



## Efeito da temperatura e umidade do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal <sup>(1)</sup>.

Ludymilla Barboza da Silva<sup>(2)</sup>; Luciana Sanches<sup>(3)</sup>;  
Nadja Gomes Machado<sup>(4)</sup>; Jonathan Willian Zangeski Novais<sup>(5)</sup>,  
Aryadne Márcia Aquino<sup>(6)</sup>; Osvaldo Borges Pinto Júnior<sup>(7)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Processo CNPq Universal 476880/2010-6 e FAPEMAT Universal 006/2010.

<sup>(2)</sup> Professora; Universidade Estadual de Mato Grosso; Cáceres, Mato Grosso<sup>(3)</sup>; Professora; Universidade Federal de Mato Grosso, lsanches@hotmail.com; <sup>(4)</sup> Professora; Instituto Federal de Mato Grosso, <sup>(5)</sup> Professor; Universidade de Cuiabá; <sup>(6)</sup> Pesquisadora; Universidade Federal de Mato Grosso; <sup>(7)</sup> Professor; Universidade Federal de Mato Grosso.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura e umidade do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal. Medidas mensais de temperatura e umidade do solo e efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas em 55 pontos durante dezembro de 2011 e março de 2013. Por meio dos resultados, conclui-se que o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi superior na amplitude de umidade do solo entre 1-19,9% coincidindo com a maior temperatura, condições com maior vigência nas estações vazante e enchente.

**Termos de indexação:** área alagável, Cambara, respiração do solo.

### INTRODUÇÃO

As florestas inundáveis cobrem 30% do Pantanal, e apenas 5% das espécies arbóreas no Pantanal habitam, exclusivamente, zonas com prolongado alagamento, enquanto 30% estão restritas às áreas raramente alagadas e 65% são de ampla distribuição no gradiente. No Pantanal Matogrossense a espécie *Vochysia divergens* Pohl (localmente chamada de Cambará) tem distribuição relacionada às áreas periodicamente inundáveis do e, nos últimos anos, tem se espalhado rapidamente pelos campos naturais e manejados, formando extensas florestas (Nunes da Cunha e Junk, 2004), podendo alterar o ecossistema em relação aos ciclos bioquímicos, como o ciclo do carbono.

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo constitui o segundo maior componente do ciclo global de carbono (Raich & Schlesinger, 1992) e maior reservatório terrestre de carbono nos ecossistemas (Dixon et al., 1994).

A variabilidade sazonal do efluxo de CO<sub>2</sub> é mais explicada pela temperatura e umidade do solo, especialmente em ecossistemas de clima temperado (Buchmann, 2000), assim como a umidade da serrapilheira (Keith et al., 1997), as precipitações (Sotta et al., 2004) e o período antes e depois da seca (Borken et al., 1999) que são

fatores que melhor explicam a variabilidade temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura do solo e umidade do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato Grossense, Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

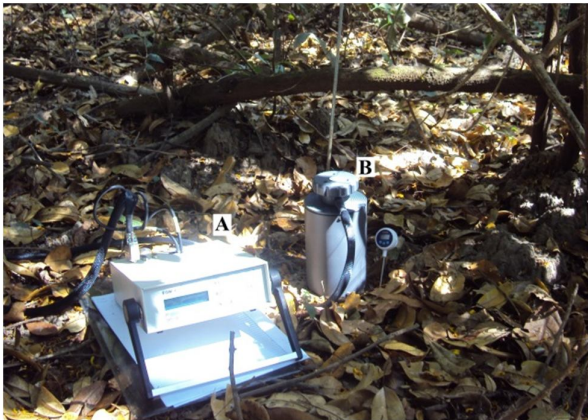
#### Descrição do local de estudo

O estudo foi realizado entre dezembro de 2011 e março de 2013, na região norte do Pantanal Matogrossense, em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (16°29'S, 56°25'O, coordenadas de referência) com área de aproximadamente 115.000 m<sup>2</sup>. A floresta está localizada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica do Serviço Social do Comércio (SESC) – Pantanal no município de Poconé, Mato Grosso, Brasil.

O clima é tropical úmido tipo Aw de acordo com a classificação climática de Köppen. Neste trabalho as estações foram classificadas em estação de cheia (janeiro, fevereiro e março), vazante (abril, maio e junho) seca (julho, agosto e setembro) e enchente (outubro, novembro e dezembro) (Brasil, 2003). A temperatura do ar anual média na região oscila entre 22 °C e 32 °C (Hofmann et al., 2010).

#### Medidas de campo

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi medido mensalmente por um sistema constituído por analisador de gás por infravermelho (IRGA, EGM-4 Environmental Gas Monitor for CO<sub>2</sub>, PP Systems, Hitchin, U. K.) conectado a uma câmara de respiração do solo (SRC-1, PP Systems, Hitchin, U. K.) com 1170 cm<sup>3</sup> que cobre 78,5 cm<sup>2</sup> de solo a cada medida (**Figura 1**) expresso nas unidades gCO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>.<sup>-1</sup>. O efluxo foi determinado a partir das mudanças na concentração de CO<sub>2</sub> no interior da câmara durante o tempo de medição. Foram realizadas medidas em 55 pontos distribuídos na área.



**Figura 1.** (A) Analisador de gás por infravermelho tipo sistema fechado (EGM-4) e (B) câmara respiração do solo (SRC-1).

Simultâneas as medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas medidas de temperatura e umidade do solo nos 55 pontos de coleta. As medidas foram realizadas no intervalo entre 11 h e 14 h.

Devido à área amostrada pela câmara de respiração do solo ser relativamente pequena, foram realizadas 3 repetições seguidas em cada um dos 55 pontos de coleta. Para eliminar a parcela de respiração das plantas das medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas medidas somente em locais ausentes de plântulas.

A medida da temperatura do solo na camada de 0-5 cm de profundidade foi realizada por meio de um termômetro digital tipo haste (Mod. AL-150C Precision, USA).

A umidade do solo foi medida na camada de 0-12 cm por meio de um sensor portátil tipo TDR (Hidrossense II Mod. CS620, Campbell Sci., EUA). O sensor tipo TDR (sigla em inglês, traduz-se Reflectometria no Domínio do Tempo) emite um pulso de energia eletromagnética que desce pelas duas hastas paralelas de metal e realizam medições da velocidade com que o pulso desce pelas hastas, velocidade essa influenciada pela natureza do solo que o circunda. Microprocessadores no instrumento determinam a constante dielétrica do solo a partir dos padrões de onda gerados e, uma vez que a constante dielétrica do solo é influenciada principalmente pelo conteúdo de água, o instrumento converte as medidas em umidade do solo (Brady & Weil, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi analisado a partir das

condições de temperatura e umidade do solo vigentes, de forma a identificar as faixas limitantes ao efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Em escala temporal a temperatura do solo e a umidade do solo são descritos pela literatura como os fatores abióticos com maior influência sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em diversos ecossistemas (Smith et al., 2003; Reth et al., 2005; Soe & Buchmann, 2005; Butler et al., 2012).

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi aproximadamente 50% maior na classe de 1%-19,9% de umidade no solo em relação à classe de 20%-29,9% com médias 2,39 gCO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> e 1,2 gCO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>, respectivamente. A classe com umidade do solo 1%-19,9% apresentou temperatura do solo 0,5 °C superior à classe 20%-29,9%. A diminuição do calor específico do solo, devido ao menor conteúdo de água, promoveu o aumento da temperatura do solo e ajudou compensar parte da limitação ocasionada pela baixa disponibilidade de água no solo. Resultados similares foram observados por Maier et al. (2011) que encontraram relação entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e potencial matricial do solo (r<sup>2</sup>=0,4) em floresta com dominância de *Brachypodium pinnatum* no sudoeste da Alemanha.

Em condições de umidade do solo entre 1%-19,9% o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi limitado predominantemente pela umidade solo (r<sup>2</sup>=0,59). A umidade do solo entre 20-29,9% foi à faixa com elevado efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Abaixo dessa faixa o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi limitado pela seca e acima disso o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi limitado pela umidade excessiva do solo. Valores ótimos de umidade do solo variaram entre 25 e 40% em escala espacial em floresta decídua temperada inundável no nordeste da França (Vincent et al., 2006).

Assim, a quantidade de água no solo pode tanto favorecer como inibir o efluxo de CO<sub>2</sub>. A respiração microbiana do solo é limitada pela difusão de oxigênio necessário a respiração aeróbica através dos poros quando o solo encontra-se com umidade elevada e, por outro lado, na condição seca, o solo não permite a solubilidade de substratos de carbono orgânico fontes de energia para microbiota.

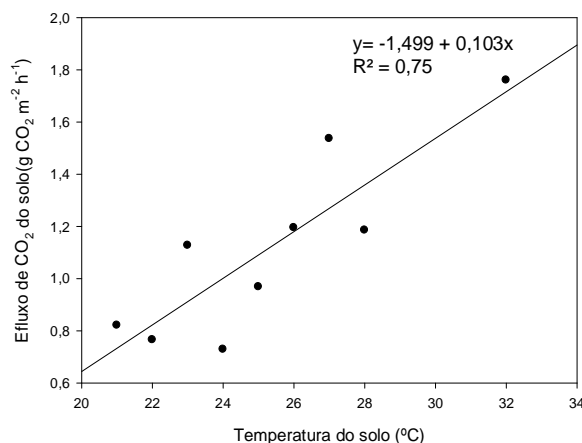
Nas faixas de umidade do solo entre 20%-29,9% e maior que 30% a temperatura do solo foi o fator limitante ao efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Em condições de saturação do solo o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo provavelmente passou a ser suprimido. No solo saturado verifica-se a diminuição e/ou ausência de O<sub>2</sub> necessário ao processo de respiração no solo.

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo quando a umidade do solo foi superior a 30% foi similar aos valores de efluxo em condições de umidade do solo entre 1%-19%, com médias 2,61 gCO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> (≥ 30%) e 2,39



$\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$  (1%-20%). Isso indicou possivelmente que os controles exercidos por condições de seca e por saturação do solo por água foram similares. Ou ainda pode ter havido aclimatação das atividades biológicas a condições hídricas do solo como observado por Smith (2005).

A dependência do efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo em função do aumento na temperatura do solo foi observada somente após a construção de intervalos de classes de temperatura do solo com as respectivas medidas de efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo (Figura 2). As análises anteriores aos intervalos de classes de umidade do solo não apresentaram relação significativa entre efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo e a temperatura do solo, isso porque os controles exercidos pela temperatura e umidade do solo foram considerados simultaneamente.



**Figura 2.** Regressão linear entre classes de efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo e temperatura do solo em floresta com dominância de *V. divergens* sazonalmente inundada.

A relação positiva entre temperatura do solo e efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi significativa ( $r^2=0,75$ ;  $p=0,002$ ). A temperatura ótima do solo foi  $32\text{ }^\circ\text{C}$  e promoveu os maiores valores de efluxo de  $\text{CO}_2$ , concordando com as faixas de temperatura do solo que promovem o efluxo máximo de  $\text{CO}_2$  reportados na literatura (Rechstein et al., 2003; Qiu et al., 2005; Soe & Buchmann, 2005).

Em condições de umidade do solo entre 1%-19,9% o efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi limitado predominantemente pela umidade solo ( $r^2=0,59$ ) (Tabela 1). A umidade do solo entre 20-29,9% foi à faixa com elevado efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo. Abaixo dessa faixa o efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi limitado pela seca e acima disso o efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi limitado pela umidade excessiva do solo. Assim, a quantidade de água no solo pode tanto favorecer

como inibir o efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo. A respiração microbiana do solo é limitada pela difusão de oxigênio necessário a respiração aeróbica pelos poros quando o solo encontra-se com umidade elevada e, por outro lado, na condição seca, o solo não permite a solubilidade de substratos de carbono orgânico fontes de energia para microbiota.

**Tabela 1.** Análise de regressão linear entre efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo e as variáveis conteúdo de água no solo e temperatura do solo em condições de umidade do solo variando entre 1% e 19,9%, 20 e 29,9% e maior que 30%.

Umidade do Solo	Variável	MédiasDP	Equação	R <sup>2</sup>
1% - 19,9%	Temperatura do solo	25,16±1,08	Y = -26,258 + 1,136x	0,46
	Umidade do solo		Y = 4,612 - 0,178x	0,59
20% - 29,9%	Temperatura do solo	24,65±0,87	Y = -8,155 + 0,379x	0,56
	Umidade do solo		Y = 0,0970 + 0,0462x	0,05
≥ 30%	Temperatura do solo	24,55±1,25	Y = 20,650 - 0,746x	0,46
	Umidade do solo		Y = 1,697 + 0,0306x	0,198

Nas faixas de umidade do solo entre 20%-29,9% e maior que 30% a temperatura do solo foi o fator limitante ao efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo. Em condições de saturação do solo o efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo provavelmente passou a ser suprimido. No solo saturado verifica-se a diminuição e/ou ausência de  $\text{O}_2$  necessário ao processo de respiração no solo.

O efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo quando a umidade do solo foi superior a 30% foi similar aos valores de efluxo em condições de umidade do solo entre 1%-19%, com médias  $2,61\text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$  ( $\geq 30\%$ ) e  $2,39\text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{h}^{-1}$  (1%-20%). Isso sugere que os controles exercidos por condições de seca e por saturação do solo por água foram similares. Ou ainda pode ter havido aclimatação das atividades biológicas a condições hídricas do solo como observado por Smith (2005).

## CONCLUSÕES

O efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi superior na faixa de umidade do solo entre 1-19,9% em que a temperatura do solo foi superior, condições com maior vigência nas estações vazante e enchente.

O efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo foi superior na faixa de umidade do solo entre 1-19,9% em que a temperatura do solo foi superior, condições com maior vigência nas estações vazante e enchente.

## REFERÊNCIAS

BORKEN, W.; XU, Y. J.; BRUMME, R.; LAMERSDORF, N. A climate change scenario for carbon dioxide and



dissolved organic carbon fluxes from a temperate forest soil: Drought and Rewetting Effects. *Soil Science Society of America Journal*, 63:1848-1855, 1999.

BUCHMANN, N. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stand. *Soil Biology & Biochemistry*, 32:1625-1635, 2000.

BUTLER, A.; MEIR, P.; SAIZ, G.; IPES, L. M.; MARIM, B. S.; GRACE, J. Annual variation in soil respiration and its component parts in two structurally contrasting woody savannas in Central Brazil. *Plant and Soil*. 352: 129-142, 2012.

DIXON, R. K.; BROWN, R. A.; HOUGHTON, A. M., SOLOMON, M. C., TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global ecosystems. *Science*, 263 185-190, 1994.

HOFMANN, G. S.; HASENACK, J. L. P. C.; Oliveira, L. F. B. O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural Sesc Pantanal. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 84 p., 2010.

KEITH, H.; JACOBSEN, K. L.; RAISON, R. J. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus pauciflora* forest. *Plant & Soil*, 190:127-141, 1997.

MAIER, M.; SCHACK-KIRCHENER, H.; HILDEBRAND, E. E.; SCHINDLER, D. Soil CO<sub>2</sub> efflux vs. Soil respiration: Implications for flux models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151:1723-1730, 2011.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. *Applied Vegetation Science*, 7: 103-110, 2004.

QIU, S.; MCCOMB, A. J.; BELL, R. W. Leaf Litter Decomposition and Nutrient Dynamics in Woodland and Wetland Conditions along a Forest to Wetland Hillslope. *International Scholarly Research Network ISRN Soil Science*. 2012:1-8, 2012. doi:10.5402/2012/34685

RAICH, J. W.; SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44:81-99, 1992.

REICHSTEIN, M.; SUBKE, J.; ANGELI, A. C.; TENHUNEN, J. D. Does the temperature sensitivity of decomposition of soil organic matter depend upon water content, soil horizon, or incubation time? *Global Change Biology*, 11: 1754-1767, 2005. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01010.x

RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux – A modified model. *Plant and Soil*, 268: 21-33, 2005.

SMITH, K.; BALL, T.; CONEM, F.; DOBBIE, K.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *Eur. Journal Soil Science*, 54:779-791, 2003.

SMITH, V. R. Moisture carbon and inorganic nutrient controls of soil respiration at a sub-Antarctic island. *Soil Science Society of America Journal*, 37:81-91, 2005.

SOE, A. R. B.; BUCHMANN, N. Spatial and temporal variations in soil respiration in relation to stand structure and soil parameters in an unmanaged beech forest. *Tree Physiology*, 25: 427-437, 2005.

SOTTA, E. D.; MEIR, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.; GRACE, J. Soil CO<sub>2</sub> efflux in a tropical

forest in the central Amazon. *Global Change Biology*, v. 10: 601-607, 2004.

VINCENT, G.; SHAHRIARI, A. R.; LUCOT, E.; BADOT, P.; EPRON, D. Spatial and variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. *Soil Biology & Biochemistry*. 38:2527-2535, 2006.