

SILVA LUSITANA

Ano XVIII

Nº Especial

Dezembro de 2010

Florestas Mistas

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA

Avaliação da Produção Primária Líquida em Povoamentos Puros e Mistos de *Quercus pyrenaica* Willd. e *Pinus pinaster* L. no Distrito de Vila Real

Leónia Nunes*, **Marco Magalhães****, **Maria do Sameiro Patrício*****, **Jaime Sales Luís******, **Francisco Castro Rego******* e **Domingos Lopes*******

*Assistente

Escola Superior Agrária de Viseu/ISPV. Departamento de Produção Vegetal. Quinta da Alagoa, Estrada de Nelas – Ranhados, 3500-606 VISEU

**Colaborador

****Professor Associado

*****Professor Auxiliar

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Departamento Florestal. Quinta de Prados, Apartado 1013. 5001-801 VILA REAL

***Equiparada a Professora Adjunta

Centro de Investigação de Montanha – CIMO. Instituto Politécnico de Bragança. Escola Superior Agrária. Quinta de Sta. Apolónia, Apartado 1172, 5301-855 BRAGANÇA

***** Professor Associado c/Agregação

Centro de Ecologia Aplicada "Prof. Baeta Neves". Instituto Superior de Agronomia. Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

Sumário. Com este trabalho procurou-se quantificar a Produção Primária Líquida (PPL) de povoamentos puros e mistos de *Pinus pinaster* e de *Quercus pyrenaica*. A quantificação baseou-se em parcelas de amostragem do último Inventário Florestal Nacional (IFN) localizadas exclusivamente no distrito de Vila Real. Deste trabalho resultou, pela primeira vez, a avaliação de valores de PPL, logo a possibilidade de quantificar a capacidade que estes ecossistemas têm em fixar carbono. Procedeu-se à comparação entre a *performance* dos povoamentos puros e mistos. Os resultados obtidos apontam para uma maior potencialidade produtiva dos povoamentos mistos, comparativamente aos povoamentos puros, ainda que não estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Fixação de carbono; produtividade

Assessment of Net Primary Production in Pure and Mixed Stands of *Quercus pyrenaica* Willd. and *Pinus pinaster* L. in Vila Real District

Abstract. With this study we quantified Net Primary Production (NPP) of *Pinus pinaster* and *Quercus pyrenaica* pure and mixed stands. This evaluation was based on sampling plots from the last National Forest Inventory and is exclusively located in the district of Vila Real. Results

from this study allowed the first NPP figures for these kind of forest stands, and thus the quantification of these ecosystems potential for sequestering carbon. Pure and mixed stands NPP figures were compared. The results pointed to a greater production potential of mixed stands, though not statistically significant.

Key words: Sequestered carbon; productivity

Évaluation de la Production Primaire Nette des Peuplements Purs et Mixtes de *Quercus pyrenaica* Willd. et *Pinus pinaster* L. dans le District de Vila Real

Résumé. Cette étude visait à quantifier la production primaire nette (PPL) des peuplements purs et mixtes de *Pinus pinaster* et *Quercus pyrenaica*. La quantification est basée sur les placettes d'échantillonnage du dernier Inventaire Forestier National et exclusivement situées dans le district de Vila Real. Le résultat de ce travail a permis d'établir, pour la première fois, les valeurs d'évaluation de PPL, et donc de quantifier la capacité de ces écosystèmes à fixer le carbone. Les performances des peuplements purs et mixtes ont été comparées. Les résultats indiquent une plus grande capacité de production des peuplements mixtes par rapport aux purs, mais non statistiquement significative.

Mots clés: Absorption du carbone; productivité

Introdução

De acordo com GOBAKKEN e NAESSET (2002), as comunidades vegetais naturais são normalmente constituídas por misturas de espécies e as florestas não são exceção. Mesmo as florestas de produção mais intensiva, que numa fase inicial são plantadas em monocultura, frequentemente são invadidas por outras espécies arbóreas. LUÍS e MONTEIRO (1998), acrescentam que na natureza os ecossistemas florestais tendem a ser constituídos por uma mistura de espécies ao nível do sub-bosque, dos estratos intermédios e não só dos estratos arbóreos como referiam os autores anteriormente citados.

Em Portugal Continental, os ecossistemas florestais são, na sua maioria, constituídos por árvores de uma única espécie, que se definem como povoamentos puros. Segundo dados do Inventário Florestal Nacional de 2006 (IFN, 05/06), a área ocupada por povoamentos puros em Portugal Continental é de 2 253,8 mil ha (79,4% da área florestal por tipo de povoamento)

face aos 587,5 mil ha de área ocupada por povoamentos de diferentes espécies, povoamentos mistos (20,6%), com maior representação na região do Alentejo (35,4%) seguido da região Norte (23,1 %) (DGRF, 2007). Este padrão não é exclusivo de Portugal, dado que valores apresentados pela FAO (FAO, 2001) indicam que 35% da madeira mundial em toro é proveniente de sistemas geridos em monoculturas, prática dominante das plantações mundiais. Já em 1996, MONSERUD e STERBA indicavam que os dados do Inventário Florestal da Alemanha na década de 90 referiam que 41% da sua floresta era mista, sendo o conceito de misto, neste contexto, definido como o povoamento florestal que apresenta mais de 10% do volume de pelo menos mais uma espécie para além da dominante. Ainda segundo os mesmos autores, no caso da Áustria, e com base nos dados do respectivo Inventário Florestal Nacional, 36% dos povoamentos eram mistos, sendo neste caso considerado como mistos os povoamentos de resinosas, em que pelo menos 20% das espécies que o

constituíam são folhosas ou vice-versa. Este valor aumentaria bastante se fossem considerados os casos de povoamentos mistos apenas de resinosas ou apenas de folhosas. Na década seguinte, BATERLINK (2000) indicava que a área ocupada por povoamentos mistos na Europa tem vindo a aumentar significativamente e que a investigação e monitorização destes povoamentos não têm acompanhado a importância do acréscimo de área e a importância ecológica destes povoamentos.

Pesquisas efectuadas apontam vantagens que poderão ser obtidas através da utilização de árvores de diferentes espécies em substituição dos povoamentos puros (LUÍS, 1997; KELTY, 2006; GONÇALVES *et al.*, 2008). Os povoamentos mistos caracterizam-se pela distribuição espacial das árvores ao longo de diversos andares de acordo com a sua capacidade de utilização da estação, permitindo interacções ecológicas efectivas entre elas (LUÍS, 1997). Acresce referir que os povoamentos mistos são um elemento chave na manutenção da biodiversidade e têm um papel importante no processo de redução das emissões dos gases de efeito de estufa, dada a função de reservatório de armazenamento de carbono (EMMANUEL e KILLOUGH, 1984; WOODWELL, 1987; ODUM, 1988; GOWER *et al.*, 1997). A sua importância não resulta apenas da maior diversidade de espécies que integra mas principalmente em resultado da maior diversidade de habitats que proporciona (CHEN e KLINKA, 2003). Segundo os mesmos autores, os povoamentos mistos, entre outras vantagens, apresentam uma maior resiliência a distúrbios naturais, facto que pode ser de primordial importância num contexto de alterações

globais como as que actualmente se fazem sentir, e onde, por exemplo, a problemática do nemátodo do pinheiro-bravo adquiriu uma relevância extrema para a fileira florestal Portuguesa.

Segundo KELTY (2006), a elevada produtividade dos povoamentos mistos foi encontrada nas situações onde se verificaram interacções de complementaridade e facilitação entre as espécies. A complementaridade consiste na combinação de espécies que diferem em características que se complementam em conjunto, no uso dos recursos ou boa capacidade de combinação ecológica e que surge do desenvolvimento de um coberto estratificado. Estas características complementares estão relacionadas com a tolerância à sombra, taxas de crescimento em altura, estrutura de copas, tipologia foliar e profundidade e arquitectura das raízes (KELTY, 1992). A facilitação consiste no benefício de uma espécie associado ao crescimento de outra espécie. Este benefício tem sido observado com a consociação de espécies fixadoras de azoto e espécies não fixadoras produtoras de madeira de qualidade, desde que combinado a utilização dos recursos complementares.

Os objectivos da instalação dos povoamentos mistos relacionam-se com a combinação de espécies, onde as suas interacções específicas resultem numa maior produção do povoamento ou da árvore individual relativamente à situação em povoamento puro, e desta forma possibilitam a obtenção de rendimentos da exploração em diferentes espécies ou diferentes rotações (KELTY, 1992).

Os estudos relativos aos povoamentos constituídos por várias espécies têm como objectivo analisar se da mistura de espécies resultam maiores produções ou

outros benefícios do que em monocultura. De acordo com GOBAKKEN e NÆSSET (2002), os constrangimentos no estudo dos povoamentos mistos resultam da dificuldade em encontrar povoamentos puros das espécies arbóreas envolvidas, que permita uma comparação face aos povoamentos mistos, assim como a dificuldade que pode resultar dessa comparação em isolar fontes de variação que não introduzam complexidade e entropia ao estudo.

Para Portugal Continental, estudos que quantifiquem a produtividade são importantes face à escassez de informação nesta área. Neste sentido, foram analisados povoamentos puros de *Quercus pyrenaica* e povoamentos mistos com *Pinus pinaster* no Norte de Portugal, onde se procedeu à quantificação da produtividade primária líquida destes ecossistemas florestais. O trabalho tem o mérito de analisar florestas naturais, isto é, áreas em que os dispositivos em análise não foram instalados com o fim específico de comparar produtividades, e onde a gestão privada, ou a ausência dela, se faz sentir sem qualquer tipo de interferência.

Métodos

Para este trabalho, foram utilizados valores das medições dendrométricas de 40 parcelas de amostragem circulares de 500 m², do Inventário Florestal Nacional de 2005/2006 (15 parcelas de povoamentos puros de *Pinus pinaster* L, 15 parcelas de povoamentos puros de *Quercus pyrenaica* Willd. e 10 parcelas de povoamentos mistos de *Quercus pyrenaica* Willd. com *Pinus pinaster* L.), distribuídas por vários concelhos do distrito de Vila Real (Figura 1).

Seguidamente, foram feitas novas

medições de variáveis dendrométricas como o diâmetro à altura do peito (dap) e altura total (h), em 2008 e 2009 e 1 verrumada na árvore média em 2008. O dap foi medido em dois momentos temporais em cada ano.

Com base nos dados de campo, e seguindo a metodologia descrita em LOPES *et al.* (2009), estimou-se a produtividade dos povoamentos florestais analisados, através da equação 1, e procedeu-se à partição desta produtividade pelas diferentes componentes do ecossistema (arbórea, matos e folhada).

$$PPL = \Delta B + \text{Perdas} \quad (\text{Equação 1})$$

em que ΔB representa o acréscimo de biomassa no estrato arbóreo, no período de tempo considerado (2006 a 2009), e inclui ainda o crescimento em biomassa do subcoberto, no mesmo período de tempo (WARING *et al.*, 1998).

A biomassa da componente arbórea foi estimada com base nas medições do diâmetro à altura do peito (d) de todas as árvores das parcelas de amostragem (2006, 2008 e 2009) e com a aplicação de equações de biomassa ajustadas para as várias componentes da árvore, nomeadamente equações para *Quercus pyrenaica* (equação 2, 3 e 4) ajustadas por CARVALHO (2003) e equações para *Pinus pinaster* (equação 5, 6 e 7) ajustadas por LOPES (2005).

Os dados dos matos foram obtidos em 2008, com pesagem em verde e seca para a obtenção do peso seco total (ton.ha⁻¹), numa sub-amostra de 1 m². Os dados da folhada foram recolhidos a cada 3 meses durante o ano de 2009, numa sub-amostra de 40 x 60 cm, com pesagem em verde e seca para a obtenção do peso seco total (ton.ha⁻¹.ano⁻¹).

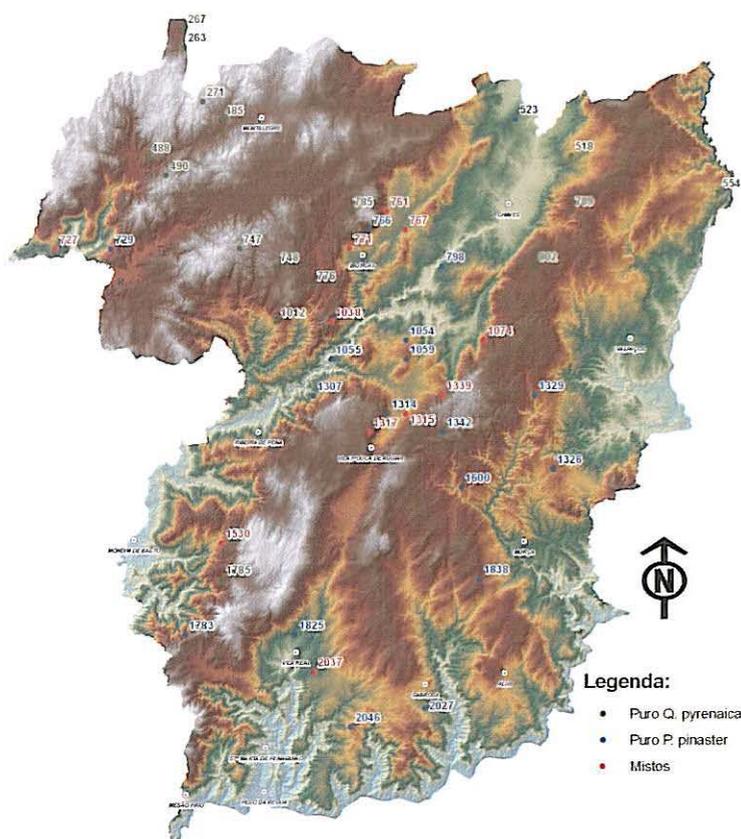


Figura 1 - Localização da área de estudo e das parcelas de amostragem analisadas

<i>Quercus pyrenaica</i> (Qp):	equações de biomassa (CARVALHO, 2003)		
B_{copa}	$\text{Log}(B) = -14,246 + 2,248 \text{Ln}(d^2 \times h) - 1,972E^{-2} \times (lcl \times h)$		(Equação 2)
B_{tronco}	$\text{Ln}(B) = -3,323 + 0,950 \text{Ln}(d^2 \times h)$		(Equação 3)
B_{raizes}	$B = (B_{copa} + B_{tronco}) \times 0,3065$		(Equação 4)
<i>Pinus pinaster</i> (Pb):	equações de biomassa (LOPES, 2005)		
B_{copa}	$\text{Log}(B) = 2,911 + 2,130 \text{Log}(d)$	$R^2 = 0,765$	(Equação 5)
B_{tronco}	$\text{Log}(B) = 3,769 + 2,706 \text{Log}(d)$	$R^2 = 0,986$	(Equação 6)
B_{raizes}	$\text{Log}(B) = 1,972 + 1,221 \text{Log}(d)$	$R^2 = 0,937$	(Equação 7)

B - biomassa, B_{copa} - biomassa da copa, B_{tronco} - biomassa do tronco, d - diâmetro à altura do peito (cm para *Quercus pyrenaica* e m para *Pinus pinaster*), h - altura total (m), lcl - comprimento da projecção da copa (m^2)

Resultados

Pela análise da evolução das variáveis dendrométricas e de densidade nos povoamentos mistos referente ao período de medições (Quadro 1), verifica-se que houve intervenção e, portanto redução de densidade. Desta forma, é possível quantificar os desbastes.

Após a estimativa da PPL nas parcelas em estudo, efectuou-se uma comparação dos resultados de modo a identificar as situações de diferente produtividade e para comparar a produtividade média dos povoamentos puros e mistos.

Os resultados da PPL total, apresentados no Quadro 2, indicam uma PPL média de 14.094 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ para os povoamentos mistos de Qp x Pb face

aos 12.387 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ nos povoamentos puros de Qp e 12.259 ton.ha⁻¹.ano⁻¹ nos povoamentos puros de Pb. Numa análise simplista dos dados, verifica-se desde logo uma maior produção dos povoamentos mistos, comparativamente aos povoamentos puros. Em simultâneo, a heterogeneidade dessa produtividade é também bem mais elevada nos povoamentos mistos do que nos puros, como se pode verificar pela análise do desvio padrão.

Com o objectivo de avaliar se a PPL nos povoamentos puros é estatisticamente diferente da PPL avaliada para os povoamentos mistos, efectuou-se uma análise de variância (ANOVA), conforme Quadro 3.

Quadro 1 - Evolução do diâmetro médio (d_g) e número de árvores por hectare (N)

VD	ano	Misto Qp x Pb	
		Qp	Pb
d_g (cm)	2006	18,4	27,8
	2009	19,5	29,2
N (árv. ha ⁻¹)	2006	272	286
	2009	276	232

Quadro 2 - Descrição estatística da composição dos povoamentos em estudo¹

PPL total (ton ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Misto Qp x Pb	Puro Qp	Puro Pb
Máximo	25,153	22,236	18,123
Média	14,094	11,752	11,720
Mínimo	3,577	5,206	7,086
Desvio padrão	7,309	4,101	3,532

¹ Misto Qp x Pb – povoamento florestal misto constituído por *Quercus pyrenaica* com *Pinus pinaster*; Puro Qp – povoamento florestal puro constituído por *Quercus pyrenaica*; Puro Pb – povoamento florestal puro constituído por *Pinus pinaster*

Quadro 3 – ANOVA referente à PPL entre os povoamentos mistos e puros

	SQ	gl	MQ	F	Valor P
Entre grupos	28,342	2	14,171	0,579	0,565
Dentro dos grupos	880,766	36	24,466		
Total	909,109	38			

Com base no valor de probabilidade (Quadro 3) e para um nível de significância de 5%, pode afirmar-se que não há diferenças significativas na PPL entre os povoamentos mistos, os povoamentos puros de *Quercus pyrenaica* e os povoamentos puros de *Pinus pinaster*. Ainda que os valores médios sejam diferentes, e mais elevados para os povoamentos mistos, a heterogeneidade de situações encontradas não permite afirmar que essa diferença é estatisticamente significativa. Os resultados porventura poderiam ser diferentes se os dispositivos a monitorizar fossem implantados para acompanhamento específico deste estudo e não próximos de uma floresta natural não intervencionada ou intervencionada sem seguir as boas práticas florestais. Contudo, os resultados obtidos já apontam alguns resultados interessantes.

Povoamentos mistos

Para uma melhor compreensão da distribuição da PPL pelos diferentes componentes nos povoamentos mistos, efectuou-se a sua partição, conforme Quadro 4. Através da análise do Quadro 4, a PPL distribui-se, em média, por 51,5% nos matos, 44,2% na folhada, 2,5% na *Pinus pinaster* e 1,8% na *Quercus*

pyrenaica. Constata-se que as componentes tradicionalmente não contabilizadas nos inventários florestais e que teoricamente não apresentavam valor económico são as mais relevantes na quantificação da PPL. Sublinhe-se que estas conclusões não se reportam a stocks de carbono, porque nessa situação as componentes arbóreas continuariam a ter um valor mais relevante, pois a PPL apenas traduz dinâmicas de crescimento.

Numa fase posterior, analisou-se o comportamento da componente arbórea na distribuição do acréscimo da biomassa pelos diferentes componentes da árvore (Figura 2). Esta análise torna-se relevante para que os gestores dos espaços florestais compreendam que a afectação da biomassa aportada a qualquer componente da árvore é específica, já que o período de retenção do carbono fixado será diferente em cada um deles. Assim, os 1,8% de PPL presentes na *Quercus pyrenaica* em composição mista estão distribuídos de forma muito semelhante pelas três componentes da árvore (copa, tronco e raiz), conforme Figura 2A. Para a *Pinus pinaster* verifica-se que é essencialmente no tronco que se acumula a maior percentagem de carbono fixado pela espécie (62%) (Figura 2 B).

Quadro 4 – Partição percentual da PPL total pelos diferentes componentes dos povoamentos mistos

Misto Qp x Pb	Qp	Pb	Matos	Folhada
Máximo	0,056	0,091	0,892	0,764
Média	0,018	0,025	0,515	0,442
Mínimo	0,001	0,005	0,192	0,016
Desvio padrão	0,018	0,032	0,206	0,215

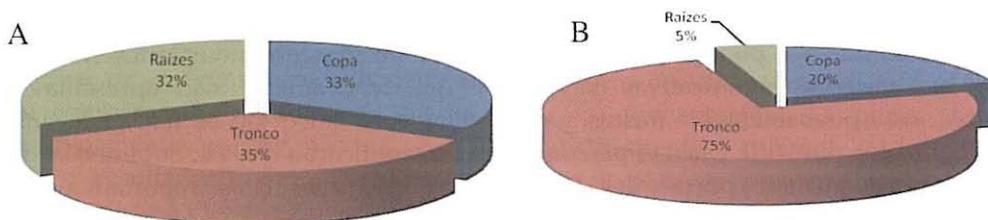


Figura 2 - Percentagem de PPL para os diferentes componentes da espécie de *Quercus pyrenaica* (situação A) e *Pinus pinaster* (situação B) presentes nos povoamentos mistos analisados

Povoamentos puros de *Quercus pyrenaica*

Seguindo um procedimento análogo ao efectuado para a análise dos povoamentos mistos, também na análise da produtividade dos povoamentos puros de Quercíneas se procedeu à partição da PPL total (Quadro 5).

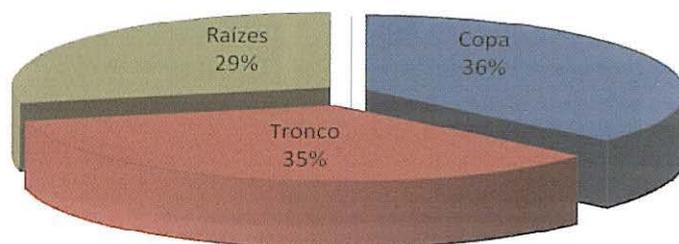
Da análise do Quadro 5 verifica-se que a folhada é a componente que mais contribui para a PPL, com 51,3%, e a que menos contribui é a componente arbórea. Mais uma vez se reforça a ideia de que os dados reportam a dinâmicas de crescimento e não valores de *stock* actual. Os matos mantêm uma importância relativa bastante elevada, indicador da biodiversidade destes ecossistemas e da importância que o estrato deverá assumir em estudos posteriores, não só de

acompanhamento mais efectivo que permita compreender dinâmicas de crescimento, bem como aprofundamento das valências ecológicas que dele dependem.

Na análise posterior do estrato arbóreo e tendo em conta a distribuição do acréscimo de biomassa pelos diferentes componentes para os quais se dispõe de informação, em termos genéricos, a PPL arbórea está distribuída de forma muito semelhante pelos 3 componentes da árvore: raízes, copa e tronco (Figura 3). Isto significa que uma grande percentagem do carbono fixado fica armazenado em componentes onde o período de retenção é elevado, em especial raízes, tronco e todas as estruturas lenhificadas da copa.

Quadro 5 - Partição da PPL total pelos diferentes componentes dos povoamentos puros de Qp

Puro Qp	Qp	Matos	Folhada
Máximo	0,195	0,783	0,754
Média	0,035	0,453	0,513
Mínimo	0,002	0,224	0,209
Desvio padrão	0,050	0,161	0,173

**Figura 3** - Percentagem de PPL para os diferentes componentes da espécie de *Quercus pyrenaica* presentes nos povoamentos puros analisados

Povoamentos puros de *Pinus pinaster*

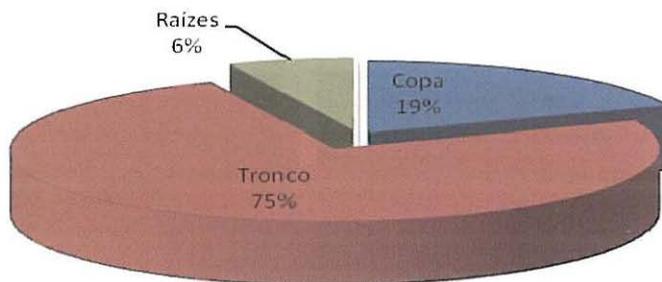
Finalmente, para os povoamentos puros de pinheiro-bravo, a componente do ecossistema que mais contribui para a PPL é a folhada em 51,9% (Quadro 6), situação já verificada nos povoamentos puros de *Quercus pyrenaica*. De igual forma, os matos mantêm uma importância elevada e na ordem de grandeza dos povoamentos puros de *Quercus pyrenaica*. A ideia inicialmente traçada na introdução de que mesmo os povoamentos puros naturalmente tendem a aumentar a biodiversidade e encaminhar-se para mistos começa a ter sinais indicadores dessa faceta.

Numa análise mais centrada apenas

na componente arbórea, a partição da PPL pelos diferentes componentes da árvore é apresentada na Figura 4. Verifica-se que é o tronco que mais contribui para a PPL da componente arbórea com 75%. Ainda que se assuma que o valor indicado para as raízes está subestimado, e esse facto está associado às equações de biomassa seleccionadas (outros estudos apontariam para valores mais elevados e poderão estar mais próximos do real valor dos ecossistemas), nesta espécie verifica-se que o acréscimo de biomassa é essencialmente afectado às componentes mais estáveis da árvores, logo aquelas onde o carbono mais tempo irá estar retido.

Quadro 6 - Partição da PPL total pelos diferentes componentes dos povoamentos puros de Pb

Puro Pb	Pb	Matos	Folhada
Máximo	0,082	0,696	0,830
Média	0,029	0,452	0,519
Mínimo	0,005	0,103	0,298
Desvio padrão	0,022	0,185	0,175

**Figura 4** - Percentagem de PPL para os diferentes componentes da espécie de *Pinus pinaster* presentes nos povoamentos puros analisados

Conclusões

Os resultados obtidos permitem constatar que os povoamentos mistos de *Quercus pyrenaica* e *Pinus pinaster* apresentam uma produtividade superior ao valor médio apresentado pelos povoamentos puros de ambas as espécies, respectivamente em 16,6% e 16,8%. Contudo, e apesar da média revelar valores superiores nos povoamentos mistos, a elevada heterogeneidade dos povoamentos em estudo não permite afirmar que há diferenças significativas entre os valores da PPL, resultado indicado pela ANOVA efectuada. Esta heterogeneidade é outra das conclusões a ressaltar, já que os dispositivos em análise se centram sobre florestas tecnicamente não intervencionadas e em que o desleixo e a natureza se encarregam de gerir. Isto

significa que os resultados obtidos podem ser aqueles que no futuro, com a crescente desertificação das áreas naturais e o seu abandono, se poderão verificar. Considera-se que as áreas de estudo em análise podem ser mais relevantes neste contexto do que a análise de dispositivos especificamente instalados para este tipo de estudo. Contudo essa abordagem poderá perceber qual a potencialidade máxima destes ecossistemas em fixar carbono, facto que não está em análise neste estudo específico. O ganho obtido com uma gestão cuidada destes povoamentos pode justificar um investimento acrescido nessa gestão. Daí que também esse tipo de estudos tenha de ser seguido em etapas posteriores.

Ainda que o estudo não tenha realizado análise específica e intensiva da biodiversidade dos ecossistemas em

estudo, é notório de que o estrato arbustivo é indicador que a biodiversidade destes ecossistemas é elevada, mesmo em situações de povoamento puro. Importa reforçar a importância em prosseguir com estudos de biodiversidade que permitam analisar e comparar outras valências dos ecossistemas florestais entre os povoamentos puros e mistos. Contudo, há sempre o risco de nestes estudos comparativos se centrar demasiado a atenção na análise de indicadores, que se traduzem por números, e de descurar uma análise do global que nem sempre tem essa tradução numérica. A diferenciação da paisagem entre os povoamentos puros e mistos, as potencialidades para uso múltiplo destes espaços, as alterações edáficas das diferentes abordagens, entre outros aspectos, são indiscutivelmente factores que devem completar esta informação e introduzem complexidade nestas abordagens. Trata-se por isso de uma etapa inicial que exige novos estudos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia o suporte financeiro do Projecto PTDC/AGR-CFL/68186/2006, "Florestas mistas. Modelação, dinâmica e distribuição geográfica da produtividade e da fixação do carbono nos ecossistemas florestais mistos em Portugal".

Bibliografia

BARTELINK, H.H., 2000. A growth model for mixed forest stands. *Forest Ecology and Management* **134**: 29-43.

CARVALHO, J.P., 2003. Uso da propriedade da aditividade de componentes de biomassa individual de *Quercus pyrenaica* Willd. com recurso a um sistema de equações não-linear. *Silva Lusitana* **11**: 141-152.

CHEN, H.Y.H., KLINKA, K., 2003. Aboveground productivity of western hemlock and western redcedar mixed-species stands in southern coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management* **184**: 55-64.

DGRF, 2007. *Inventário Florestal Nacional (IFN) - Apresentação de resultados*. <http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/politica-e-planeamento-florestal/infor-florestal/ifn-apresentacao-de-resultados> (consultado a 13-03-2008).

EMMANUEL, W.R., KILLOUGH, G.G., 1984. Modeling terrestrial ecosystems in the global carbon cycle with shifts in carbon storage capacity by land-use change. *Ecology* **65**: 970-983.

FAO, 2001. Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report. FAO Forestry Paper 140, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 479 pp.

GOBAKKEN, T., NÆSSET, E., 2002. Spruce diameter growth in young mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth B. *Pubescens* Ehrh.). *Forest Ecology and Management* **171**: 297-308.

GONÇALVES, A.C., DIAS, S.S., FERREIRA, A.G., 2008. Alterações de Composição e Estrutura dos Povoamentos Florestais. *Silva Lusitana* **16**: 111-124.

GOWER, S.T., VOGEL, J.G., NORMAN, J.M., KUCHARIK, C.J., STEELE, S.J., STOW, T.K., 1997. Carbon distribution and aboveground net primary production in aspen, jack pine and black spruce stands in Saskatchewan and Manitoba, Canada. *Journal of Geophysical Research* **102** (D24): 29,029-29,041.

KELTY, M.J., B.C. LARSON, and C.D. OLIVER (eds). 1992. The Ecology and Silviculture of Mixed-Species Forests. Forestry Sciences Book Series. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 325 pp.

- KELTY, M.J., 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management* **233**: 195-204.
- LOPES, D., 2005. *Estimating Net Primary Production in Eucalyptus globulus and Pinus pinaster Ecosystems in Portugal*. Doctor Thesis, Kingston University and Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 291 pp.
- LOPES, D.M., ARANHA, J.T., WALFORD, N., O'BRIEN, J., LUCAS, N., 2009. Accuracy of remote sensing data versus sources of information in *Eucalyptus globulus* Labill. and *Pinus pinaster* Ait. ecosystems in Portugal. *Canadian Journal of Remote Sensing* **35**(1): 37-53.
- LUÍS, J.F.S., 1997. *Ecologia, Silvicultura e Produção de Povoamentos Mistos*. Série Técnica-Científica nº 26, Ciências aplicadas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 74 pp.
- LUÍS, J.F.S., MONTEIRO, M.L., 1998. Dynamics of a broadleaved (*Castanea sativa*) conifer (*Pseudotsuga menziesii*) mixed stands in Northern Portugal. *Forest Ecology and Management* **107**: 183-190.
- MONSERUD, R.A., STERBA, H., 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even and uneven-aged forest stands in Austria. *Forest Ecology and Management* **80**: 57-80.
- SEYMOUR, R.S., HUNTER, M.L., 1999. *Principles of ecological forestry*. In: Hunter, M.L. (Ed.), *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 22-61.
- WARING, R.H., LANDSBERG, J.J., WILLIAMS, M., 1998. Net primary production of forests: a constant fraction of gross primary production? *Tree Physiology* **18**: 129-134.
- WOODWELL, G.M., 1987. Forests and climate: surprises in store. *Oceanus* **29**: 71-75.
- ODUM, E.P., 1988. *Fundamentos de ecologia*. 4ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa: 65-96; 403-403.