

7º Congresso Florestal Nacional

Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais

Conhecimento e Inovação

Artigos Comunicações

Vila Real / Bragança
5 - 8 Junho 2013

ORGANIZAÇÃO



7º Congresso Florestal Nacional

Conhecimento e Inovação

Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais

Artigos / Comunicações

Vila Real e Bragança

5 – 8 Junho 2013

ORGANIZAÇÃO



Ficha técnica

7 Congresso Florestal Nacional

Artigos / Comunicações

CD

Editores: João Bento, José Lousada, Maria do Sameiro Patrício

Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais

Vila Real e Bragança, Portugal.

Junho 2013

ISBN: 978-972-99656-2-3

Esta edição foi patrocinada pelo

Programa – Fundo de Apoio à Comunidade Científica/FCT

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Divulgação



Armazenamento de carbono e azoto nos horizontes superficiais do solo sob povoamentos florestais puros

F. Fonseca¹, A. Martins² e T. de Figueiredo¹

1: Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança/ESA, Campus de Santa Apolónia, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal

2: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-911 Vila Real, Portugal

e-mail: ffonseca@ipb.pt, amartins@utad.pt, tomasfig@ipb.pt

Resumo: Os horizontes orgânicos e minerais dos solos florestais apresentam elevada importância no armazenamento de carbono (C) e azoto (N). No entanto, o conhecimento dos efeitos das espécies florestais na fixação destes elementos é ainda escasso, principalmente em Portugal. Com o propósito de contribuir para este conhecimento realizou-se um estudo em quatro povoamentos puros instalados na década de 40 na Serra da Padrela, próximo de Vila Pouca de Aguiar. Duas das espécies apresentam elevada representação na região Norte do país, *Castanea sativa* (CS) e *Pinus pinaster* (PP) e duas, embora com menor representatividade, evidenciam interesse silvícola, *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Pinus nigra* (PN). Na seleção das áreas de amostragem, procuraram-se características semelhantes no que respeita a topografia, litologia e clima, de modo a reduzir o efeito de outras variáveis e a melhor identificar as possíveis diferenças no armazenamento de C e N devidas à espécie florestal. Em cada povoamento, foram selecionados 15 locais ao acaso e colhido o material orgânico numa área de 0,49 m² por local. A colheita do material 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 frações: agulhas ou folhas, pinhas ou ouriços e ramos. Nos mesmos locais, foram colhidas amostras de solo nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. As concentrações de C e N foram determinadas em todas as amostras (horizontes orgânicos e minerais) e convertidas em massa por unidade de área. A massa de C por unidade de área segue a sequência $PN > PM > CS > PP$, mantendo as espécies PM e PP a mesma tendência para o N que segue a sequência $CS > PM > PN > PP$. As espécies PM e CS armazenam quantidades idênticas de C e N, sendo que cerca de 90% da quantidade destes elementos se encontra nos horizontes minerais do solo. Nas espécies PN e PP o contributo dos horizontes orgânicos é mais expressivo na retenção destes elementos.

Palavras-chave: espécies florestais, horizontes orgânicos e minerais, carbono, azoto

Abstract: The organic and mineral horizons of forest soils are highly important in carbon (C) and nitrogen (N) storage. However, knowledge of the effects of the forest species on these elements fixation is still scarce, particularly in Portugal. In order to contribute to this knowledge, a study was carried out in four pure forest stands installed in the 40s in Serra da Padrela, near Vila Pouca de Aguiar. Two of the species have high representation in the North of the country, *Castanea sativa* (CS) and *Pinus pinaster* (PP) and two, albeit their smaller representation, have interest to forestry, *Pseudotsuga menziesii* (PM) and *Pinus nigra* (PN). When selecting the sampling areas, similar characteristics were sought with respect to topography, lithology and climate, so as to reduce the effect of other variables and better identify the differences in the C and N storage due to forest species. In each stand, 15 sites were selected at random and organic material was collected in an area of 0.49 m² per site. Organic material collection obeyed morphological criteria, having been separated in layers L, F and H. Layers L and F were, in turn, separated into three fractions: needles or leaves; pinecones or husks; and branches. In the same locations, soil samples were taken at 0-10 and 10-20 cm depths. Concentrations of C and N were determined in all samples (organic and mineral horizons) and converted to mass per unit area. The C mass per unit area follows the sequence $PN > PM > CS > PP$ while the species PM and PP maintain the same tendency as N, following the sequence $CS > PM > PN > PP$. The species PM and CS stored identical quantities of C and N, and about 90% of this amount is found in soil minerals horizons. In

PN and *PP* species, the contribution of organic horizons is more significant in the retention of these elements.

Keywords: forest species, organic and mineral horizons, carbon, nitrogen

1. INTRODUÇÃO

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 os ciclos do carbono (C) e azoto (N). Para compreender a dinâmica do C é também necessário compreender a dinâmica do N. Frequentemente o N constitui um fator limitante em sistemas florestais, pelo que o seu estudo pode fornecer informação importante sobre o ecossistema como fonte ou reservatório de C (De Vries *et al.*, 2006). Os resíduos orgânicos acumulam-se à superfície do solo formando as camadas orgânicas designadas globalmente por horizonte orgânico, e que no seu desenvolvimento máximo compreende três subhorizontes: L, F e H (Ranger and Bonneau, 1984). O subhorizonte L é constituído por material fresco levemente descolorido (Wesemael, 1993) morfologicamente intacto com idade até dois ou mais anos conforme as espécies (Toutain *et al.*, 1988). Constitui a maior fonte de reservas orgânicas do solo. O subhorizonte F é a zona imediatamente subjacente constituindo uma camada de fermentação (Ranger and Bonneau, 1984). Os materiais orgânicos estão parcialmente decompostos, mas suficientemente bem preservados permitindo a identificação da sua origem (Pritchett and Fisher, 1987). Normalmente os resíduos orgânicos estão aderentes uns aos outros por intermédio de filamentos micélicos das micorrizas (Toutain *et al.*, 1988) e apresentam dejetos de animais à superfície (Wesemael, 1993). Finalmente, o subhorizonte H compreende material orgânico amorfo com muitos excrementos da fauna do solo e micorrizas (Wesemael, 1993). Apresenta baixa coerência e transição gradual para o horizonte mineral superficial (horizonte A) (Toutain *et al.*, 1988), contendo considerável quantidade de matéria mineral (Pritchett and Fisher, 1987). A instalação de povoamentos florestais puros produz diversos efeitos ao nível dos ecossistemas, incluindo os padrões espacial e temporal de produção de raízes, a qualidade e quantidade de biomassa, atividade microbiana e dinâmica do C e N no solo (Steinaker and Wilson, 2005). Com o presente trabalho, pretende-se estudar o armazenamento de C e N nos horizontes orgânicos e minerais do solo sob povoamentos florestais puros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em povoamentos adultos de quatro espécies florestais, duas com elevada representação na região norte do país, *Castanea sativa* (CS) e *Pinus pinaster* (PP) e duas com menor representatividade mas com interesse silvícola – *Pseudotsuga menziesii* (PM) e *Pinus nigra* (PN). Os povoamentos localizam-se na Serra da Padrela, N. de Portugal, 41°29'24"N e 7°36'43"W, maioritariamente entre os 800 e os 900m de altitude, exposição SW a W e declives

variáveis entre 10% (*PN*) e 40% (*PM*). 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 1381 mm 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 (1998) e com os estudos realizados no campo, em todos os casos, estamos em presença de solos integrados na unidade Umbrissolos húmicos de xistos e rochas afins. Os povoamentos foram instalados em áreas ocupadas por matos e exemplares dispersos de *Quercus pyrenaica*. Foram sujeitos a limpezas e desbastes, mas não existem registos de quando e como foram realizados. Trata-se de povoamentos puros regulares com cerca de 60 anos de idade e, de um modo geral, as árvores exibem fustes direitos, boa desramação natural e bons crescimentos. Na seleção das áreas de amostragem (povoamentos), procuraram-se características semelhantes no que respeita a topografia, litologia e clima, de modo a reduzir a interferência de outras variáveis e a melhor identificar as possíveis diferenças no armazenamento de C e N devidas ao tipo de coberto florestal. Em cada povoamento foram selecionados, de forma aleatória, 15 locais de amostragem, onde se procedeu à recolha do material orgânico numa área de 0,49 m² por local. Cada amostra foi subdividida segundo os critérios morfológicos em L - resíduos orgânicos intactos; F - resíduos orgânicos em estado de decomposição mais ou menos avançado; H - correspondente à incorporação da matéria orgânica com o horizonte mineral subjacente. As camadas L e F foram separadas em 3 frações: agulhas ou folhas, pinhas ou ouriços e ramos. Assim, o horizonte orgânico ficou subdividido em 7 subhorizontes: L_{agulhas} ou L_{folhas}; L_{pinhas} ou L_{ouriços}; L_{ramos}; F_{agulhas} ou F_{folhas}; F_{pinhas} ou F_{ouriços}; F_{ramos} e H, de acordo com as espécies coníferas e caducifólias. Posteriormente, agruparam-se 3 a 3 as amostras de cada um dos subhorizontes, perfazendo 5 amostras por subhorizonte, num total de 35 amostras por espécie. Estas amostras de horizonte orgânico foram pesadas após secagem a 65°C até peso constante e moídas em moinho de facas. Nos mesmos locais, foram 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 C e N foram determinadas em todas as amostras (horizontes orgânicos e minerais) e convertidas em massa por unidade de área. O tratamento estatístico dos dados baseou-se em análises de variância e testes de comparação múltipla de médias (Tukey, 5%) para as variáveis em análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de resíduos orgânicos acumulados à superfície do solo (horizontes orgânicos) é significativamente superior para a espécie *PN* (59,3 t ha⁻¹), seguida das espécies *PM* (33,0 t ha⁻¹) e *PP* (23,5 t ha⁻¹) e por último a espécie *CS* (16,6 t ha⁻¹) (Figura 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) e com o ritmo de acumulação de pinhas (elevado para a espécie *PN*). Como os horizontes orgânicos do solo têm um papel relevante no armazenamento de C e N, o seu contributo tende a ser mais expressivo nas espécies *PN* e *PM* (Figura 2).

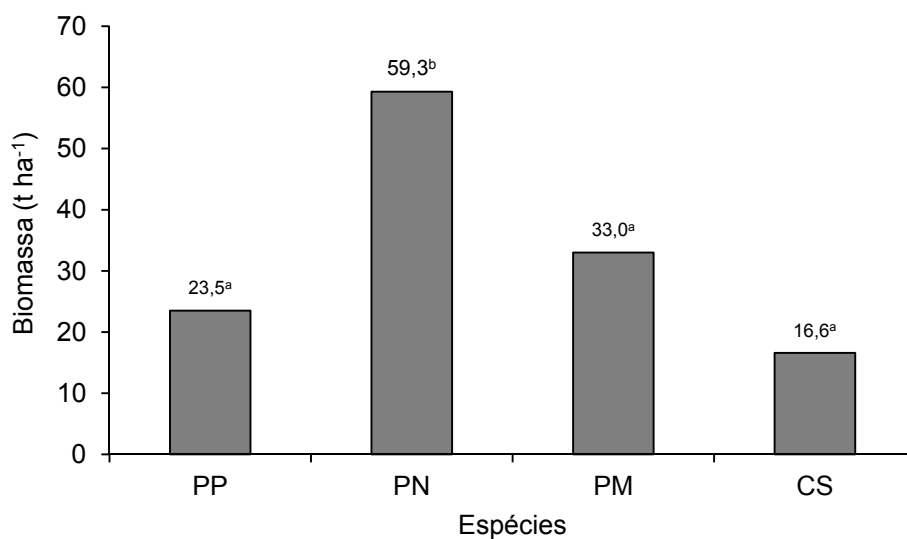


Figura 1. Biomassa total do horizonte orgânico nos povoamentos de *P. pinaster* (PP), *P. nigra* (PN), *P. menziesii* (PM) e *C. sativa* (CS). Médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Relacionado com o processo de humificação dos horizontes orgânicos, o armazenamento de C diminui de L para H, verificando-se comportamento inverso para o N (Figura 2). A fração folhas é a que mais contribui para o armazenamento de C e N, representando cerca de 70% e 60%, respetivamente, do total armazenado nos horizontes orgânicos das espécies PP e CS. Na espécie PN, a fração pinhas tem um papel relevante mostrando no caso do C valores muito similares aos encontrados para as folhas. As deficiências de N são frequentes em solos de climas frios onde este nutriente fica imobilizado nos horizontes orgânicos (Prescott *et al.*, 1993). A espécie PN mostra sempre os valores mais elevados e as espécies PM e CS os menores, comportamento que está essencialmente relacionado com as taxas de decomposição e com a quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos produzidos pelas diferentes espécies (Martins *et al.*, 1998; Guo *et al.*, 2008).

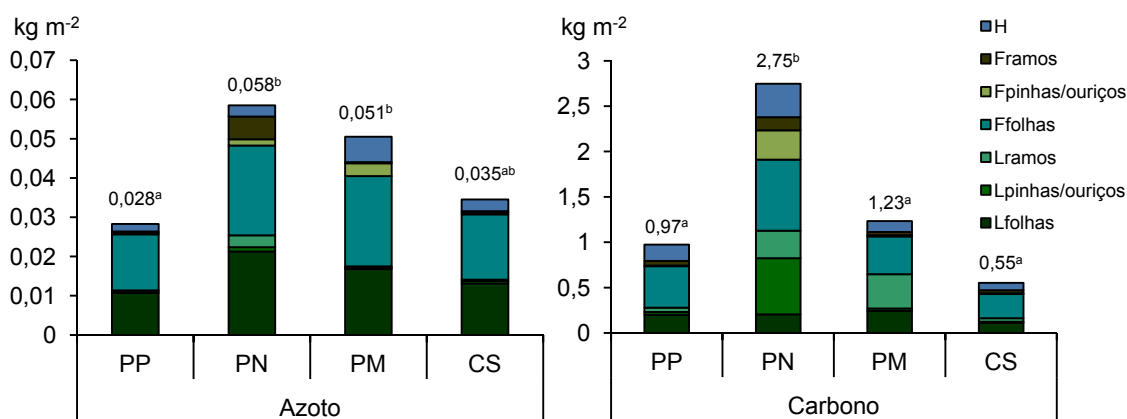


Figura 2. Armazenamento de C e N (kg m⁻²) nos horizontes orgânicos do solo, de acordo com as espécies. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Na profundidade 0-20 cm os teores de C variam de 3,0 kg m⁻² (PP) a 6.5 kg m⁻² (PN) e os de N de 0.22 kg m⁻² (PP) a 0.52 kg m⁻² (CS) (Tabela 1). Em todos os povoamentos os teores de C e N são ligeiramente mais elevados na camada superficial (0-10 cm) e com valores significativamente inferiores em PP comparativamente às restantes espécies. Vários estudos referem que um elevado número de compostos orgânicos do solo estão intimamente associados com as partículas minerais, variando a sua taxa de decomposição com a qualidade e distribuição dos componentes orgânicos que entram no sistema e ainda com as interações organo-minerais estabelecidas (Martins *et al.* 2007; Post and Kwon 2000; Zheng *et al.* 2008),

Tabela 1. Armazenamento de C e N nos horizontes minerais do solo, de acordo com a profundidade e as espécies. Para cada profundidade e variável, médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Profundidade (cm)	Espécie			
	PP	PN	PM	CS
Carbono (média ± desvio padrão (kg m ⁻²))				
0-10	1,7 ± 0,9 ^a	3,4 ± 0,2 ^b	2,8 ± 0,3 ^b	3,1 ± 0,6 ^b
10-20	1,3 ± 0,8 ^a	3,1 ± 0,6 ^b	2,4 ± 0,3 ^b	2,8 ± 0,7 ^b
Azoto (média ± desvio padrão (kg m ⁻²))				
0-10	0,12 ± 0,07 ^a	0,24 ± 0,03 ^b	0,24 ± 0,04 ^b	0,28 ± 0,06 ^b
10-20	0,10 ± 0,08 ^a	0,18 ± 0,04 ^b	0,22 ± 0,05 ^b	0,24 ± 0,03 ^b

Os horizontes orgânicos representam menos de 30% e 12% do total de C e N armazenado no sistema, respetivamente (Figura 3). A massa de C por metro quadrado de terreno é mais elevada em PN e mais baixa em PP. Os povoamentos de PM e CS apresentam quantidades similares. A espécie PP mantém os valores mais baixos para o N, mostrando as restantes espécies valores muito próximos. A razão C/N é sempre mais elevada para a espécie PN, indicando maior tempo de residência do C neste sistema.

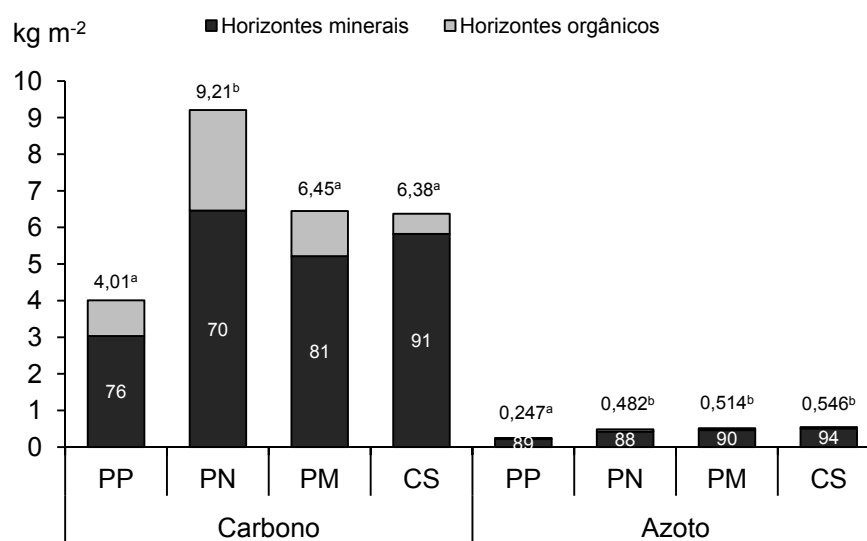


Figura 3. Armazenamento total de C e N nos horizontes do solo (números acima das barras em kg m⁻²), de acordo com as espécies. Os números no interior das barras indicam a percentagem de C e N armazenado nos horizontes minerais do solo. Médias seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

O conhecimento do armazenamento de C nos horizontes superficiais do solo de povoamentos florestais pode dar indicação do potencial de CO₂ libertado para a atmosfera quando nestes sistemas ocorrem perturbações (Bing *et al.*, 2006.; Zheng *et al.*, 2008; Fonseca *et al.*, 2012).

4. CONCLUSÕES

O armazenamento global de C e N é inferior na espécie *PP* e superior na espécie *PN*, contribuindo para este efeito quer o compartimento solo quer o compartimento horizonte orgânico. No povoamento de *CS* o compartimento solo armazena mais de 90% do total de C e N. Nos restantes povoamentos não vai além dos 80% no caso do C e de cerca de 90% no caso do N. Globalmente, as espécies *PM* e *CS* apresentam comportamento idêntico na retenção de C e N.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BING, K., SHIRONG, L., GUANGJUN, Z., JIANGUO, C., YUANGUANG, W., JIANGMING, M., WENFENG, H., 2006. Carbon accumulation and distribution in *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* mixed forest ecosystem in Daqingshan, Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica* **26**:1320-1329.
- DE VRIES, W., REINDS, G.J., GUNDERSEN, P., STERBA, H., 2006. The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration in European forests and forest soils. *Global Change Biol.* **12**: 1151–1173.
- FAO-UNESCO, 1988. Soil Map the World. Revised Legend. Roma.
- FONSECA, F., FIGUEIREDO, T., RAMOS, M.A.B., 2012. Carbon storage in the Mediterranean upland shrub communities of Montesinho Natural Park, northeast of Portugal. *Agroforestry Systems* **86**: 463-475.
- GUO, L.B., COWIE, A.L., MONTAGU, K.D., GIFFORD, R.M., 2008. Carbon and nitrogen stocks in a native pasture and an adjacent 16-year-old *Pinus radiata* D. Don. plantation in Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **124**: 205-218.
- 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.
- MARTINS A., AZEVEDO S., RAIMUNDO F., FONSECA F., 1998. Effect of forest tree species on litterfall and nutrient dynamics, soil properties and sustainability of forest ecosystems. In *Comunicações do International Symposium on Sustainability of Forest Ecosystems*, Catania, pp. 40-41.
- MARTINS, A., COUTINHO, J., COSTA, S., FONSECA, F., MADEIRA, M., 2007. A folhada de quatro povoamentos florestais no Norte de Portugal: Produção e concentração e quantidade de nutrientes devolvidos ao solo. *Revista de Ciências Agrárias* **30**: 199-214.
- POST, W.M., KWON, K.C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* **6**: 317-327.
- PRESCOTT, C.E., TAYLOR, B.R., PARSONS, W.F.J., DURALL, D.M., PARKINSON, D., 1993. Nutrient release from decomposing litter in Rocky Mountain coniferous forests: influence of nutrient availability. *Canadian Journal Forest Research* **23**: 1576-1586.

- PRITCHETT, W.L., FISHER, R.F., 1987. *Properties and Management of Forest Soils*. Second Edition. John Wiley & Sons, New York.
- RANGER, J., BONNEAU, M., 1984. Effets prévisibles de l'intensification de la production et des récoltes sur la fertilité des sols de forêt. Le cycle biologique en forêt. *Revue Forestière Française* **36** (2) : 93-111.
- STEINAKER, D.F., WILSON, S.D., 2005. Belowground litter contributions to nitrogen cycling at a northern grassland-forest boundary. *Ecology* **86**: 2825–2833
- TOUTAIN, F., DIAGNE, A., LETACON, F., 1988. Possibilités de modification du type d'humus et d'amélioration de la fertilité des sols à moyen terme en hêtraie par apport d'éléments minéraux. *Revue Forestière Française* **2** : 99-107.
- WESEMAEL, B.V., 1993. Litter decomposition and nutrient distribution in humus profiles in some mediterranean forests in southern Tuscany. *Forest Ecology and Management* **57**: 29-37.
- ZHENG, H., OUYANG, Z., XU, W., WANG, X., MIAO, H., LI, X., TIAN, Y., 2008. Variation of carbon storage by different reforestation types in the hilly red soil region of southern China. *Forest Ecology and Management* **255**:1113-1121.