

Estimativa do Efluxo de Dióxido de Carbono em Resquícios de Caatinga

Emilly Rayane Dos Santos Oliveira

Willames de Albuquerque Soares¹

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estimar o efluxo de CO₂ do solo em uma área de Caatinga no município de São João, Garanhuns-PE, utilizando equações existentes na literatura. As medições foram realizadas por meio de sensores de umidade e de temperatura. Os dados foram armazenados diariamente em uma central de aquisição de dados, durante 158 dias e em dois níveis de profundidade do solo. Os valores médios diários do efluxo de CO₂ do solo a 5 cm e 10 cm de profundidade foram de 1,59 e 1,46 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente. Dos modelos verificados, o que utiliza a umidade para corrigir os valores estimados apresentou a melhor estimativa, conseguindo números próximos ao apresentado na literatura.

Palavras-chave: temperatura do solo, umidade volumétrica, modelos.

Abstract: The objective of this study was to estimate the soil CO₂ efflux in a Caatinga area in the municipality of São João, Garanhuns-PE using existing equations in the literature. The

¹ Professor Adjunto da Universidade de Pernambuco – Campus Benfica was@poli.br

measurements were performed by means of moisture and temperature sensors. The data were recorded daily a central data acquisition for 158 days and two levels of soil depth. The daily average values of the soil CO₂ efflux 5 cm and 10 cm in depth were 1.59 and 1.46 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectively. Of verified models, which uses moisture to correct the estimated values presented the best estimate, achieving numbers close to that presented in the literature.

Key words: soil temperature, volumetric humidity, models.

1. Introdução

Medidas de efluxo de CO₂ do solo contribuem para o conhecimento e entendimento das Respirações dos solos em muitos ecossistemas, esta recebe ampla atenção no ciclo global de carbono, sendo reconhecida com um dos maiores fluxos do sistema, ela é dada pela soma do efluxo e da assimilação de CO₂ no solo e é responsável por 60-90% da respiração total, sendo assim pequenas alterações nos valores de liberação de carbono podem afetar as concentrações de CO₂ atmosférico (Schimel et al,1995; Shi et al, 2014; Wang et al, 2014).

A produção de massas vegetais, em um povoamento florestal, se inicia na fotossíntese, ou assimilação do CO₂, do índice de área foliar e do tipo de folha. A assimilação de CO₂,

que está intimamente relacionada com o consumo de água (transpiração), acontece por meio da entrada passiva através dos estômatos, cuja abertura é regulada principalmente pela intensidade da luz e o regime hídrico interno da planta. Desta maneira, o CO₂ é consumido predominantemente durante o dia e liberado durante os processos de respiração, formando-se um fluxo de CO₂ na planta e em torno dela. O fluxo de CO₂ ocorre na corrente que existe entre a planta viva (fixação), o ar (reservatório) e o solo com a liberação de CO₂ por meio da decomposição (Cerqueira & França-Rocha, 2007).

Medidas de efluxo de CO₂ do solo contribuem para o conhecimento e entendimento das Respirações dos solos em muitos ecossistemas. Entretanto, ela ainda não está bem documentada para as regiões semiáridas e desérticas, devido em parte à sua baixa produtividade agrícola que fizeram com que fossem negligenciados, apesar de serem lacunas de conhecimento fundamentais no balanço global de carbono (Chen & Tian, 2005, Cable, et al 2011).

Em geral, o efluxo de CO₂ do solo é altamente correlacionada com temperatura do solo. No entanto, alguns estudos têm relatado histerese significativa nos ciclos sazonais do efluxo de CO₂ do solo e a sua temperatura, mostrando uma dissociação durante períodos secos, decorrentes da baixa umidade do solo (Carbone et al., 2008; Phillips et al., 2011; Jia

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares
et al., 2013). Wang et al., 2014 observaram em uma região desértica da China que, durante o ciclo diurno, o efluxo de CO₂ foi controlada principalmente pela temperatura do solo. E que ao longo do ciclo sazonal, o controle da temperatura do solo sobre o efluxo foi modificada pela umidade do solo, tornando os valores do efluxo dissociados da temperatura, quando a umidade estava abaixo de 0,08m³m⁻³.

No agreste Meridional de Pernambuco a atividade predatória sobre a vegetação da caatinga é, causada principalmente devido à intensificação da substituição desta por pastos e culturas agrícolas, que promovem impactos sobre a produtividade, a atividade microbiana e, como efeito, modificação da ciclagem de nutrientes. Portanto, uma prática de uso amplo na região gerando consequências negativas, decorrentes de práticas de manejo inadequadas, que levam a um rápido declínio dos estoques do solo, contribuindo para o aumento das emissões de gás carbônico (CO₂) para a atmosfera, intensificando o efeito estufa sobre o globo terrestre (Ferreira et al, 2013). Obter estimativas de efluxo coerentes é fundamental para compreender os impactos dessas atividades sob a emissão do CO₂ para a atmosfera.

Os nossos objetivos foram estimar o efluxo de CO₂ por meio dos dados de temperatura do solo, levando em conta as restrições de umidade, uma vez que a produção de CO₂ pode ser

favorecida ou inibida dependendo do conteúdo de umidade do solo e avaliar se os coeficientes sugeridos por Wang et al., 2014 se adequam para a Região de Garanhuns no Agreste Pernambucano.

2. Materiais e métodos

2.1 Descrição do local

Os dados foram coletados no município de São João na região de Garanhuns que se encontra localizado no Planalto da Borborema, estando numa altitude média de 896 m e distante 230 km da capital do Estado, Recife. Pertence à Mesorregião do Agreste Pernambucano e à Microrregião de Garanhuns, sendo município do SAB, de acordo com informes do Ministério da Integração Nacional. (Almeida et al., 2014).

Garanhuns está localizado na latitude 8° 53' Sul, longitude 36° 31' ° Oeste e altitude de 823 m. O clima de Garanhuns é tropical chuvoso, com verão seco; a estação chuvosa se inicia no outono e engloba o inverno e o início da primavera. As médias anuais de temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente, 21,1 °C e 82,5%, com precipitação pluvial de 897 mm anuais, sendo o quadrimestre mais chuvoso representado pelos meses de maio a agosto (Borges Júnior et al.,

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares
2012). São João fica na latitude de 8° 52' 30''S e 36° 22' 00''O e uma altitude média de 705 m, compondo a parte alta da bacia do rio Mundaú, cuja foz se encontra no estado de Alagoas.

2.2.Obtenção dos dados e estimativa do Efluxo de CO₂

Os valores médios diários de temperatura e a umidade do solo foram mensuradas a partir de perfis de solo com 5 cm e 10 cm de profundidade. Estas medidas foram realizadas por meio de termopares (108-L, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA) e sensores de umidade (CS 615, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA) e armazenadas diariamente por um *datalogger* (CR 10x, Campbell Scientific, Inc., Logan, Utah, USA), durante 158 dias.

O efluxo do dióxido de carbono será estimado a partir das variações da temperatura e da umidade do solo (Eq. de 1 a 3), a partir dos seguintes modelos encontrados na literatura (Wang et al., 2014):

$$Fc1 = a \times b^{(Ts-10)/10} \quad (1)$$

$$Fc2 = a \times Ts^2 + b \times Ts + c \quad (2)$$

$$Fc3 = \frac{a}{1+e^{b \times (c-Ts)}} \quad (3)$$

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares

Sendo a , b e c parâmetros a serem estimados, F_c ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), o efluxo de CO_2 e T_s ($^\circ\text{C}$) a temperatura.

Tabela 1 – Coeficientes utilizados por Wang et al., 2014, de acordo com a umidade do solo $\theta(\text{cm}^3\text{cm}^{-3})$

	$\theta > 0,08 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$			$\theta < 0,08 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$		
	a	b	c	a	b	c
F_{c1}	0,69	1,9		0,51	1,73	
F_{c2}	0,002	0,011	0,37	-0,3	1,54	-18,3
F_{c3}	3,4	0,10	23,78	1,2	1,07	21,1

3. Resultados

Foram avaliadas as equações 1, 2 e 3, para dois níveis de profundidade do solo, 5cm e 10cm, utilizando os coeficientes propostos por Wang et al., 2014. Na Figura 1, em 5cm de profundidade podemos observa-se um maior efluxo de CO_2 no 85º dia, $2,05 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Neste dia a temperatura era de aproximadamente 27°C . O 209º dia apresentou o menor índice de efluxo de CO_2 , $1,05 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura foi de $23,23^\circ\text{C}$. No 85º dia a umidade esteve acima $0,08 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares

e no 209º abaixo, sendo de $0,12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,06 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, respectivamente.

A 10cm de profundidade, o maior efluxo de CO₂ ocorreu também no 85º dia, $2,09 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, quando a temperatura era de aproximadamente 27,25°C. Os menores índices de efluxo de CO₂ ocorreram no 132º e 195º dia, $1,12 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, as temperaturas nesses dias foram de 24,38°C e 24,42°C, respectivamente. Nesta profundidade os índices de baixo efluxo de CO₂ ocorreram quando a umidade esteve abaixo de $0,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e o índice mais elevado ocorreu quando a umidade era de $0,14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

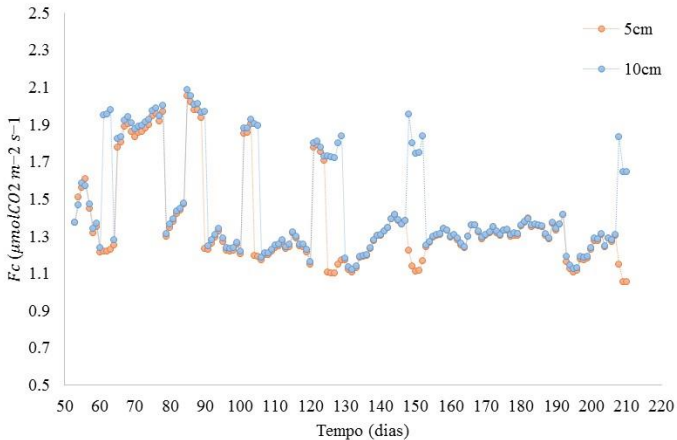


Figura 1 – Estimativa do efluxo de CO₂ a partir da temperatura média diária para Fc₁.

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares

Na Figura 2, em uma profundidade de 5cm observa-se o menor índice de efluxo no 56º dia, $0,63 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura era de $30,92^\circ\text{C}$ e uma umidade de $0,02 \text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. O maior índice de efluxo foi observado no 85º dia, $2,12 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura era de 27°C e a umidade de $0,12 \text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. Percebemos que para a equação 2 o efluxo de CO_2 do 104º ao 111º dia se manteve constante num valor de aproximadamente $1,46 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

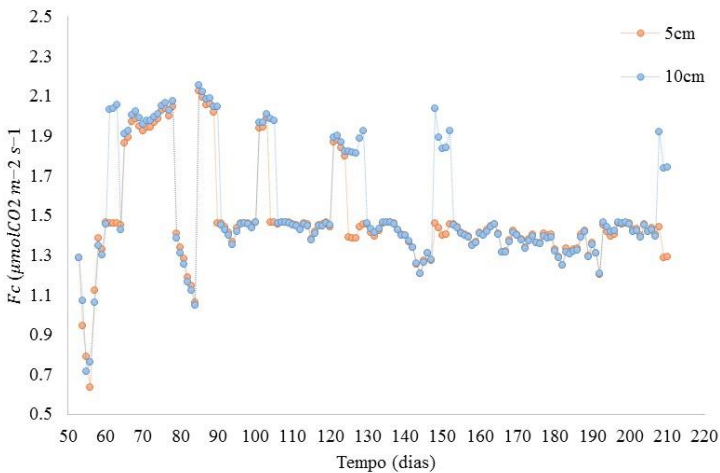


Figura 2 –Estimativa do efluxo de CO_2 a partir da temperatura média diária para F_{c2} .

Com a profundidade de 10cm nota-se um menor índice de efluxo de CO_2 no 55º dia, $0,71 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura foi de $30,66^\circ\text{C}$ e a umidade de $0,005 \text{cm}^3\text{cm}^{-3}$. E o

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares

maior índice ocorreu no 85º dia, $2,15 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura era de 27°C e a umidade de $0,12 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$.

Na Figura 3, para uma profundidade era de 5cm, o maior índice de efluxo de CO_2 ocorreu no 56º dia, $2,28 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura era de $30,92^\circ\text{C}$ e a umidade $0,015 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. O menor índice, $1,65 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ocorreu no 209º dia, quando a temperatura foi de $23,23^\circ\text{C}$ e a umidade $0,06 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$

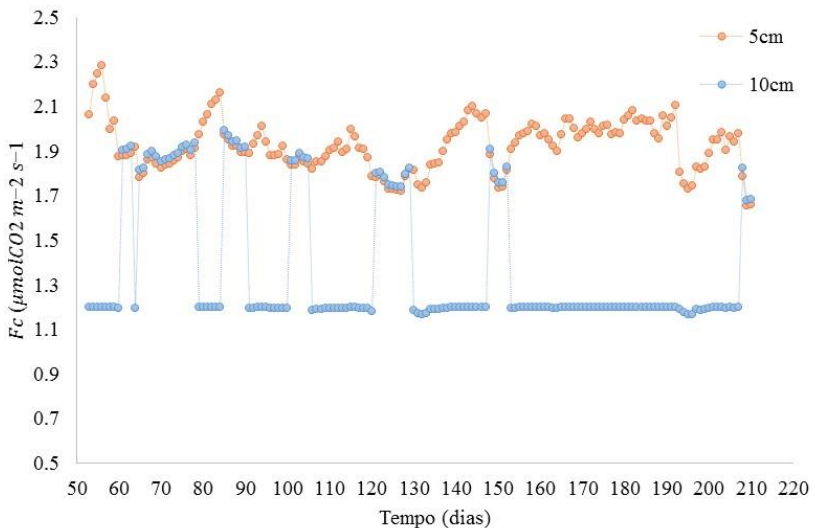


Figura 3 – Estimativa do efluxo de CO_2 a partir da temperatura média diária para F_{c3} .

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares

Quando a profundidade 10cm o efluxo manteve-se constante em alguns intervalos. Do 53° ao 60°, do 79° ao 84°, do 130° ao 147° e do 153° ao 192° dia quando o efluxo foi de aproximadamente $1,2 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. O maior índice ocorreu no 85° dia, $1,99 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, quando a temperatura foi de 27°C e a umidade de $0,12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. E o menor índice de efluxo de CO₂, $1,16 \mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ocorreu no 132° dia quando a temperatura era de 24,38°C e a umidade era de $0,07 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

Na estimativa utilizada na figura 3 nota-se uma grande disparidade nos resultados quando estimado o efluxo de CO₂ em profundidades distintas. Isto se dá pelo fato de se tratar de uma equação exponencial, fazendo com que mínimas alterações no valor da temperatura proporcionem grandes mudanças nos resultados de efluxo.

Oteve-se os maiores índices de efluxo de CO₂ quando a umidade era mais elevada da mesma forma que nos resultados alcançados por Wang et al (2014). Isto ocorre porque a elevações no conteúdo de água no solo beneficiam do aumento da expulsão do CO₂, devido a infiltração de água nos espaços porosos como explicado por LINN & DORAN (1984). Outro fator que colabora para este aumento é a maior respiração dos micro-organismos do solo, que durante o período seco ficam reprimidos e com a ocorrência de precipitação e melhoria das condições de umidade do solo ocorre maior respiração dos microrganismos, causando a

Estimativas do efluxo de Dióxido – Oliveira e Soares
emissão de CO₂ para a atmosfera, como observado também por Silva (2015).

A taxa mais elevada de efluxo obtida neste estudo foi de 2,12 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ semelhante ao obtido por Wang et al (2014) que foi de 2,56 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

No estudo realizado por Silva et al (2014), os índices de efluxo de CO₂ foram mais elevados, sendo o maior valor de 9,63 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Isto se deu pelo fato de ser um solo de cultivo agrícola e que por esse motivo recebeu ação de fertilizantes e de tratamentos para um cultivo mais bem-sucedido, como o processo de calagem que reduz o PH do solo e proporciona uma elevação no efluxo de CO₂, como comprovado anteriormente também por Marcelo et al (2012).

No primeiro modelo de estimativa de efluxo CO₂, os menores índices de ocorreram no período do inverno, como observado também por Shi et al (2014) que obteve índices mínimos de 0,52-0,80 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Isso acontece em decorrência da diminuição da atividade das plantas, fazendo com

que a respiração do solo seja tipicamente dominada pela respiração microbiana heterotrófica o que resulta num efluxo menor do que quando a planta está em crescimento (Shi et al, 2014).

Notou-se no primeiro modelo que tanto para os níveis de umidade baixo de $0,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ quanto para os níveis acima, à medida que houve um aumento na temperatura aumentou-se também a quantidade de efluxo do CO_2 . No entanto, no segundo modelo percebemos que para níveis de umidade abaixo de $0,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ o efluxo de CO_2 aumentava a medida de a temperatura diminuía e para os níveis acima de $0,08 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ o modelo se comportava como o primeiro. O terceiro modelo teve comportamento similar ao primeiro, medida que a temperatura aumentava ocorria também um aumento no efluxo de CO_2 .

Estudos realizados pelo MCT (2010), entre 1994 e 2002, mostrou que as emissões líquidas médias anuais por causas antrópicas é de $37,6 \text{ GgCO}_2 \cdot \text{ano}^{-1}$ para biomas da Caatinga. Comparando aos nossos resultados, concluímos que para uma profundidade de 5cm a estimativa mais realista foi a obtida ao se utilizar a equação 3, com emissão de $23,97 \text{ GgCO}_2 \cdot \text{ano}^{-1}$ e para uma profundidade de 10 cm a equação 2 foi mais próxima da realidade, com emissão de $19,13 \text{ GgCO}_2 \cdot \text{ano}^{-1}$.

3. Conclusão

Os três modelos corrigidos pela umidade apresentaram valores próximos do presente na literatura, tendo os valores mais positivos variando entre 1,99 e 2,15 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, equivalente aos obtidos por Silva (2015) para a caatinga que foram de 1,82 $\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pelo apoio financeiro realizado por meio da concessão de bolsa de iniciação científica para o primeiro autor (BIC-0843-1.01/15) e auxílio a pesquisa sob coordenação do segundo autor (APQ 0582-01/15).

Referências

ALMEIDA, M., PAZ, Y., LOPES, P., **Dados Meteorológicos como Subsídio para Avaliação da Qualidade do Ar no Município de Garanhuns – PE**, 4º Congresso Internacional

- de Tecnologias para o Meio Ambiente ,Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014.
- BORGES, C., ANJOS, R., SILVA, T., LIMA, J., ANDRADE, C., **Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.4, p.380–390, 2012.
- CABLE, J. M., OGLE, K., LUCAS, R. W., HUXMAN, T. E., LOIK, M. E., SMITH, S. D., TISSUE, D. T., EWERS, B. E., PENDALL, E., WELKER, J. M., CHARLET, T. N., CLEARY, M., GRIFFITH, G., NOWAK, R. S., ROGERS, M., STELTZER, H., SULLIVAN, P. F., AND VAN GESTEL, N. C., **The temperature responses of soil respiration in deserts: a seven desert synthesis**, Biogeochemistry, 103, 71–90, 2011.
- CARBONE, M. S., WINSTON, G. C., AND TRUMBORE, S. E. **Soil respiration in perennial grass and shrub ecosystems: linking environmental controls with plant and microbial sources on seasonal and diel timescales**, J. Geophys. Res., 113, G02022, doi:10.1029/2007JG000611, 2008.
- CERQUEIRA, D., FRANCA-ROCHA, W., **Relação entre tipos de vegetação e fluxo de CO₂ no Bioma Caatinga: Estudo de caso em Rio de Contas – Ba**, Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2413-2419.
- CHEN, H. AND TIAN, H., **Does a general temperature-dependent Q₁₀ model of soil respiration exist at biome and global scale?**, J. Integr. Plant. Biol., 47, 1288–1302, 2005.
- FERREIRA, C. C. , XAVIER, F.S. , CORREIA, K. G., ANTONINO, A. C. D. **Estudo do efluxo de CO₂ do solo em caatinga e pasto no Agreste Meridional de Pernambuco**, Brasil. XIII JORNADA DE ENSINO,

- JIA, X., ZHA, T., WU, B., ZHANG, Y., CHEN, W., WANG, X., YU, H., AND HE, G. **Temperature response of soil respiration in a Chinese pine plantation: hysteresis and seasonal vs. diel Q₁₀**, Plos One, 8, e57858, doi:10.1371/journal.pone.0057858, 2013.
- LINN, D.M.; DORAN, J.W. **Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils**. Soil Science Society of America Journal, Amsterdam, v.48, n.6, p. 1267-1272, 1984.
- MARCELO, A.V.; CORA, J.E.; LA SCALA, N. **Influence of liming on residual soil respiration and chemical properties in a tropical no-tillage system**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.36, n.1, p.45-50, 2012.
- PHILLIPS, C. L., NICKERSON, N., RISK, D., AND BOND, B. J. **Interpreting diel hysteresis between soil respiration and temperature**, Glob. Change Biol., 17, 515–527, 2011.
- SHI, W.YU., YAN M.J., ZHANG, J. G., GUAN, J.H., SHENG DU, S. **Soil CO₂ emissions from five different types of land use on the semiarid Loess Plateau of China, with emphasis on the contribution of winter soil respiration**. Atmospheric Environment 88 (2014) 74-82.
- SILVA, E., MOITINHO, M., TEIXEIRA, D., PEREIRA, G., JUNIOR, N., **Emissão de CO₂ do solo associada à calagem em área de conversão da laranja para cana-de-açúcar**, Eng. Agric. Jaboticabal, v34, n.5, p.885-898, set./out. 2014.
- SILVA, P. F. **Fluxos de co₂, água e energia em pastagens e caatinga no semiárido pernambucano**. GARANHUNS, PERNAMBUCO - BRASIL /JULHO – 2015