



VIII Congresso Ibérico  
de Geoquímica  
XVII Semana  
de Geoquímica

# FLUXO DE CARBONO EM ECOSISTEMAS DE PASTAGENS MEDITERRÂNICAS: EFEITO DO TIPO DE VEGETAÇÃO NAS EMISSÕES DO SOLO

## *CARBON FLUX IN MEDITERRANEAN GRASSLAND ECOSYSTEMS: VEGETATION TYPE EFFECT ON SOIL EMISSIONS*

José Pedro Fragoso Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico Castelo Branco, Portugal [falmeida@ipcb.pt](mailto:falmeida@ipcb.pt)

Qta Mércoles, Apartado 119, 6001 Castelo Branco codex, Portugal

### Resumo

Actualmente, a redução das emissões de CO<sub>2</sub> provenientes das atividades humanas é um objectivo técnico prioritário. O ciclo geoquímico dos nutrientes no solo é mediado pela atividade biológica, que resulta em emissões de CO<sub>2</sub>. No sector agrícola, os ecossistemas de pastagens permanentes são um importante sumidouro de carbono. Os Modelos para estimar o sequestro de carbono desses ecossistemas, consideram o mesmo valor da respiração do solo (emissão de CO<sub>2</sub>), para todos os tipos de vegetação (composição botânica) destas pastagens. No entanto, devido à diferente produção de biomassa das raízes, da sua qualidade e composição, resultantes das diferenças na composição botânica, poderemos esperar diferentes níveis de respiração do solo. Assim, testamos a hipótese que o tipo de vegetação determina o nível de emissão de CO<sub>2</sub>. Observaram-se maiores valores de emissão de CO<sub>2</sub> para pastagens permanentes "Biodiversas" (mais elevados nas parcelas semeadas nesse ano do que nas parcelas antigas) em comparação com as Pastagens naturais. Sugerimos que a diferente quantidade e qualidade de biomassa das raízes, poderia ser a causa para essas diferenças. Apesar do teste da hipótese não estar concluído, estes dados sugerem que os modelos para estimar o sequestro de carbono de pastagens permanentes devem considerar diferentes emissões de CO<sub>2</sub> de acordo com o "tipo de vegetação" e a idade da pastagem (teor inicial de C no solo).

Palavras chave: Ciência do solo, Emissão de carbono; Pastagens permanentes, Sequestro de carbono

### Abstract

Reducing CO<sub>2</sub> emissions from human activities is nowadays a technical major issue. The nutrient geochemical cycles in the soil are mediated through biological activities which result in CO<sub>2</sub> emissions. In the agriculture sector, permanent grassland ecosystems were identified as an important carbon sink. Models used to estimate carbon sequestration from these ecosystems, include the same soil respiration (CO<sub>2</sub> emission) value, by default, for all vegetation types (botanical composition) of grasslands. However, due to different below ground biomass production, quality and composition, we should expect different soil respiration levels. Therefore, we tested the hypothesis that vegetation type determines the level of CO<sub>2</sub> emission. We observed higher CO<sub>2</sub> emission values for "Biodiverse" permanent pastures (higher from recent sowed fields than from old fields) as comparing with Natural Pastures. We suggest that below ground biomass, quantity and composition, would be the driving forces for these differences. The hypothesis test is not yet concluded, however these data suggests that models for estimating carbon sequestration from permanent grassland ecosystems should considerer different CO<sub>2</sub> emissions according to "vegetation type" and age of pasture (initial C content from soil).

Keywords: Carbon sequestration, Grasslands, Modelling, nutrient cycling, Soil science

## Enquadramento do trabalho...

O aumento da concentração do dióxido de carbono na atmosfera ( $p\text{CO}_2$ ), constitui um assunto em discussão nas sociedades actuais, devido aos efeitos negativos que se prevê exercerem sobre o clima e ecossistemas. Uma revisão extensa sobre as causas, os efeitos e impactes, foi feita pelo painel intergovernamental para as alterações climáticas (IPCC, 2001a e IPCC, 2001b). Muitos autores concordam e resumem as causas deste aumento, no uso da energia fóssil, na intensificação da agricultura, na desflorestação, no crescimento urbano, na actividade industrial e nos incêndios. Quanto aos efeitos e impactes negativos que se esperam, podemos resumir no aumento da temperatura global, na alteração do regime de precipitações, na desertificação, na perda da biodiversidade, na alteração do potencial produtivo agrícola e no despovoamento, entre outras causas (IPCC, 2001b). Assim, desde a conferência de Toronto em 1988, sobre as alterações da atmosfera, que foi reconhecido internacionalmente a necessidade de controlar o aumento da  $p\text{CO}_2$  com o objectivo de minimizar as alterações climáticas e as suas consequências; na sequência deste reconhecimento, o protocolo de Kyoto constituiu um primeiro compromisso pelos países que o assinaram, para limitar ou diminuir as emissões de  $\text{CO}_2$  provenientes de várias actividades.

Toda a dinâmica de nutrientes no solo é determinada pela sua actividade biológica, que implica processos de "respiração do solo" donde resulta a emissão de  $\text{CO}_2$  (Conant et al., 2001; Pendall et al., 2004; Six et al., 2004). Por isso, na actividade agrícola, os valores de emissão podem alcançar níveis consideráveis. Porém, contrariamente às restantes causas do aumento do  $p\text{CO}_2$ , a agricultura é a única actividade antrópica capaz de sequestrar, ao mesmo tempo, valores consideráveis de carbono, através da Produção Primária do ecossistema - PP - e do solo (Nösberger et al., 2006). Assim, a questão que se coloca na actividade agrícola, é otimizar o balanço entre "sequestro-emissão". Muitos trabalhos incidiram sobre estes aspectos, tendo sido identificados métodos mais modernos de práticas culturais, como os mais eficientes na redução das emissões e onde se destacam a mobilização nula e a sementeira directa (Six et al., 2004; Ammann et al., 2007; Carbonell-Bojollo et al., 2011). Em relação à componente do sequestro, o "uso do solo" (entendido aqui como "cultura", "sequência ordenada de culturas" ou "ecossistema natural") parece ser determinante, tanto pelo nível de carbono que é utilizado da atmosfera, ou seja a PP resultante desse "uso", como pela resiliência do carbono no sistema (Aslam et al., 2000; Pereira et al., 2007). No que respeita ao "uso do solo" mais em particular, as pastagens permanentes foram identificadas como ecossistemas com um enorme potencial para o

sequestro de carbono (Conant et al., 2001; Nösberger et al., 2006). Em Portugal, a reconversão de outros usos em pastagens permanentes "biodiversas ricas em leguminosas" é, inclusivamente, estimulada por políticas financiadas através do fundo nacional do carbono.

Para estimar o balanço do carbono nestes ecossistemas, são usados vários modelos matemáticos. Dos parâmetros considerados nesses modelos, os valores da emissão do  $\text{CO}_2$  do solo são aqueles de maior dificuldade em obter, devido a limitações dos métodos em si e pelas dificuldades da sua aplicação (Pendall et al., 2004). Actualmente, no caso das pastagens permanentes, os modelos usados não diferenciam os valores de emissão consoante o "tipo de vegetação", assumindo o mesmo valor por defeito (Teixeira et al., 2011). Porém, sabe-se que: consoante o "tipo de vegetação" que constitui as pastagens permanentes, os valores da PP são diferentes, tanto da parte aérea como da parte radicular (Hartwig et al., 2000; Nösberger et al., 2006); consoante a quantidade de resíduos das plantas, a actividade dos microrganismos do solo também será diferente, resultando em emissões de  $\text{CO}_2$  com valores diferentes (Eissenstat et al., 2000). Ou seja, podemos esperar que quanto maior for a quantidade de resíduos, maior será a emissão de  $\text{CO}_2$  do solo. Outros factores influenciam ainda a actividade biológica do solo, como sejam a "qualidade" dos resíduos (expressa normalmente na relação C:N), a sua natureza e a presença de outros nutrientes para além de todos os factores abióticos (Eissenstat et al., 2000; Pendall et al., 2004). Em pastagens ricas em leguminosas, devido à capacidade destas plantas para realizarem simbioses com bactérias diazototróficas e assim fixarem  $\text{N}_2$  atmosférico (Hartwig, 1998), os resíduos das plantas no solo têm uma relação C:N mais baixa do que aqueles provenientes de outras plantas "não fixadoras" (Hartwig et al., 2000; Nösberger et al., 2006). A mineralização dos resíduos das plantas leguminosas, pelos microrganismos é, por aquele facto, mais rápida e terá como resultado um valor de emissão de  $\text{CO}_2$  do solo mais elevado, do que em outras plantas (Eissenstat et al., 2000).

Assim, um factor importante para melhorar a exactidão das estimativas do balanço do carbono nos ecossistemas de pastagens, será identificar as diferenças das emissões de  $\text{CO}_2$  consoante o tipo de vegetação, preenchendo esta lacuna do conhecimento. Para isso, estamos a testar a hipótese de que em pastagens permanentes, o tipo de vegetação tem um efeito sobre o valor das emissões de  $\text{CO}_2$ . Neste trabalho, apresentamos os dados "preliminares" para preparação do teste da hipótese, comparando os valores de emissão de uma pastagem "biodiversa rica em leguminosas", com uma pastagem natural, pobre em leguminosas.

## Como fizemos...

Foram eleitas três parcelas de pastagens permanentes, na Quinta de Nossa Senhora Mércules, da Escola Superior Agrária de Castelo Branco:

- Duas parcelas semeadas com uma mistura de espécies anuais "biodiversas" (uma no ano de sementeira - referida no texto como "nova" - outra com mais de 10 anos após a sementeira - referida no texto como "antiga"), com uma proporção de plantas leguminosas anuais, relativamente ao total de plantas, superior a 30% (estimados no mês de Março de 2009, por avaliação directa) dominada por espécies do género *Trifolium*;

- Uma parcela com pastagem permanente natural, em que a proporção de leguminosas anuais era inferior a 10% (estimado na mesma data) dominada por espécies do género *Bromus*.

Todas as parcelas estavam instaladas num solo Litólico não húmico de granito ou rochas afins (Cardoso, 1965). Em três dias no mês de Março de 2009, mediu-se a emissão de CO<sub>2</sub> do solo, utilizando um analisador de gases por infravermelhos ("IRGA") portátil, LCpro - ADC Bioscientific Lda, com uma câmara de "respiração do solo" de área útil de 111 cm<sup>2</sup>. O método de amostragem foi estratificado (sub-amostras de igual área), realizando três medições por estrato, após a estabilização das leituras (tempo decorrido por medição entre 18 e 30 minutos). O número de estratos foi proporcional à área de cada parcela, variando entre três e cinco estratos. As leituras foram realizadas entre as 9:00 e as 12:30 horas da manhã, tendo sido realizadas alternadamente nas diferentes pastagens, de modo a distribuir as leituras por esse período em todas as parcelas, de forma idêntica. Considerou-se um desenho experimental em blocos casualizados, sendo a análise estatística realizada por análise de variância simples, dentro de cada data, utilizando o procedimento GLM do modelo de univariado em SPSS18.

## O que obtivemos...

Na figura 1 estão representados os valores das emissões nas parcelas em estudo. Como se pode observar, em todas as datas os valores das emissões de CO<sub>2</sub> foram significativamente mais baixos nas pastagens naturais ( $P < 0,001$ ); na última data, a pastagem biodiversa "antiga", teve valores intermédios entre a pastagem natural e a pastagem biodiversa "nova" ( $P < 0,001$ ); embora o período de medição seja muito curto e a análise estatística não tenha incidido sobre a comparação dos valores entre datas, parece existir uma tendência para valores de emissões diferentes entre datas, em todas as pastagens, sem interacções aparentes.

Os resultados que apresentamos sugerem uma actividade biológica no solo, superior na

pastagem biodiversa "nova" seguida da que se terá registado na pastagem biodiversa "antiga", sendo inferior na pastagem natural. Este facto pode dever-se às diferenças tanto na respiração autotrófica (associada com a manutenção das raízes e/ou micorrizas), como na respiração microbiana da rizosfera (associada aos carboidratos lábeis dos resíduos das plantas e exsudados) e na respiração dos decompositores heterotróficos (Pendall et al., 2004). Estas diferenças terão eventualmente origem na maior quantidade de resíduos da pastagem biodiversa (o que é sugerido por Teixeira et al., 2011) e que estaria de acordo com Eissenstat et al. (2000), Six et al. (2004) e Xie et al. (2005). Outra possível explicação adicional pode basear-se na maior percentagem de plantas leguminosas, nas duas parcelas das pastagens biodiversas: nestes casos é previsível uma maior concentração de N na biomassa das raízes, como foi sugerido por Hartwig et al. (2000), o que resultará numa C:N menor e numa respiração autotrófica mais elevada nas pastagens biodiversas, de acordo com o que foi demonstrado por Eissenstat et al. (2000). Quanto às diferenças entre datas, diversos factores abióticos poderão explicar estas oscilações, nomeadamente as variações da temperatura e da humidade no solo, como foi observado por Tang et al. (2003) e Pereira et al. (2007).

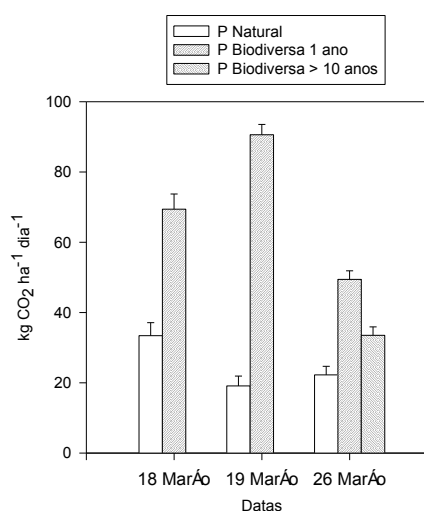


Fig. 1 – Emissão de CO<sub>2</sub> do solo, entre as 9:00 e as 12:30 horas da manhã, em três datas, em pastagens permanentes: pastagem natural, pastagem "biodiversa rica em leguminosas" (uma parcela no ano de sementeira e outra com mais de 10 anos após sementeira). Colunas representam a média e as barras 2x o erro padrão.

Os resultados apresentados, embora preliminares, sugerem que o tipo de vegetação que constitui as pastagens permanentes pode ser determinante do valor das emissões de CO<sub>2</sub> do solo, devendo, por isso, este factor ser incluído nos modelos para estimativa do seu

sequestro de carbono. Quanto às razões que estão na base das diferenças observadas, elas deverão ser investigadas, na continuação deste trabalho, particularmente quanto ao efeito da quantidade e qualidade dos resíduos das plantas, neste tipo de pastagens permanentes. Outro factor importante a incluir no desenvolvimento destes estudos, deverá ser a "idade" da pastagem, já que os nossos resultados sugerem uma evolução importante, com valores mais baixos de emissão de CO<sub>2</sub> quanto mais "antiga" é a pastagem. Esta questão deverá ser investigada relativamente ao teor "inicial" de C no solo, já que a evolução dos valores de emissão CO<sub>2</sub> no tempo, parece estar dependente desse factor (Xie et al., 2005). A última questão será realizar a estimativa integrada e numa escala alargada no "tempo", das emissões de CO<sub>2</sub>, já que existem variações ao longo do ano nos valores de respiração do solo (Tang et al., 2003; Xie et al., 2005; Pereira et al. 2007).

### Referências Bibliográficas

- Ammann, C., Flechard, C.R., Leifeld, J., Neftel, A., Fuhrer, J. 2007. The carbon budget of newly established temperate grassland depends on management intensity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121, 5–20.
- Aslam, T., Choudhary M.A., Saggat S. 2000. Influence of land-use management on CO<sub>2</sub> emissions from a silt loam soil in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77, 257–262.
- Carbonell-Bojollo, R., González-Sánchez, E.J., Veróz-González, O., Ordóñez-Fernández R. 2011. Soil management systems and short term CO<sub>2</sub> emissions in a clayey soil in southern Spain. *Science of the Total Environment* (aceite).
- Cardoso, J.C. 1965. *Os Solos de Portugal. Sua Classificação, Caracterização e Génese. I - A Sul do Rio Tejo*. Lisboa, Secretaria de Estado da Agricultura. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas.
- Conant, R.T., Paustian, K., Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11, 343–355.
- Hartwig, U.A., 1998. The regulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. In: Gustav Fischer (Ed.) *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. Vol. 1/1, 92–120.
- Hartwig, U.A., Lüscher, A., Daepf, M., Blum, H., Soussana, J.F. and Nösberger, J. 2000. Due to symbiotic N<sub>2</sub> fixation, five years of elevated atmospheric pCO<sub>2</sub> had no effect on litter N concentration in a fertile grassland ecosystem. *Plant Soil* 224, 43–50.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001a. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001b. *Climate Change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nösberger J., Long, S.P., Norby, R.J., Stitt, M., Hendrey, G.R., Blum H. 2006. *Managed Ecosystem and CO<sub>2</sub>: Case Studies, Process and Perspectives*. Ecological Studies, Vol. 187, Springer, Heidelberg, Germany.
- Pendall, E., Bridgman, S., Hanson, P., Hungate, B., Kicklighter, D., Johnson, D., Law, B., Luo, Y., Megonigal, J., Olsrud, M., Ryan, M., Wan, S. 2004. Belowground process responses to elevated CO<sub>2</sub> and temperature: a discussion of observations, measurement methods, and models. *New Phytologist* 162, 311–322.
- Pereira, J.S., Mateus, J.A., Aires, L.M., Pita, G., Pio, C., David, J.S., Andrade, V., Banza, J., David, T.S., Paço, T.A., Rodrigues, A. 2007. Net ecosystem carbon exchange in three contrasting Mediterranean ecosystems – the effect of drought. *Biogeosciences*, 4: 791–802.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Deneff, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research* 79, 7–31.
- Tang, J., Baldocchi, D.D., Qi, Y., Xu, L. 2003. Assessing soil CO<sub>2</sub> efflux using continuous measurements of CO<sub>2</sub> profiles in soils with small solid-state sensors. *Agricultural and Forest Meteorology* 118, 207–220.
- Teixeira, R.F.M., Domingos, T., Costa, A.P.S.V., Oliveira, R., Farropas, L., Calouro, F., Barradas, A. M., Carneiro, J.P.B.G. 2011. Soil organic matter dynamics in Portuguese natural and sown rainfed grasslands. *Ecological Modelling* 222, 993–1001.
- Xie, Z., Cadisch, G., Edwards, G., Baggs, E.M., Blum, H. 2005. Carbon dynamics in a temperate grassland soil after 9 years exposure to elevated CO<sub>2</sub> (Swiss FACE).