

SERÃO AS DENSIDADES DE PLANTAÇÃO DOS EUCALIPTAIS PORTUGUESES AS MAIS ADEQUADAS?

FERNANDA RIBEIRO*, PAULA SOARES**, MARGARIDA TOMÉ* & JOÃO PEDRO PINA***

* DEPARTAMENTO ENGENHARIA FLORESTAL, ISA, TAPADA DA AJUDA, 1399 LISBOA CODEX

** DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE CASTELO BRANCO, Q. S^a MÉRCULES, APARTADO 119, 6000 CASTELO BRANCO, PORTUGAL

*** STORA CELBI, QUINTA DO FURADOURO, 2510 AMOREIRA, ÓBIDOS, PORTUGAL

RESUMO

O objectivo deste trabalho é determinar o compasso que otimiza a produção (acrécimo médio anual máximo e a idade em que ocorre), quer em volume total, quer em volume mercantil com e sem casca. Foram utilizados dados recolhidos em dois ensaios de compassos de *Eucalyptus globulus* Labill. em 1^a rotação, estabelecidos pela empresa Stora Celbi. Para modelar a produção em volume, para diferentes compassos, ajustou-se uma função de Richards formulada como equação às diferenças, de assíntota e taxa de crescimento comuns, sendo esta última função multilinear da classe de qualidade e da interacção desta com o número de árvores à plantação por hectare. A análise da influência da densidade no padrão de crescimento em volume e no desenvolvimento dos acréscimos médio anual e corrente foi feita graficamente. Na simulação foram consideradas três diferentes classes de qualidade e todos os compassos presentes em ambos os ensaios. No intervalo de densidades testadas (500 a 5000 árvores por hectare) quer a produção quer o momento de corte são função da densidade e da classe de qualidade, associando-se às densidades mais elevadas maiores valores de volumes total e mercantil, assim como idades de corte precoces.

P.C.: *Eucalyptus globulus* Labill., 1^a rotação, produção, classe de qualidade, compasso.

SUMMARY

The purpose of this study is to find the spacing that optimises volume production (maximum annual increment and respective age) considering total and merchantable volume, over and under bark. The study was based on information from two spacing experiments of *Eucalyptus globulus* Labill. in 1st rotation established by Stora Celbi. The analysis of the density in the growth volume pattern and in the development of the mean and current annual volume increment was made graphically. In the simulations it was considered three different site indices and all the spacings observed in the both trials. The Richards function was selected to model volume growth, formulated as a difference equation, with common asymptote and growth rate, this last a multilinear function of site index and the interaction between the initial stand density and the site index. For the range of densities tested (500 to 5000 trees ha⁻¹) higher volume yields and an earlier rotation age are associated with the closer spacings.

K.W.: *Eucalyptus globulus* Labill., 1st rotation, production, site index, spacing.

INTRODUÇÃO

Os ensaios de compassos permitem o estudo da relação entre o desenvolvimento de povoamentos florestais e a densidade de plantação, fundamental para a definição de sistemas de silvicultura intensiva, cujo objectivo é a ocupação rápida da estação com exploração dos recursos disponíveis e maximização da produção visando, no entanto, uma gestão florestal sustentada. Em Portugal, os povoamentos de *Eucalyptus globulus* Labill. são instalados com densidades que oscilam entre as 1000 e as 1250 árvores por hectare, as quais, pelo facto de terem sido definidas empiricamente, justificam a importância da obtenção de resultados experimentais que mostrem os efeitos do compasso na produção.

Para determinar a densidade que otimiza a produção (acréscimo médio anual máximo e a idade em que ocorre), quer em volume total, quer em volume mercantil com e sem casca, utilizaram-se dados de dois ensaios: o ensaio do Alto do Vilão, instalado em Março de 1975 na Quinta do Furadouro (centro litoral) e abatido em Março de 1993 e o ensaio da Quinta do Paço, instalado em 1990 na Mata de S. Jerónimo (norte litoral). A amplitude de compassos ensaiados à plantação, no conjunto dos dois ensaios, varia entre as 5000 (2x1 m) e as 500 (5x4 m) árvores por hectare.

METODOLOGIA

O ensaio do Alto do Vilão consiste em dois blocos cada um com cinco parcelas de diferentes compassos (3x2 a 5x4), não tendo sido feita qualquer casualização das parcelas dentro do bloco. A área das parcelas e o número de árvores à plantação não são constantes mas dentro de cada uma foi delimitada uma parcela rectangular para medição, de forma a garantir pelo menos duas fiadas de árvores separando parcelas contíguas. As medições de rotina do ensaio foram efectuadas pela empresa a partir aproximadamente dos 6 anos, com uma periodicidade aproximadamente anual até à idade de corte, que ocorreu aos 18 anos.

O ensaio da Quinta do Paço é constituído por duas repetições de blocos com cinco parcelas cada de diferentes compassos (2x1 a 3x3), com casualização das parcelas dentro de cada bloco, embora a casualização tenha sido restringida à distribuição dos compassos 2x2 e 2x1. O número de árvores à plantação, por parcela, é constante resultando em parcelas de diferente área. A primeira medição deste ensaio foi realizada no final do 1º ano e a segunda com 2.5 anos; a partir daí o ensaio foi medido anualmente, sendo a última medição disponível correspondente a uma idade de 6.5 anos. O compasso 2x1, em ambos os blocos, apresentava na medição efectuada aos 5.5 anos percentagens de mortalidade natural superiores a 20%, o que parecia indicar que estes povoamentos se encontravam sobre a linha de auto-desbaste (WESTOBY, 1984).

As caracterizações dos locais de instalação dos ensaios assim como dos respectivos delineamentos podem ser observadas nas tabelas 1 e 2; mais detalhes sobre o delineamento destes ensaios podem ser consultados em TOMÉ (1989) e SOARES (1995).

Os volumes total e mercantil (com e sem casca) com diâmetro de despona de 6 cm da árvore individual foram estimados, para todas as medições, com equações de volume total e de volume percentual (TOMÉ e TOMÉ, 1994). A inexistência de cubagens rigorosas em parcelas com densidades tão elevadas como as verificadas na Quinta do Paço, e o facto de não se ter verificado influência do compasso na estimação dos volumes num estudo prévio efectuado para o Alto do Vilão (TOMÉ *et al.*, 1995), levou ao uso das mesmas equações independentemente do compasso considerado. Na utilização das equações de volume mercantil pressupôs-se a invariabilidade temporal da relação entre este e o volume total, uma vez que essas equações foram obtidas com árvores próximas da idade de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função de crescimento de Richards (RICHARDS, 1959) foi seleccionada para modelação do crescimento em volume (total e mercantil com e sem casca) sendo ajustada, a todo o conjunto de dados, nas suas diferentes formulações como equação às diferenças (BORDERS *et al.*, 1984); os parâmetros desta equação foram expressos como combinações de variáveis do povoamento - classe de qualidade, número de árvores plantadas por hectare e interacções entre estas variáveis.

A melhor formulação encontrada corresponde a um modelo de assíptota e taxa de crescimento comuns e com o expoente ajustável segundo valores iniciais. No entanto, o modelo melhorou significativamente quando a taxa de crescimento foi expressa como função multilinear da classe de qualidade e da interacção entre esta e a densidade inicial de plantação, independentemente da categoria de volume considerada.

O modelo resultante foi:

$$V_2 = A(V_1 / A)^{\frac{\log(1-e^{-kt_2})}{\log(1-e^{-kt_1})}} \quad (r^2=0.99)$$

em que: $k = k_0 + k_1 CQ + k_2 (Np \cdot CQ)$

Na tabela 3 encontram-se as estimativas dos parâmetros a utilizar para a estimação das diferentes categorias de volume. A dependência do parâmetro k em relação à densidade de plantação considera a inexistência de mortalidade associada à densidade, apesar de se ter observado no compasso 2x1 percentagens de mortalidade superiores a 20%. No entanto, a simulação de volumes com base no actual número de árvores vivas por hectare pressupõe o ajustamento de uma função de sobrevivência, mas a inexistência de um intervalo suficiente de idades para o referido compasso, levou a considerar-se somente nesta análise o número de árvores por hectare à plantação.

Estes modelos foram usados para analisar graficamente a influência da densidade no padrão de crescimento em volume e no desenvolvimento dos acréscimos médio anual e corrente, com o objectivo de definir o momento de corte. Nas simulações efectuadas consideraram-se três classes de qualidade definidas com base nos valores mínimo, médio e máximo existentes no conjunto dos dois ensaios. As simulações foram efectuadas para todos os compassos, mas perante a regularidade da relação densidade de plantação/crescimento em volume são apresentados apenas três compassos representativos de densidades baixas, médias e elevadas. O padrão de crescimento dos volumes simulados, independentemente da categoria considerada, para diferentes compassos e classes de qualidade mostra que o acréscimo médio anual máximo ocorre mais cedo para os compassos mais apertados e para as estações mais produtivas, o que pode ser apreciado nas figuras 1 e 2 para o volume total e volume mercantil sem casca, respectivamente. Observa-se também que as maiores diferenças em produção, quer em volume total quer em volume mercantil sem casca, estão associadas às estações de menor produtividade, enfatizando o efeito do número de árvores por hectare à plantação na idade em que se atinge o acréscimo médio anual máximo.

CONCLUSÕES

A exploração de povoamentos de *Eucalyptus globulus* para obtenção de madeira para pasta de celulose pressupõe a maximização do volume mercantil, não apresentando qualquer exigência em relação às dimensões do material lenhoso. Os resultados apontam para a utilização de compassos apertados, dentro do leque de classes de qualidade ensaiadas. No entanto, esta análise deve ser colmatada com uma análise económica que englobe não só os

custos de instalação e operações culturais, como também os custos de exploração (corte, recheia e transporte) e os custos associados à exploração das rotações subsequentes. O espaçamento das árvores na entre-linha deve ser encarado de modo a que não constitua uma limitação à utilização de máquinas ao longo do sistema de produção florestal da espécie.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o resultado da investigação desenvolvida no âmbito dos projectos: AIR2-CT93-1678 *Improvement of eucalypts management. An integrated approach: breeding, silviculture and economics.*; PAMAF-4025 *Influência do compasso no crescimento e produção de plantações de Eucalyptus globulus Labill. e Pinus pinaster Ait. em diferentes ambientes ecológicos.* À STORA CELBI, agradecemos a cedência dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. P. M. (1954). *Carta ecológica de Portugal*. Serviço Editorial da Repartição de Estudos, Informação e Propaganda, DGSA. Lisboa.

ALVES, A. A. M. (1988). *Técnicas de produção florestal*. 2ª Edição. INIC. Lisboa.

BORDERS, B. E.; R. L. BAILEY & K. D. WARE (1984). Slash Pine Site index from a Polymorphic Model by Joining (Splining) Nonpolynomial Segments with an Algebraic Difference Method, *Forest Science* 30: 411-423.

SOARES, P. (1995). *Competição intraespecífica em povoamentos de Eucalyptus globulus Labill.. Uma aplicação a índices de competição dependentes da distância*. Tese de Mestrado. ISA. Lisboa.

TOMÉ, J & M. TOMÉ (1994). Individual tree volume and taper estimation for Eucalyptus globulus Labill. in central Portugal. In: J.S Pereira & H. Pereira (eds.), *Eucalypts for Biomass Production - the State-of-the-art* 202-213. ISA, Lisboa.

TOMÉ, M. (1989). *Modelação do crescimento da árvore individual em povoamentos de Eucalyptus globulus (1ª rotação), região centro Portugal*. Tese Doutoramento. ISA. Lisboa.

TOMÉ, M.; A. FALCÃO; A. CARVALHO & A. AMARO (1995). A Global Growth Model for Eucalypt Plantations in Portugal, *Lesnictví-Forestry*, 41 (4):197-205.

TOMÉ, M.; F. RIBEIRO; P. SOARES; H. PEREIRA; I. MIRANDA & J. P. PINA (1995). Effect of Spacing on *Eucalyptus globulus* Fibre Yield and Quality. In: B. M. Potts, N. M. G. Borralho, J. B. Reid, R. N. Cromer, W. N. Tibbits & C. A. Raymond (eds.), Proc. CRC-IUFRO Conf. *Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality*, Hobart (CRC for Temperature Hardwood Forestry: Hobart): 60-63.

RICHARDS, F. (1959). A Flexible Growth Function for Empirical Use, *J. Exp. Bot.* 290-300.

WESTOBY, M. (1984). The Self-thinning Rule, *Advances in ecological research* 14:167-225.

Ensaio	Altitude e (m)	Zona ecológica ¹	Região de arborização ²	Distância Atlântico (km)	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)	Número dias de geada
A. Vilão	126	AM	III	10.	15.0-16.0	600-700	5-10
Q. Paço	160	A x AM	I	25.	12.5-15.0	1600-1800	30-40

¹ de acordo com Albuquerque (1954); A, atlântica; M, mediterrânica; ² de acordo com Alves (1988); I, basal atlântica; III, basal atlante-mediterrânica.

Tabela 1. Caracterização edafo-climática dos locais de instalação dos ensaios de compassos.

Ensaio	Compasso	Np (ha ⁻¹)	Área útil (m ²)			CQ (m)	Área útil (m ²)		
			Bloco I		CQ (m)		Bloco II		
Alto Vilão	3x2	1667	1584.	264		22.	2160.	360	21.
	3x3	1111	2160.	240	22.	2187.	243	22.	
	4x3	833	2160.	180	22.	2304.	192	23.	
	4x4	625	2016.	126	21.	2464.	154	22.	
	5x4	500	1600.	80	21.	2280.	114	24.	
Quinta Paço	2x1	5000	392.	196	27.	392.	196	27.	
	3x1	3333	588.	196	27.	588.	196	26.	
	2x2	2500	784.	196	28.	784.	196	27.	
	3x2	1667	1176.	196	26.	1176.	196	26.	
	3x3	1111	1764.	196	27.	1764.	196	26.	

Np, número de árvores à plantação; Área útil, área do ensaio usada na definição das variáveis dendrométricas, exclui a área de bordadura; CQ, classe de qualidade, calculada por interpolação para uma idade padrão de 10 anos (Alto do Vilão) ou estimada com base em Tomé *et al.* (1995) e ajustada com os dados em análise (Quinta do Paço).

Tabela 2. Caracterização dos ensaios de compassos do Alto do Vilão e da Quinta do Paço.

Parâmetros estimados	Variáveis independentes		
	Volume total	Volume mercantil com casca	Volume mercantil sem casca
A	457.3191010	431.5754327	357.2141529
k ₀	-0.1622534	-0.1890952	-0.1991174
k ₁	0.0119312	0.0135928	0.0139460
k ₂	0.0000007	0.0000009	0.0000009

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros para o modelo de crescimento seleccionado, considerando cada uma das categorias de volume em análise.

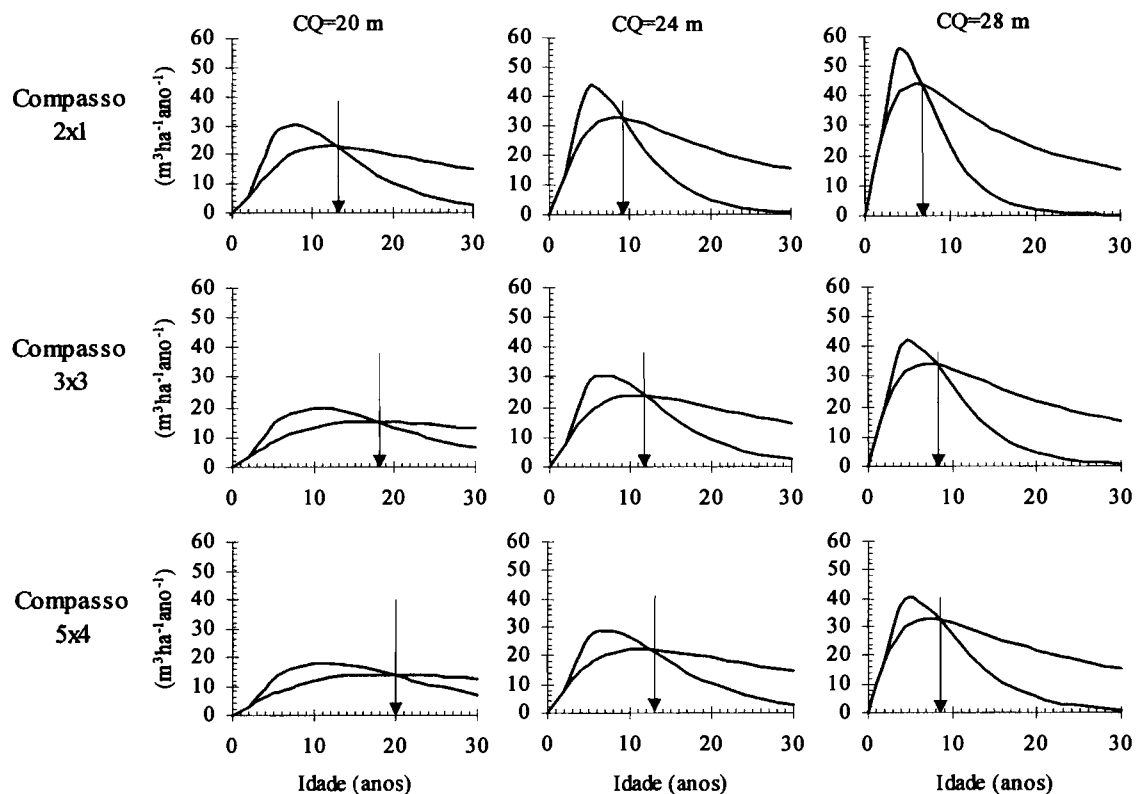


Figura 1. Simulação do acréscimo médio anual e corrente em volume total, considerando alguns dos compassos e classes de qualidade representativos dos ensaios.

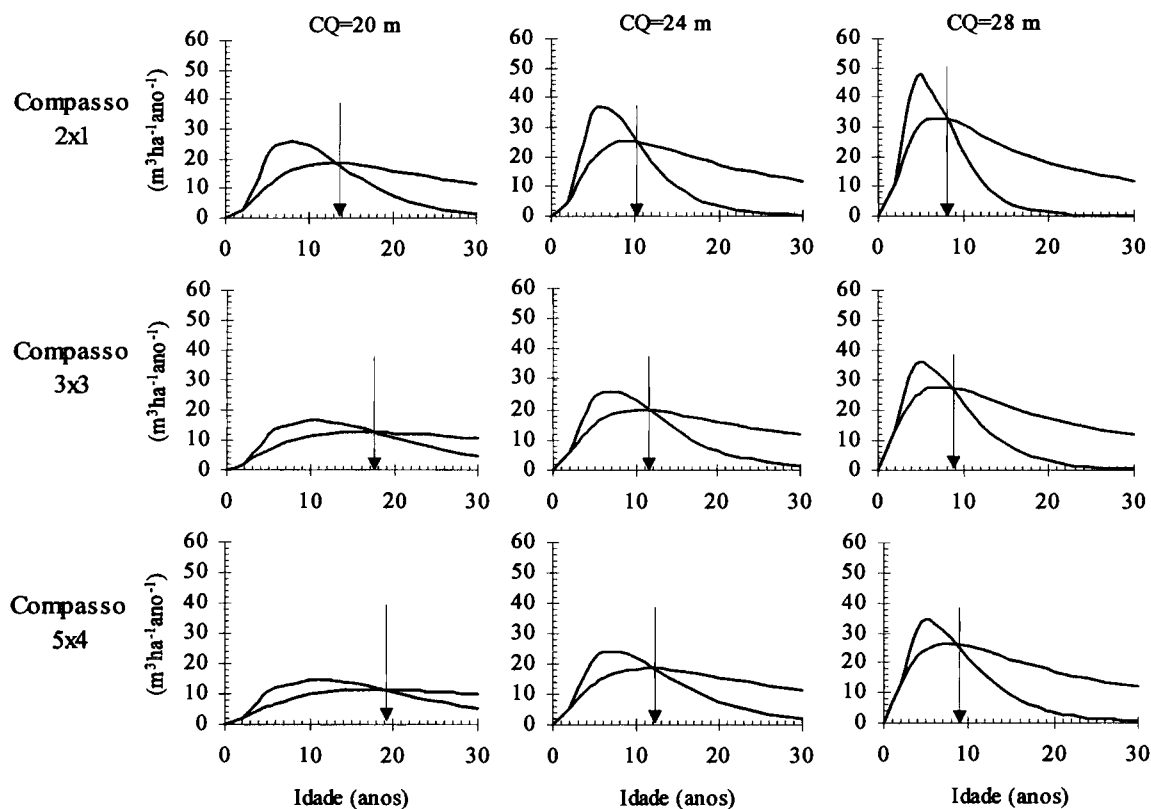


Figura 2. Simulação do acréscimo médio anual e corrente em volume comercial sem casca, considerando alguns dos compassos e classes de qualidade representativos dos ensaios.