria próximas a zero, com exceção para os valores de curtose da temperatura e umidade do solo respectivamente.

Com relação ao teste de normalidade dos dados avaliados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, o qual mede a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os resultados associados à distribuição hipoteticamente verdadeira (GONÇALVES et al., 2001) o resultados apresentaram-se como não significativos.

A normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, entretanto é conveniente apenas que a distribuição não apresente caldas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, os quais são baseados nos valores médios (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

De acordo com o critério de classificação estabelecido por Warrick e Nielsen (1980) para CV, que classificam como baixa variabilidade CV < 12%, média variabilidade CV entre 12 e 60% e, alta variabilidade CV > 60%, é conferido para a variável de fluxo de CO₂ uma variabilidade média e para as variáveis temperatura e umidade uma baixa variabilidade com CV < 12%, concordando com D'Andréia et al, (2010) para umidade e temperatura em áreas de vegetação nativa.

Para as variáveis de fluxo de CO₂ e temperatura do solo, o modelo que mais se ajustaram foi o esférico e para umidade do solo o modelo que mais se ajustou foi o exponencial (**Figura 1**).

Na análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), que avalia em termos proporcionais o efeito pepita sobre o patamar (C₀/(C₀+C₁)*100), em que são considerados de dependência espacial forte os semivariogramas que têm um GDE ≤ 25% do patamar; dependência espacial moderada quando o GDE está em 25 e 75 % e dependência fraca, quando GDE > 75% do patamar, as variáveis apresentaram-se como forte

dependência espacial. Panosso et al.(2008), analisando fluxo de CO₂ do solo em manejo de cana-de-açúcar, encontraram dependência espacial para fluxo de CO₂ em área de cana crua, mas a mesma não foi verificada para na área de cana queimada.

Quanto ao alcance (a) foram encontrados valores de 25, 21 e 36 metros para as variáveis de fluxo de CO₂, temperatura do solo e umidade do solo, respectivamente (**Figura 1**), Concordando com os encontrados por Panosso (2008), em área de cana crua.

Os mapas de krigagem são representadas na **figura 2**, com relação aos mapas da temperatura e umidade do solo, verifica-se que na região central onde as temperaturas são mais elevadas é coincidente com a região de maior emissão CO₂, evidenciando uma correlação destes atributos. Em contrapartida, a umidade se distribui mais uniformemente na área de estudo, todavia, mesmo esses fatores sendo primordiais na influência da emissão de CO₂ do solo evidencia-se que a temperatura foi predominante em a esse comparativo. Esse resultado corrobora com os encontrados por Panosso et al. (2008) que verificou maior temperatura e menor umidade nas mesmas regiões de maior emissão de CO₂.

CONCLUSÕES

1 - As variáveis de fluxo de CO₂, temperatura e umidade do solo apresentaram estrutura de dependência espacial.

2 - A temperatura apresentou correlação com a emissão de CO₂ em relação aos mapas de krigagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFAM e a FAPEAM pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK J. M.; PARKIN T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society America Journal*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- COLE, V.; CERRI, C.; MINAMI, K.; MOSIER, A.; ROSENBERG, N.; SAUERBECK, Prenome. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emissions. In: Watson, R.T. (Ed.) *Climate change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change – Scientific - technical analyses*. Cambridge: University Press, 1995, p. 747- 777.
- DIAS, J. D., 2006. Fluxos de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de Floresta nativa da Amazônia, dissertação (mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2006.
- D’ANDREA, A. F.; SILVA M. L. N.; CURI, N.; SILVA C. A.. Variações de curto prazo no fluxo e variabilidade espacial do CO₂ do solo em floresta nativa, *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 30, n. 62, p.85-92, mai. jun. 2010.
- GOLDEN SOFTWARE INC. (Golden, Estados Unidos). SURFER for Windows: release 7.0: contouring and 3D surface mapping for scientist’s engineers, user’s guide. New York, 1999. 619p.
- GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1149-1157, 2001.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) *Climate Change 2001:Synthesis report- Summary for Policymakers*, University Press, Cambridge, UK, 2001.
- ISAACS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- 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.
- PANOSSO, A. R.; CAMARA, F. T.; LOPES, A.; PEREIRA, G.T.; LA SCALA JR, N. Emissão de CO₂ em um Latossolo após preparo convencional e reduzido em períodos seco e chuvoso. *Científica*, v. 34, n.2 p. 257-262, 2006.
- PANOSSO, A. R.; PEREIRA, GENER, T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em dois sistema de manejo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28. p 227-236, 2008
- RAYMENT, S. M. B.; JARVIS, P. G. Temporal and Spatial variation of soil CO₂ efflux in camadion boreal forest. *Soil Biology and Biochemistry*, v.32, p.35-45, 2000.
- RICHTER, R.L.; AMADO, T.J.C.; FERREIRA, A.O.; ALBA, P.J.; HANSEL, F. D. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo sob plantio direto influenciados pelo relevo e profundidade de amostragem. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia-GO, vol.7, n.13; p.1043-1059; 2011.
- ROBERTS, J. M. Effects of temperature on soil respiration: a brief overview, Walling ford: center for Ecology and Hydrology, 2000, 45p.
- ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user’s guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.
- SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.491-499, 2004.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.) *Tópicos ciência do*

solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. 2000. Cap. 1, p.1-54.

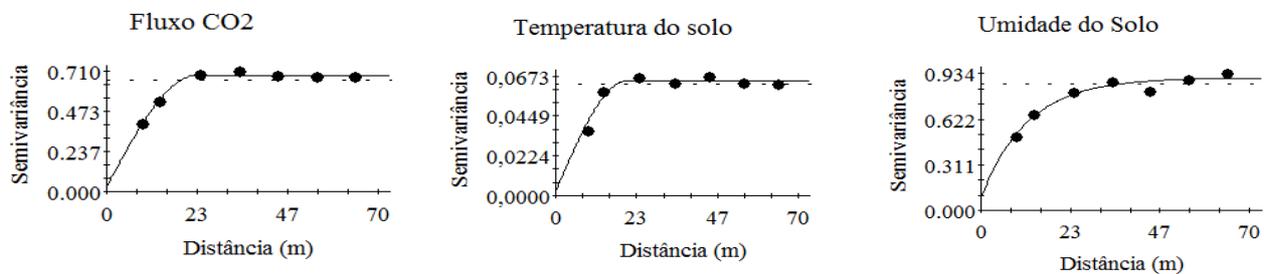
WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. p.319-344.

YIM, M. H.; JOO, S. J.; NAKANE, K. Comparison of field methods for measuring soil respiration: as static alkali absorption methods and two dynamic closed chamber methods. Forest Ecology and Management, v.179, p.189-197,2002.

Tabela 1. Estatística descritiva para as variáveis de emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área de campo natural no município de Humaitá- AM

Estatística	FCO ₂ ¹	Tsolo ²	Usolo ³
	μmol m ⁻²	C ^o	%
Mínimo	3.54	29.90	14.75
Máximo	7.17	32.25	22.75
Média	5.02	30.64	19.80
Mediana	4.95	30.64	20.00
DP ⁴	0.83	0.48	1.49
Variância	0.69	0.23	2.23
C.V. ⁵	16.53	1.59	7.56
Curtose	-0.42	1.05	1.21
Assimetria	0.36	0.90	-0.78
KS ⁶	0.05*	0.09*	0.06*

¹FCO₂ = Fluxo de emissão CO₂; ²Tsolo = temperatura do solo; ³Usolo = Umidade do solo; ⁴DP = desvio padrão; ⁵CV = coeficiente de variação; ⁶ = teste de kolmogorov smirnov 5% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.



Esf.:(0,05; 0,68; 24,99; 0,99; 92)

Esf.:(0,005; 0,065; 21; 0,94; 92)

Exp.:(0,085; 0,906; 36; 0,954; 91)

Figura 1: Semivariograma das variáveis de fluxo de emissão de CO₂, temperatura e umidade do solo em área de campo natural no município de Humaitá-AM. Esf e Exp. (C₀; C₁+C₀; a), Esf = modelo esférico, Exp.= modelo exponencial. C₀ = efeito pepita; C₁+C₀ = patamar; a = alcance.

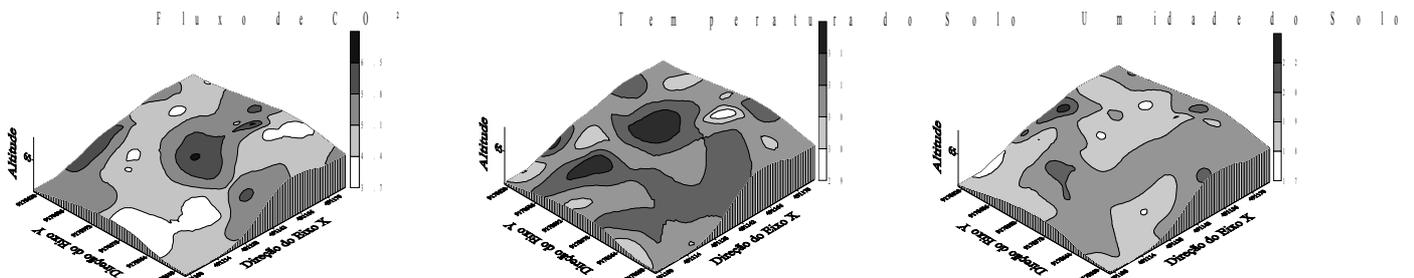


Figura 2: Mapas de krigagem das variáveis de RSP e umidade do solo em área de campo natural na região Sul do Amazonas.