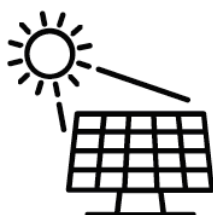




CIEEMAT`17

III Congresso
Ibero-Americano de
Empreendedorismo, Energia,
Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas

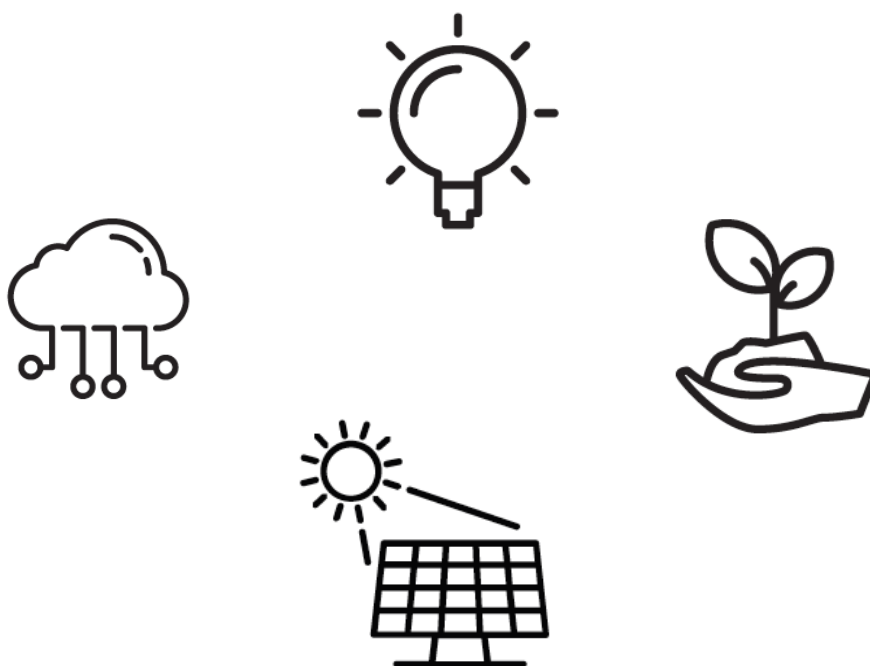
12 a 14 de julho de 2017





**III Congresso
Ibero-Americano de Empreendedorismo,
Energia, Ambiente e Tecnologia:
Livro de atas**

12 a 14 de julho de 2017



Título: III Congresso Ibero-Americano de Empreendedorismo, Energia, Ambiente e Tecnologia: Livro de atas

Editores: Américo Vicente Leite
Ana Isabel Pereira
Ângela Paula Ferreira
Artur Jorge Gonçalves
João Paulo Almeida
José Luis Calvo Rolle
Manuel Joaquim Feliciano
Orlando Manuel Soares
Ronney Arismel Boloy

Edição: Instituto Politécnico de Bragança – 2017
Campus de Santa Apolónia
5300-253 Bragança
Portugal

Execução: Orlando Manuel Soares

ISBN: 978-972-745-230-9

URI: <http://hdl.handle.net/10198/14339>

Email: cieemat2017@ipb.pt

Apoios e Patrocínios:



Media Partner:



Armazenamento de carbono em solos desenvolvidos sob quatro espécies florestais na região mediterrânea

F. Fonseca¹, T. de Figueiredo¹

CIMO – Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal
ffonseca@ipb.pt

Resumo— Os horizontes orgânicos e minerais dos solos florestais apresentam elevada importância no armazenamento de carbono. No entanto, o conhecimento dos efeitos das espécies florestais na retenção deste elemento é ainda escasso, principalmente em Portugal. Com o propósito de contribuir para este conhecimento realizou-se um estudo em povoamentos de quatro espécies florestais com 60 anos de idade, instalados na vertente poente da Serra da Padrela, próximo de Vila Pouca de Aguiar. Duas das espécies apresentam elevada representação na região Norte do país, *Castanea sativa* Miller (CS) e *Pinus pinaster* Aiton (PP) e duas, embora com menor representatividade, evidenciam interesse silvícola, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (PM) e *Pinus nigra* Arnold (PN). Na selecção das áreas de amostragem, procuraram-se características semelhantes no que toca a topografia, litologia e clima, de modo a reduzir o efeito de outras variáveis e a melhor identificar as possíveis diferenças no armazenamento de carbono devidas à espécie florestal. Em cada povoamento, foram seleccionados 15 locais ao acaso e colhido o material orgânico (horizonte orgânico) numa área de 0,49 m² por local. A colheita do horizonte orgânico obedeceu a critérios morfológicos tendo sido separado nas camadas L, F e H. As camadas L e F, por sua vez, foram separadas em três fracções: folhas, pinhas ou ouriços e ramos. Nos mesmos locais foram ainda colhidas amostras de solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Também nestas profundidades colheram-se amostras não perturbadas para determinação da densidade aparente. As concentrações de carbono foram determinadas em todas as amostras (horizontes orgânicos e minerais) e convertidas em massa por unidade de área. A massa de carbono por unidade de área segue a sequência PN > PM > CS > PP. As espécies PM e CS armazenam quantidades idênticas de carbono, sendo que mais de 80% da quantidade deste elemento se encontra no solo. No caso das espécies PN e PP o contributo dos horizontes orgânicos na retenção deste elemento é mais expressivo do que nas restantes mas sempre inferior a 30%.

Palavras-chave— Norte de Portugal; resinosas; folhosas; camadas orgânicas; teor de carbono

I. INTRODUÇÃO

As florestas são parte integrante do ciclo do carbono, pelo que as técnicas usadas na sua gestão têm grandes implicações na concentração de dióxido de carbono na atmosfera (Harmon e Marks, 2002). Num cenário de alterações climáticas, o conhecimento das diferenças entre espécies, no que respeita à capacidade de armazenar carbono, deve constituir uma ferramenta de apoio à decisão quando da introdução de novas

espécies florestais e pode ainda ser utilizado estrategicamente para atingir metas ambientais (Oostra et al., 2006; Schulp et al., 2008; Vallet et al., 2009). Nos ecossistemas florestais, a vegetação constitui a principal fonte de resíduos da fração orgânica do solo, pelo que será de esperar que esta seja afetada de forma mais ou menos marcada pela quantidade de biomassa produzida e características da mesma. Os solos são a base de todo o crescimento florestal e têm um papel fundamental nos processos hidrológicos e no ciclo de nutrientes, com especial relevância para o ciclo do carbono.

Os restos vegetais acumulados à superfície do solo formam o horizonte orgânico, que no seu desenvolvimento máximo compreende três camadas: L, F e H (Wesemael 1993; Wardle 1993; Van Delft et al. 2006). A camada L é constituída por material fresco levemente descolorido, morfológicamente intacto com idade até dois ou mais anos conforme as espécies. Constitui a maior fonte de reservas orgânicas do solo. A camada F é a zona imediatamente subjacente constituindo uma camada de fermentação. Os materiais orgânicos apresentam decomposição parcial, mas suficientemente bem preservados permitindo a identificação da sua origem. A camada H compreende material orgânico amorfo com muitos excrementos de animais e micorrizas. Apresenta baixa coerência e transição gradual para o horizonte mineral A, contendo considerável quantidade de matéria mineral. As características da matéria orgânica do solo encontram-se condicionadas por vários factores que determinam o sentido em que ocorrem as transformações dos resíduos orgânicos incorporados no solo. As temperaturas baixas, os declives acentuados, e sobretudo, a presença de vegetação de gimnospéricas, parece condicionar em elevado grau a evolução do húmus.

Com o presente trabalho, pretende-se quantificar o armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais dos solos desenvolvidos sob quatro espécies florestais, *Pinus pinaster* (PP), *Pinus nigra* (PN), *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Castanea sativa* (CS).

II. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Serra da Padrela, Norte de Portugal, 41°29'24''N e 7°36'43''W, maioritariamente entre os 800 e os 900m de altitude. A temperatura média anual é de

11,3°C, com médias mensais que variam entre 4,0°C (Dezembro) e 21,9°C (Agosto). A precipitação média anual é de 1381mm e distribui-se ao longo de todo o ano, apresentando valores máximos no Outono-Inverno, e um máximo secundário na Primavera (INMG, 1991). De acordo com FAO/UNESCO (1988) os solos estão integrados na unidade Cambissolos úmbricos órticos derivados do xisto com textura média, ácidos, teores muito baixos de P e moderados a altos de K e teor médio de matéria orgânica (Agroconsultores e Coba 1991; Martins et al. 2007). O estudo decorreu em povoamentos de *Pinus pinaster* Aiton (PP), *Pinus nigra* Arnold (PN), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (PM) e *Castanea sativa* Miller (CS), com 60 anos de idade, instalados em idênticas condições de clima, relevo e solo. Em cada povoamento foram seleccionados, de forma aleatória, 15 locais de amostragem, onde foi recolhido o material orgânico numa área de 0,49 m² por local, subdividido, segundo os critérios morfológicos, nas camadas L, F e H. As camadas L e F foram separadas em 3 fracções: folhas, pinhas ou ouriços e ramos. Posteriormente agruparam-se as amostras de cada camada 3 a 3, perfazendo 5 amostras por camada, num total de 35 amostras por espécie. As amostras foram secas a 65°C durante 72h com vista à determinação da matéria seca. Nos mesmos locais onde se procedeu à recolha do material orgânico, colheram-se amostras de solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, seguidas de secagem a 45°C e crivagem, com crivo de malha de 2 mm. Também nestas profundidades foram colhidas amostras de solo não perturbadas, com um cilindro de 100 cm³ de volume, para determinação da densidade aparente. Todas as amostras (horizontes orgânicos e minerais) foram analisadas para a concentração de carbono pelo método de combustão seca (ISO 1995). A massa dos horizontes orgânicos foi convertida em carbono (Mg ha⁻¹) multiplicando estes valores pela concentração de carbono na matéria seca. O carbono orgânico do solo (Mg ha⁻¹) foi calculado através da multiplicação da concentração de carbono, pela densidade aparente e espessura da camada de solo, com a realização de uma correcção para o teor de elementos grosseiros. De forma a testar o possível efeito das espécies no armazenamento de carbono nos horizontes do solo, os dados foram tratados estatisticamente com recurso à análise de variância e as diferenças analisadas através do teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de resíduos orgânicos acumulados na superfície do solo (horizonte orgânico) é significativamente superior para a espécie PN (59,3 Mg ha⁻¹), seguida das espécies PM (33,0 Mg ha⁻¹) e PP (23,5 Mg ha⁻¹) e por último a espécie CS (16,6 Mg ha⁻¹) (Figura 1). As folhas são o principal constituinte do horizonte orgânico em todas as espécies, mas no caso da espécie PN as pinhas representam uma fracção importante (Tabela 1). As diferenças entre espécies estão essencialmente relacionadas com a taxa de decomposição anual (k) - 18 % para o PN, 19 % para PP, 35 % para PM e 55 % para CS, (Martins et al. 1998), com o ritmo de acumulação

de pinhas (elevado para a espécie PN) e exportação de folhada para combustível doméstico (caso da espécie PP).

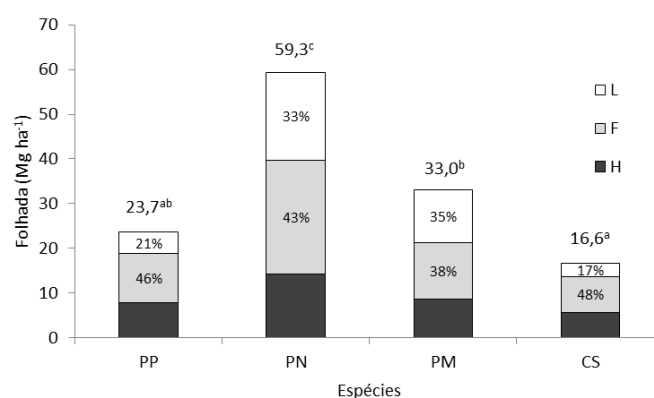


Fig. 1. Quantidade total de resíduos orgânicos (Mg ha⁻¹) nas camadas L, F e H das espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes. (p < 0,05)

O valor total de folhada das camadas orgânicas aumenta de L para F, diminuindo para H (Tabela 1). A menor quantidade de resíduos orgânicos acumulados sob a espécie folhosa (CS), parece estar relacionada com a superior taxa de decomposição, por sua vez relacionada com a composição química da folhada (Guendehou et al. 2014; Kooch et al. 2017). Resultados idênticos foram obtidos por outros autores (Schulp et al. 2008; Fonseca e Figueiredo 2010; Bargali et al. 2015).

Quadro I. Quantidade de resíduos orgânicos (Mg ha⁻¹) das camadas L, F e H (média ± desvio padrão) para as espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Para os componentes ou camadas, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes. (p < 0,05)

Espécies	Camada	Componente			Total
		folhas	pinhas/ouriços	ramos	
PP	L	3,5 ± 1,8	0,5 ± 0,8	0,9 ± 0,7	4,9 ± 1,0 ^a
	F	9,9 ± 2,7	0,1 ± 0,2	0,9 ± 0,9	10,9 ± 1,5 ^b
	H				7,9 ± 0,5 ^b
	Total	13,4 ± 2,3 ^b	0,6 ± 0,5 ^a	1,8 ± 0,8 ^a	
PN	L	3,6 ± 1,3	10,7 ± 8,5	5,3 ± 7,8	19,6 ± 4,3 ^b
	F	17,1 ± 4,1	5,7 ± 4,9	2,6 ± 2,5	25,4 ± 3,8 ^b
	H				14,3 ± 1,0 ^a
	Total	20,7 ± 2,6 ^c	16,4 ± 6,2 ^b	7,9 ± 3,9 ^a	
PM	L	4,6 ± 3,3	0,5 ± 0,5	6,6 ± 3,8	11,7 ± 2,7 ^a
	F	12,0 ± 5,1	0,1 ± 0,2	0,6 ± 0,6	12,7 ± 1,7 ^a
	H				8,6 ± 0,6 ^a
	Total	16,6 ± 3,2 ^c	0,6 ± 0,3 ^a	7,2 ± 1,8 ^b	
CS	L	2,0 ± 1,0	0,2 ± 0,2	0,7 ± 0,4	2,9 ± 0,5 ^a
	F	7,2 ± 2,4	0,2 ± 0,2	0,6 ± 0,4	8,0 ± 1,6 ^b
	H				5,7 ± 0,4 ^b
	Total	9,2 ± 1,3 ^b	0,4 ± 0,3 ^a	1,3 ± 0,4 ^a	

O carbono total armazenado no horizonte orgânico varia significativamente entre espécies, sendo a espécie PN a que apresenta o maior valor ($27,3 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 2). Para esta espécie, o armazenamento de carbono nas folhas ($9,8 \text{ Mg ha}^{-1}$), pinhas ($9,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) e ramos ($4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$) apresenta proporções mais equitativas que as restantes espécies. Ao contrário, a espécie CS apresenta o valor mais baixo ($5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), sendo que as folhas armazenam $3,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, representando cerca de 70% do total de carbono armazenado (Tabela 2). O armazenamento de carbono é significativamente mais elevado na camada F das espécies PP e CS, mostrando as restantes espécies (PN e PM) valores similares aos da camada L. A camada H é a que apresenta os valores mais baixos. Nas espécies PP e CS aproximadamente 70% do carbono encontra-se armazenado nas folhas. Nas espécies PM e PN este valor decresce para 54% e 36% respectivamente, sendo que as pinhas representam a percentagem mais alta no caso da espécie PN (34%) e os ramos no caso da espécie PM (33%) (Tabela 2). Herrero et al. (2016) obtiveram resultados similares de armazenamento de carbono no horizonte orgânico, com valores mais elevados sob *Pinus* spp. ($13,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) comparativamente à espécie *Quercus pyrenaica* ($5,4 \text{ Mg ha}^{-1}$).

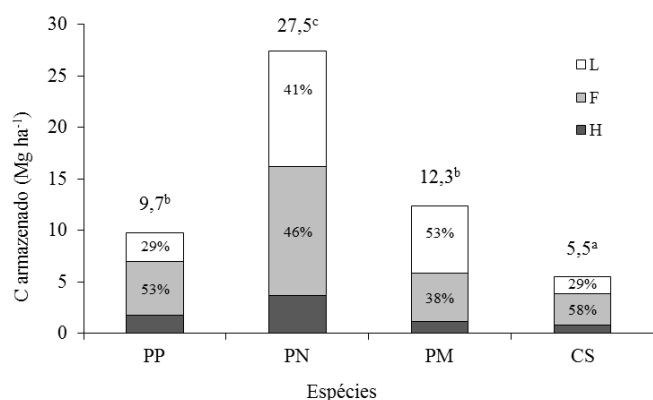


Fig. 2. Armazenamento de carbono nas camadas L, F e H das espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes. ($p < 0,05$)

Quadro II. Armazenamento de carbono (Mg ha^{-1}) nos componentes orgânicos das camadas L, F e H (média \pm desvio padrão) das espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Para os componentes ou camadas, valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

Espécies	Camada	Componente			Total
		folhas	Pinhas/ourios	ramos	
PP	L	$2,0 \pm 1,0$	$0,3 \pm 0,5$	$0,5 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,5^a$
	F	$4,6 \pm 1,1$	$0,1 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,5$	$5,2 \pm 0,6^b$
	H				$1,8 \pm 0,3^a$
	Total	$6,6 \pm 1,0^b$	$0,4 \pm 0,4^a$	$1,0 \pm 0,5^a$	

PN	L	$2,0 \pm 0,7$	$6,2 \pm 4,9$	$3,0 \pm 4,5$	$11,2 \pm 3,2^b$
	F	$7,8 \pm 2,2$	$3,2 \pm 2,8$	$1,4 \pm 1,4$	$12,4 \pm 1,8^b$
	H				$3,7 \pm 0,9^a$
	Total	$9,8 \pm 1,7^b$	$9,4 \pm 3,3^b$	$4,4 \pm 2,9^a$	
PM	L	$2,4 \pm 1,8$	$0,3 \pm 0,3$	$3,8 \pm 2,2$	$6,5 \pm 1,1^b$
	F	$4,2 \pm 1,9$	$0,1 \pm 0,2$	$0,3 \pm 0,3$	$4,6 \pm 0,5^b$
	H				$1,2 \pm 0,4^a$
	Total	$6,6 \pm 1,2^b$	$0,4 \pm 0,2^a$	$4,1 \pm 1,3^b$	
CS	L	$1,1 \pm 0,5$	$0,1 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,7$	$1,6 \pm 0,4^b$
	F	$2,7 \pm 1,0$	$0,1 \pm 0,1$	$0,3 \pm 0,2$	$3,1 \pm 0,2^c$
	H				$0,8 \pm 0,2^a$
	Total	$3,8 \pm 0,9^b$	$0,2 \pm 0,1^a$	$0,7 \pm 0,5^a$	

A quantidade de carbono armazenada nas profundidades de solo 0-10 e 10-20 cm é similar, apresentando a camada mais superficial uma quantidade ligeiramente superior (ligeiramente superior a 50%). Na camada 0-20 cm o total de carbono armazenado varia de $64,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ (PN) a $30,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ (PP) (Figura 3). O armazenamento de carbono sob a espécie PP é bastante inferior ao encontrado por Nunes et al (2010) nos primeiros 30 cm de solos desenvolvidos sob a mesma espécie no NW de Portugal, onde os valores variam entre 90,2 e $123,9 \text{ Mg ha}^{-1}$.

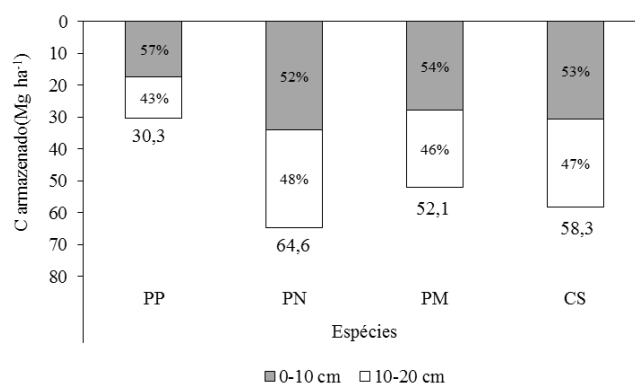


Fig. 3. Armazenamento total de carbono nos horizontes minerais do solo sob as espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

Após 60 anos é visível o efeito das espécies no armazenamento de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo (Figura 4). O armazenamento de C é significativamente superior para a espécie PN ($92,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), mostrando a espécie PP o valor mais baixo ($40,0 \text{ Mg ha}^{-1}$). As restantes espécies apresentam valores intermédios e idênticos entre si ($64,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a espécie PM e $63,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ para a espécie CS). Globalmente, o horizonte orgânico sob a espécie CS armazena menor quantidade de carbono, comparativamente às espécies resinosas (PP, PN e PM), mas nos horizontes minerais atinge valores idênticos aos registados

para a espécie PN. A percentagem de carbono armazenada nos horizontes minerais do solo varia entre 70% (PN) e 91% (CS).

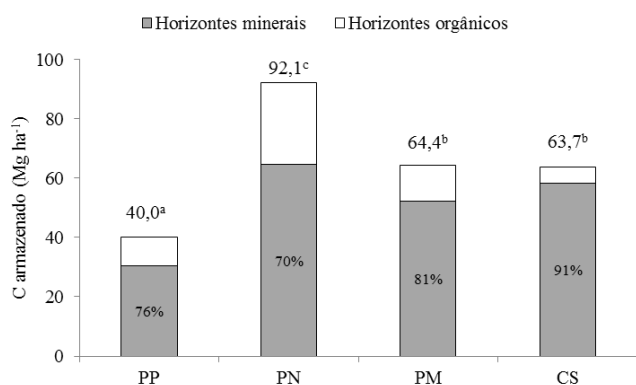


Fig. 4 – Armazenamento total de carbono nos horizontes orgânicos e minerais do solo sob as espécies PP (*Pinus pinaster*), PN (*Pinus nigra*), PM (*Pseudotsuga menziesii*) e CS (*Castanea sativa*). Valores seguidos de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

IV. CONCLUSÕES

O armazenamento global de carbono regista os valores mais baixos na espécie PP e os mais altos na espécie PN, contribuindo para este resultado quer o compartimento solo quer o compartimento horizonte orgânico. Na espécie CS o compartimento solo armazena mais de 90% do total de carbono, nas restantes espécies não vai além dos 80%. Globalmente, as espécies PM e CS apresentam comportamento idêntico na retenção de carbono.

REFERENCES

- [1] Agroconsultores e Coba, Carta dos Solos do Nordeste de Portugal. PDRITM, UTAD, Vila Real, 1991.
- [2] A. Martins, J. Coutinho, S. Costa, F. Fonseca, M. Madeira, A folhada de quatro povoamentos florestais no Norte de Portugal: Produção e concentração e quantidade de nutrientes devolvidos ao solo. Rev Ciências Agrárias 30(2), 2007, 201-216.
- [3] B. Van Delft, R.W. Waal, R.H. Kemmers, P. Mekking, J. Sevink, Field guide Humus Forms: Description and classification of humus forms for ecological applications. Wageningen: Alterra, 2006.
- [4] B.V. Wesemael, Litter decomposition and nutrient distribution in humus profiles in some Mediterranean forests in southern Tuscany. For Ecol Manage 57, 1993, 99-114.
- [5] C. Herrero, B. Turrion, V. Pando, F. Bravo, Carbon content of forest floor and mineral soil in Mediterranean *Pinus* spp. and Oak stands in acid soils in Northern Spain. Forest Syst. 25(2), 2016, e065.
- [6] C.J.E. Schulp, G.J. Nabuurs, P.H. Verburg, R.W. Waal, Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. For Ecol Manage. 256, 2008, 482-490.
- [7] D.A. Wardle, Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand forest and scrubland ecosystems. Funct Ecol. 7, 1993, 346-355.
- [8] FAO/UNESCO, Soil map of the world, revised legend, Amended 4th draft. FAO, Roma, 1998.

- [9] F. Fonseca, T. Figueiredo, Impact of tree species replacement on carbon stocks in forest floor and mineral soil. In: Proceedings of the IUFRO-Landscape Ecology International Conference; Sept 21-27; Bragança, Portugal. Forest Landscapes and Global Change: New Frontiers in Management, Conservation and Restoration, 2010, p. 557-562.
- [10] G.S. Guendehou, J. Liski, M. Tuomi, M. Moudachirou, B. Sinsin, R. Makipaa, Decomposition and changes in chemical composition of leaf litter of five dominant tree species in a West African tropical forest. Trop Ecol. 55, 2014, 207-220.
- [11] INMG, 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, 1991.
- [12] ISO, Soil quality – determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis), International Standard ISO 10694. Geneva (Switzerland). International Organization for Standardization, 1995.
- [13] L. Nunes, M. Patrício, J. Tomé, M. Tomé, Carbon and nutrients stocks in even-aged maritime pine stands from Portugal. Forest Syst 19, 2010, 434-448.
- [14] M.E. Harmon, B.Marks, Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forest in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. Can. J. For. Res. 32, 2002, 863-877.
- [15] P. Vallet, C. Meredieu, I. Seynave, T. Bélouard, J.F Dhôte, Species substitution for carbon storage: Sessile oak versus Corsican pine in France as a case study. For Ecol Manage. 257, 2009, 1314-1323.
- [16] S.S. Bargali, K. Shukla, L. Singh, L. Grosh, M.L. Lakhera, Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in four tree species of dry deciduous forest. Trop Ecol. 56(2), 2015, 191-200.
- [17] S. Oostra, H. Majdi, M. Olsson, Impact of tree species on soil carbon stocks and soil acidity in southern Sweden. Scand J For Res. 21, 2006, 364-371.
- [18] Y. Kooch, B. Samadzadeh, S.M. Hosseini, The effects of broad-leaved tree species on litter quality and soil properties in a plain forest stand. Catena 150, 2017, 223-229.