

A influência da temperatura na variação sazonal dos fluxos de CO₂ do solo ⁽¹⁾

Cássia Barreto Brandão²; Antonio Soares da Silva³

⁽¹⁾ Trabalho realizado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Professora Assistente de Geomorfologia e Geologia; Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ- Rio de Janeiro Brasil- cassiabbgeo@gmail.com (Bolsista de Doutorado pela CAPES)

⁽³⁾ Professor Adjunto Instituto de Geografia; Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ- Rio de Janeiro – Brasil-asoares.uerj@gmail.com

RESUMO: Objetivando avaliar o comportamento das emissões de CO₂ do solo e sua correlação com a rizosfera, este presente estudo utilizou uma câmara fechada com sensor de infravermelho de CO₂ em três diferentes paisagens, a saber: A-1 (área reflorestada há 12 anos), A-2 (área desmatada) e A-3 (área em processo de recuperação). O monitoramento foi realizado durante os meses representativos de cada estação do ano de 2013, concomitantemente as coletas de temperatura do ar e do solo. Os resultados permitem concluir que existe uma variação sazonal dos fluxos de CO₂, havendo uma tendência de máximos de emissão durante o verão e de mínimas durante o inverno, sendo o outono e a primavera marcados por valores medianos. A temperatura do solo foi a variável que mais se correlacionou com as emissões de CO₂, havendo um índice igual a $r = 0,68$ para A-1 e de $r = 0,74$ para A-2, sendo que em A-3 esta correlação não foi significativa. A temperatura do ar demonstrou uma correlação somente na área descampada de A-2.

Palavras-chave: emissão, gás estufa, rizosfera.

INTRODUÇÃO

A respiração do solo é um componente do balanço de CO₂ no ecossistema, assim sendo, a emissão do CO₂ na atmosfera é regulado pelas atividades microbiológicas e pela respiração das raízes. O carbono na forma de CO₂ é movimentado pela dinâmica entre a atmosfera e o oceano e entre a atmosfera e o continente, assim esta movimentação é um processo cíclico, sendo denominado de ciclo global do carbono.

Segundo Sotta et al., (2004) e Salimon et al.,(2004) o fluxo de CO₂ do solo é fortemente correlacionado com a temperatura do solo e com a umidade do solo. Entretanto, outros fatores, tais como teor de nutrientes no solo, respiração das raízes, processos microbióticos, matéria orgânica, aeração do solo, porosidade do solo, disponibilidade de água e tipo vegetação podem interferir nas taxas de fluxo de CO₂ do solo.

A respiração do solo segundo Davidson et al.,(2000) é um processo associado às condições de

temperatura do solo, assim como do ar, podendo apresentar variabilidades de acordo com a sazonalidade. De acordo com Subke et al., (2003) a respiração do solo é um indicador da atividade microbiana, sendo um processo bioquímico que depende da temperatura do ar e do solo.

Em florestas tropicais e temperadas, o efluxo de CO₂ é maior em florestas sempre verdes que em florestas decíduas. As florestas tropicais úmidas apresentam maior efluxo de CO₂ porque a temperatura é sempre alta e a umidade quase sempre é muito alta. Contudo, alguns autores afirmaram que nem sempre uma função exponencial representa à melhor resposta do fluxo de CO₂ do solo à variação de temperatura. Outros fatores, tais como teor de nutrientes no solo, respiração das raízes, processos microbióticos, matéria orgânica, aeração do solo, porosidade do solo, disponibilidade de água e tipo vegetação podem interferir nas taxas de fluxo de CO₂ do solo de acordo com Ridge & Firestone (2005); Cenciani et al.(2009).

A medição do fluxo de CO₂ na superfície do solo é um método amplamente utilizado para se quantificar a taxa de respiração do solo *in situ* de acordo com La Scala et al., (2005), podendo também ser utilizado como um indicador da atividade biológica dos solos.

A metodologia aplicada neste estudo se baseou na proposta da câmara fechada elaborada por Neu (2009) associada com a utilização do sensor por infravermelho que tem se mostrado o mais eficiente para análises *in situ* de acordo com Brandão (2014).

Objetivando conhecer a variação sazonal dos fluxos de CO₂ do solo na interface solo-atmosfera selecionaram-se três áreas distintas, a saber: área desmatada, reflorestada e em recuperação para contribuir com a elucidação das trocas gasosas entre solo-atmosfera e para correlacionar os fluxos de CO₂ do solo com as variáveis pedoclimáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Metodologia de aferição dos fluxos de CO₂ do solo

Segundo Costa et al., (2006), Tarazona (2010) e Zanchi et al., (2002) existem variadas metodologias de avaliação dos fluxos de CO₂ no sistema solo-atmosfera, sendo que as análises de gás por infravermelho são as mais precisas e sensíveis em relação aos outros métodos existentes.

A medição do fluxo de CO₂ do solo foi realizada através de uma câmara constituída por um anel e uma tampa de cloreto de polivinil (PVC), acoplado a um medidor de CO₂ portátil ITMCO2-535, com faixa de medição de 0 a 9999ppm e com resolução de 1ppm. Este aparelho utiliza raio infravermelho não dispersivo que garante confiabilidade e maior estabilidade nas medições, fazendo medições de nível de CO₂ e temperatura no interior da câmara por 5 minutos. Como forma de vedação da câmara utilizou-se uma borracha de vedação na área de contato entre a tampa com o anel. A parte superior da câmara foi revestida com fita aluminizada para impedir o superaquecimento da câmara através da reflexão da luz (Figura 1).

Figura 1. Medidor de CO₂ em detalhes



Anterior a cada medição dos dias de análise deste estudo realizou-se a calibração do aparelho de CO₂ a céu aberto na faixa dos 400ppm.

O presente estudo localizou-se no município de Santo Antônio de Pádua que está localizado na região noroeste do Estado do Rio de Janeiro. As coletas foram realizadas pela manhã, se iniciando as oito e não ultrapassando o meio dia com o objetivo de não haver muitas alterações devido ao aumento da radiação. As medições em campo foram realizadas sazonalmente nos meses representativos de cada estação (Janeiro, Abril, Julho e Outubro de 2013).

Três áreas com usos de solo diferenciados foram selecionadas para este estudo, sendo estas: área reflorestada há 12 anos (A-1); área desmatada (A-2); e área de reflorestamento atual (A-3) em uma mineradora do município de Santo Antônio de Pádua-RJ. Todos os experimentos foram realizados nessas áreas com três repetições em cada setor para cada parâmetro analisado. Em paralelo as análises de CO₂ foram obtidos dados de temperatura do solo através de um geotermômetro.

Cada câmara foi acoplada a 2 cm de profundidade do solo em dia anterior as amostragens para evitar subestimar os fluxos de CO₂. Cada anel também foi bem encaixado no solo para evitar perdas de gás pela parte inferior da câmara (Figura 2).

Figura 2. Medidor de CO₂ do solo



Com relação aos tratamentos estatísticos realizados utilizou-se o Programa Assisat versão 7.7 para a realização de análise de variância-ANOVA e de estatística descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O fluxo de CO₂ médio por área de acordo com a (Tabela 1) demonstrou que a área mais preservada A-1 deteve os maiores fluxos, seguidos por A-2, que representa uma área descampada com solo friável e por A-3 que representa uma área em recuperação.

Tabela 1. Fluxo médio de CO₂ por área

Média dos fluxos de CO ₂ por área	
A-1	0,35 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
A-2	0,34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
A-3	0,20 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Os fluxos em termos sazonais de acordo com a (Tabela 2) demonstraram uma maior emissão de CO₂ durante o verão a primavera. Os menores fluxos se estabeleceram durante o outono e o inverno. Dados semelhantes foram encontrados Dados semelhantes a estes foram encontrados por Zanchi (2002) que também encontrou um declínio das emissões de CO₂ durante o inverno (estação seca) na floresta de Rondônia, concluindo em seus estudos que a emissão do CO₂ para a atmosfera possui uma forte relação sazonal. Outros estudos como os realizados por Sotta et al. (2004) e Davidson et al.,(2000) também indicam a forte influência sazonal dos fluxos de CO₂ para a atmosfera com tendência de que os valores máximos ocorram no verão, mínimos no inverno e valores intermediários na primavera e outono.

Tabela 2. Estatística descritiva sazonal e total

Estatística	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Média e desvio	0,46 ± 0,18	0,25 ± 0,14	0,19 ± 0,07	0,30 ± 0,15
Mediana	0,5	0,2	0,2	0,3
Moda	0,5	0,2	0,2	0,3

A justificativa dada para as menores emissões de CO₂ do solo durante o inverno de acordo com Epron et al., (2006) estaria associada à redução da atividade biológica dos microrganismos em decorrência da diminuição da temperatura do solo neste período, em contrapartida, no verão, as altas temperaturas e a umidade mais elevada estariam associadas à maior atividade destes, que consequentemente produziram mais CO₂.

De acordo com a (Tabela 3) são visualizados os respectivos índices de correlação de acordo com as variáveis CO₂, temperatura do solo e temperatura do ar por área de análise. Em todas as áreas houve uma correlação significativa a 1% no que se refere a temperatura do ar correlacionada com a temperatura do solo, sendo entretanto, essa correlação mais significativas nas áreas mais abertas de A-2 e A-3. A correlação entre CO₂ e temperatura do ar só demonstrou uma correlação significativa a 5% em A-2, cuja área recebe diretamente a ação dos raios solares por ser totalmente descampada. A relação do CO₂ com a temperatura do solo demonstraram correlações significativas a 1% em A-1 e A-2, sendo maior em A-2. Em A-3 não houve correlação significativa das emissões de CO₂ com a temperatura do solo. Nota-se que em A-2 tanto a temperatura do ar quanto a temperatura do solo desempenharam um importante papel nas emissões de CO₂ para a atmosfera.

Tabela 3. Correlações entre a temperatura do ar e do solo nas emissões de CO₂

VARIÁVEIS/ÁREA		
CO ₂ X TEMP. SOLO	CORRELAÇÃO (R)	SIGNIFICADO
A-1	0,68	**
A-2	0,74	**
A-3	0,36	ns
CO ₂ X TEMP. AR		
A-1	0,24	ns
A-2	0,49	*
A-3	0,30	ns
TEMP. SOLO X TEMP. AR		
A-1	0,56	**
A-2	0,79	**
A-3	0,94	**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($\geq .05$)

De acordo com Chavez et al.,(2009) a temperatura do solo é a variável isolada que melhor tem explicado as mudanças nas emissões de CO₂, corroborando portanto, para embasar os resultados alcançados por este estudo.

CONCLUSÕES

Contata-se, portanto, que a influência da temperatura do ar e do solo nas emissões de CO₂ varia conforme as características dos ambientes analisados.

A temperatura do ar não se demonstrou tão significativa quando a temperatura do solo nas emissões de CO₂.

Por ser um sistema complexo que engloba o ciclo do carbono é possível que haja diversas interações dinâmicas entre os fatores atmosféricos, pedológicos e biológicos que produzem padrões distintos de emissão de CO₂ de acordo com as características das mais diversas paisagens do planeta, o que não descarta, entretanto, a importância da temática no reconhecimento do funcionamento desse sistema caótico e organizado do ciclo do carbono.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento do Projeto: RECUPERAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR MINERAÇÃO NA ZONA RURAL DE SANTO ANTONIO DE PÁDUA (RJ), processo 561869/2010-3.

REFERÊNCIAS

BRANDÃO, C.B. Emissão de CO₂ do solo e sua correlação com a rizosfera de diferentes paisagens de áreas mineradas do município de Santo Antônio de Pádua - Rio de Janeiro. 2014.100f. (Dissertação de Mestrado em Geografia) Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

CENCIANI, K. et al. Bacteria diversity and microbial biomass in Forest, pasture and fallow soils in the southwestern Amazon Basin. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p.907-916, 2009.

CHAVEZ, L. F. Emissões de CO₂ do solo sob preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho do Rio Grande do Sul. 2007.80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria.

COSTA, F.S. et al. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo atmosfera. Ciência Rural. Santa Maria, v.36, n.2, p.693-700, 2006.

DAVIDSON, A. et al. Effects of soil water content on soil respiration in forest and cattle pasture of eastern Amazônia. Biogeochemistry, Netherlands, v.48, p. 53-69, 2000.

EPRON, D. et al. Spatial variation of soil respiration across a topographic gradient in a tropical rain forest in French Guiana. Journal of Tropical Ecology, Cambridge, v. 22, n. 5, p. 565-574, 2006.

LA SCALA JR, N. et al. Soil CO₂ efflux following rotary tillage of a tropical soil. *Soil&TillageResearch*, 84, p. 222-225, 2005.

NEU, V. O ciclo do carbono na bacia do Alto Xingu: interações entre ambientes terrestres, aquáticos e atmosféricos. 2009. 113f. Tese (Doutorado em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.

RIDGE, J. P.; FIRESTONE, M. K. Fluctuation Structures Microbial Communities in a Wet Tropical Soil. *Applied and environmental Microbiology*. 2005, p. 6998-7007.

SALIMON, C. I. et al. CO₂ flux from soil in pastures and forests in southwestern Amazonia. *Global Change Biology*, v. 10, p. 833-843, 2004.

SOTTA, E. D. et al. Soil CO₂ efflux in tropical forest in Central Amazon. *Global Change Biology*, v. 10, p. 601, 2004.

SUBKE, J. A. et al. Explaining temporal variation in soil CO₂ efflux in a mature spruce forest in southern Germany. *Soil Biol. & Biochemistry*, v. 35, p. 1467–1483, 2003.

TARAZONA, C. F. Estimativa de produção de gás em aterros de resíduos sólidos urbanos. 2010. 210f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) COPPE-UFRJ-Engenharia Civil.

ZANCHI, F. B. et al. Medições dos fluxos de dióxido de carbono e estimativa do “fetch” (área de influência) em pastagem e floresta em Rondônia. 1º Congresso de Estudantes do LBA, ciclagem e armazenamento do Carbono, p. 13, 2002.