



FELIPE MACÍAS  
MONTSERRAT DÍAZ-RAVIÑA  
MARÍA TERESA BARRAL  
(eds.)

# RETOS Y OPORTUNIDADES EN LA CIENCIA DEL SUELO



VI CONGRESO IBÉRICO DE LA CIENCIA DEL SUELO  
**cics2014**  
SANTIAGO DE COMPOSTELA

andavira  
e d i t o r a

# **Retos y oportunidades en la Ciencia del Suelo**

**F. Macías, M. Díaz-Raviña, M.T. Barral (eds.)**

LE INFORMAMOS QUE ESTE LIBRO ESTÁ  
DISPONIBLE EN VERSIÓN PAPEL.  
SI ESTÁ INTERESADO EN ADQUIRIRLO, VISITE:

[http://universidades.meubook.com/?page\\_id=394](http://universidades.meubook.com/?page_id=394)

© Autores

Foto portada: Rosa Calvo de Anta  
Diseño logo: Miguel Silva

Edita: Andavira Editora, S.L.  
Via Edison 33-35 - Pol. Ind. do Tambre  
15890 Santiago de Compostela  
[www.andavira.com](http://www.andavira.com) - [info@andavira.com](mailto:info@andavira.com)

Imprime: Tórculo Artes Gráficas, S.A.

ISBN: 978-84-8408-769-4

Depósito Legal: C 1074-2014

# Impacto da substituição de espécies florestais no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo

F. Fonseca<sup>1\*</sup>, T. de Figueiredo<sup>1</sup>, A. Vilela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança (ESAB / IPB), Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal; \*ffonseca@ipb.pt

<sup>2</sup>Mestrado em Gestão de Recursos Florestais, Escola Superior Agrária de Bragança, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal

## Resumo

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da substituição de áreas de *Quercus pyrenaica*, que constitui a vegetação climácica da Serra da Nogueira, Nordeste de Portugal, pela espécie *Pseudotsuga menziesii*, no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo. Selecionaram-se três áreas de amostragem em zonas adjacentes com condições edafo-climáticas idênticas: a primeira coberta por *Quercus pyrenaica* (*QP*) representa o solo original, a segunda localiza-se num povoamento de *Pseudotsuga menziesii* com 40 anos (*PM40*) e a terceira, também sob *Pseudotsuga menziesii* com 15 anos de idade (*PM15*). Em cada área de amostragem, elegeram-se de forma aleatória 10 locais, onde foram colhidas amostras de horizonte orgânico numa área de 0,49 m<sup>2</sup> e amostras de solo nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, em cada um dos locais. Os resultados mostram que a concentração de carbono é significativamente mais elevada nos horizontes orgânicos sob a espécie autóctone (*QP*), mas a quantidade de resíduos orgânicos acumulados na superfície do solo é maior sob a espécie introduzida (*PM40* e *PM15*). Os horizontes orgânicos armazenam 17, 13 e 6% do total de carbono em *PM40*, *PM15* e *QP*, respetivamente. Quatro décadas após a substituição de espécies, observa-se uma perda de carbono nos horizontes minerais do solo, embora sem diferenças significativas quando se compara o solo sob a espécie introduzida (*PM*) com o da espécie original (*QP*). Quando se consideram conjuntamente os horizontes minerais e orgânicos observam-se perdas de carbono de cerca de 30% em *PM15* e ganhos de cerca de 10% em *PM40*. Com base nos resultados, sob a espécie *PM* os horizontes orgânicos funcionam como sumidouro, enquanto os horizontes minerais funcionam como fonte de carbono.

## Introdução

A perspetiva do aumento da quantidade de carbono na atmosfera tem chamado a atenção para o elevado interesse do papel dos ecossistemas florestais no ciclo global do carbono (Eswaran et al., 1993). Muitos dos bosques autóctones de folhosas que constituem a vegetação climácica da maior parte da Península Ibérica, têm sido substituídos por outras espécies florestais, nomeadamente por plantações de coníferas de crescimento rápido. Ainda que esta substituição possa ter consequências benéficas do ponto de vista económico, considera-se fundamental conhecer os efeitos ambientais produzidos como, por exemplo, no armazenamento de carbono tendo em vista a redução das emissões de gases com efeito de estufa. Por este motivo, a capacidade de armazenamento de carbono pelas diferentes espécies deve funcionar como instrumento de apoio à decisão, quando se pretende introduzir novas espécies florestais e pode ser usada estrategicamente para alcançar objetivos ambientais (Oostra et al., 2006; Vallet et al., 2009).

A substituição de espécies florestais cria impactos no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo (Peltoniemi et al., 2004), uma vez que a quantidade, qualidade, distribuição e taxa de decomposição dos resíduos orgânicos produzidos pelas espécies florestais tem grande influência no armazenamento de carbono (Oostra et al., 2006). Por outro lado, espécies de crescimento rápido acumulam carbono mais rapidamente do que

espécies de crescimento lento, mas vários estudos mostram que a substituição de umas espécies por outras conduz à perda de carbono (Wang e Wang, 2007; Vallet et al., 2009). A quantidade de carbono armazenada nos sistemas florestais depende fundamentalmente da idade e das práticas de gestão (Post and Kwon, 2000; Paul et al., 2002). A escolha das espécies constitui atualmente uma opção de gestão para aumentar o armazenamento de carbono (Vallet et al., 2009).

O presente trabalho tem como principal objetivo avaliar a influência da substituição de áreas de *Quercus pyrenaica*, que constitui a vegetação climácica da Serra da Nogueira, Nordeste de Portugal, pela espécie *Pseudotsuga menziesii*, no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo.

### Material e Métodos

A área de estudo localiza-se na Serra da Nogueira, Nordeste de Portugal (41°45'N e 6°52'W), na faixa entre os 1000 e os 1100 m de altitude. A temperatura média anual é de 12°C e a precipitação média anual é de 1100 mm, com distribuição tipicamente mediterrânica (INMG, 1991). Os solos são classificados de Leptosolos dístricos órticos derivados de xisto (Agroconsultores e Coba, 1991). A vegetação autóctone é constituída por *Quercus pyrenaica* (QP), que ocupa cerca de 6000 ha e representa a maior área de QP em Portugal. Ao longo das últimas décadas, parte da área ocupada por QP foi substituída por espécies de crescimento rápido, principalmente por *Pseudotsuga menziesii*, processo onde os incêndios tiveram um papel preponderante.

Para avaliar o impacto da substituição de espécies no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo, foram selecionadas três áreas de amostragem em zonas adjacentes e com características edafo-climáticas idênticas. Uma área de *Pseudotsuga menziesii* com 40 anos (PM40), outra de *Pseudotsuga menziesii* com 15 anos (PM15) e outra de *Quercus pyrenaica* (QP), que representa o solo original. Em cada área de amostragem (PM15, PM40 e QP) foram selecionados, de forma aleatória, 10 locais onde se procedeu à recolha do material orgânico numa área de 0,49 m<sup>2</sup> por local. As amostras de material orgânico foram secas a 65°C até peso constante, para determinar a matéria seca. Nos mesmos locais, onde se recolheu o material orgânico, procedeu-se à recolha de amostras nos horizontes minerais, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm, seguida de secagem a 45°C e crivagem, com crivo de malha de 2 mm. A densidade aparente (DA) foi estimada nas mesmas profundidades usando a equação (Post and Kwon, 2000; Paul et al., 2002):

$$DA = 100 / (\% MO / DA_{MO}) + ((100 - \% MO) / DA_{\text{solo mineral}})$$

onde: MO – matéria orgânica do solo, DA<sub>MO</sub> – densidade aparente da matéria orgânica, (assume-se o valor de 0,244), DA<sub>solo mineral</sub> – densidade aparente do solo mineral (assume-se o valor de 1,64).

Todas as amostras dos horizontes orgânicos e minerais do solo foram analisadas por combustão seca para determinar o carbono total (ISO, 1994). A matéria seca dos horizontes orgânicos foi convertida em carbono (t C ha<sup>-1</sup>), multiplicando estes valores pela concentração de carbono na matéria seca. A quantidade de carbono armazenada no solo (t C ha<sup>-1</sup>) foi calculada multiplicando-se a concentração de carbono pela densidade aparente e espessura da camada, com correção para o conteúdo em elementos grosseiros.

### Resultados e Discussão

A concentração de carbono é significativamente superior nos resíduos orgânicos sob a espécie autóctone (QP), mas a quantidade de folhada é mais elevada sob a espécie introduzida (PM40 e PM15). O armazenamento de carbono sob PM40 é cerca de três vezes mais elevado que no solo original, seguindo a sequência PM40 > PM15 > QP (Quadro 1). Estes resultados parecem estar relacionados com a taxa de decomposição, pois sob as resinosas é notória, à

superfície, a presença de uma grande quantidade de restos orgânicos pouco decompostos; ao contrário, sob a folhosa observa-se menor quantidade de material orgânico, o que sugere uma mais rápida decomposição e conseqüente ligação à fração mineral. Resultados idênticos foram obtidos por Rapp (1984). Na resinosa as diferenças nesse parâmetro associadas ao efeito idade do povoamento parecem também dever-se à maior densidade de copado observada ao passar de *PM15* para *PM40*.

Quadro 1 – Matéria seca da folhada (MS), concentração de C e armazenamento de C nos horizontes orgânicos do solo

Povoamento	MS Folhada (t ha <sup>-1</sup> )	Concentração de C (%)	Armazenamento de C (t ha <sup>-1</sup> )
<i>Q. pyrenaica</i> ( <i>QP</i> )	14,5 <sup>b</sup>	7,6 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>
<i>P. menziesii</i> ( <i>PM40</i> )	32,2 <sup>c</sup>	16,2 <sup>b</sup>	9,6 <sup>a</sup>
<i>P. menziesii</i> ( <i>PM15</i> )	45,0 <sup>a</sup>	47,2 <sup>a</sup>	51,7 <sup>b</sup>

Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $P < 0,05$ )

A concentração de carbono no solo mostra um gradiente vertical para *QP*, apresentando os valores mais elevados na camada 0-5 cm e os mais baixos na camada 10-20 cm. Na espécie introduzida (*PM15* e *PM40*) este gradiente não é visível (Quadro 2), o que pode estar relacionado com as perturbações causadas pela preparação do terreno (Alcázar et al., 2002), e posteriores operações de limpeza dos povoamentos. Quando se considera a camada 0-20 cm o solo contém 55,9, 82,1, e 86,3 t C ha<sup>-1</sup> sob *PM15*, *PM40* e *QP*, respetivamente. Em todas as camadas de solo observam-se valores significativamente mais baixos sob *PM15*.

Quadro 2 – Concentração (%) e armazenamento (t ha<sup>-1</sup>) de carbono no solo de acordo com a profundidade nos povoamentos observados. Média (desvio padrão)

Prof (cm)	Povoamentos		
	<i>PM15</i>	<i>PM40</i>	<i>QP</i>
	Concentração de carbono no solo (%)		
0-5	3,0 (0,9) <sup>a</sup>	4,7 (1,0) <sup>b</sup>	5,8 (1,0) <sup>b</sup>
5-10	2,9 (1,0) <sup>a</sup>	4,7 (0,8) <sup>b</sup>	4,9 (0,3) <sup>b</sup>
10-20	3,0 (1,1) <sup>a</sup>	4,6 (0,8) <sup>b</sup>	4,5 (0,3) <sup>b</sup>
	Armazenamento de carbono no solo (t ha <sup>-1</sup> )		
0-5	15,2 (4,0) <sup>a</sup>	21,7 (3,6) <sup>b</sup>	25,0 (3,1) <sup>b</sup>
5-10	13,6 (4,3) <sup>a</sup>	19,8 (2,8) <sup>b</sup>	21,5 (1,1) <sup>b</sup>
10-20	27,1 (9,2) <sup>a</sup>	40,6 (6,0) <sup>b</sup>	39,8 (2,1) <sup>b</sup>

Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente ( $P < 0,05$ )

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre *PM40* e *QP* para o carbono armazenado nas camadas de solo (Quadro 2), 40 anos após a substituição das espécies ainda são observadas perdas de carbono sob *PM40* relativamente ao povoamento autóctone (Figura 1). As diferenças observadas nos solos sob *PM15* devem-se principalmente ao menor tempo de recuperação desde a perturbação causada aquando da instalação do povoamento (Dick et al., 1998).

A substituição da espécie autóctone (*QP*) por uma espécie de crescimento rápido (*PM*) produziu efeitos no armazenamento de C, dependendo do período de tempo considerado. O acréscimo de carbono em *PM40* comparativamente a *QP* é de 5,3 t C ha<sup>-1</sup>, devendo-se este acréscimo essencialmente ao horizonte orgânico. Após 15 anos (*PM15*), a perda de carbono atinge 27,8 t ha<sup>-1</sup>. Existem diversos fatores e processos que determinam a tendência de variação do carbono armazenado no solo, quando o tipo de vegetação e as práticas de gestão do solo sofrem modificações, entre os quais a idade assume elevada importância, como mostrado neste estudo.

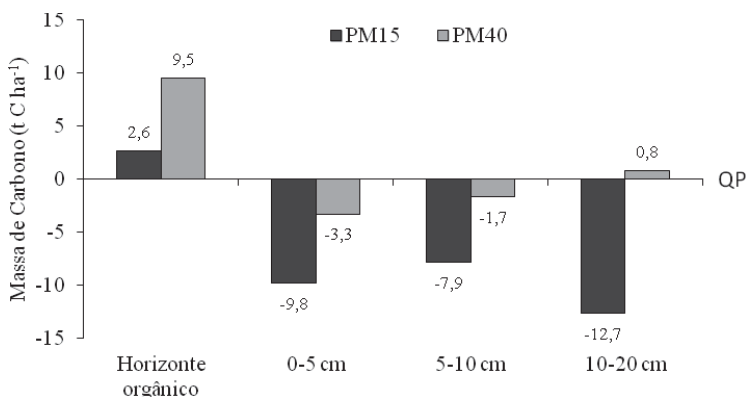


Figura 1 – Acréscimo (valores positivos) ou redução (valores negativos) do teor de C (t C ha<sup>-1</sup>) ao longo do tempo, devido à substituição da espécie *QP* pela espécie *PM*

## Bibliografia

- Agroconsultores and Coba. 1991. *Carta dos Solos do Nordeste de Portugal*. UTAD. Vila Real.
- Alcázar J, Rothwell RL, Woodard PM. 2002. Soil disturbance and the potential for erosion after mechanical site preparation. *Northern Journal of Applied Forestry* 19(1): 5-13.
- Dick WA, Blevins RL, Frye WW, Peters SE, Christenson DR, Pierce FJ, Vitosh ML. 1998. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. *Soil and Tillage Research* 47: 235-244.
- Eswaran H, Berg EVD, Reich P. 1993. Organic carbon in soils of the World. *Soil Science Society of America Journal* 57: 192-194.
- INMG. 1991. *Normais Climatológicas da Região de "Trás-os-Montes e Alto Douro" e "Beira Interior" Correspondentes a 1951-1980*. Fascículo XLIX, Volume 3, 3ª Região, Lisboa.
- ISO. 1994. Organic and total carbon after dry combustion. In: *Environment soil quality*. ISO/DIS 10694.
- Oostra S, Majdi H, Olsson M. 2006. Impact of tree species on soil carbon stocks and soil acidity in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 364-371.
- Paul KI, Polglase PJ, Nyakuengama JG, Khanna PK. 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168: 241-257.
- Peltoniemi M, Mäkipää R, Liski J, Tamminen P. 2004. Changes in soil carbon stand age – an evaluation of a modeling method with empirical data. *Global Change Biology* 10: 2078-2091.
- Post WM, Kwon KC. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* 6: 317-327.
- Rapp M. 1984. Répartition et flux de matière organique dans un écosystème à *Pinus pinea* L. *Annales des Sciences Forestières* 41(3): 253-272.
- Vallet P, Meredieu C, Seynave I, Bélouard T, Dhôte JF. 2009. Species substitution for carbon storage: Sessile oak versus Corsican pine in France as a case study. *Forest Ecology and Management* 257: 1314-1323.
- Wang QK, Wang SL. 2007. Soil organic matter under different forest types in Southern China. *Geoderma* 142: 349-356.