

ESTUDO DA FORMA DAS ÁRVORES EM ENSAIOS DE PROVENIÊNCIAS DE *EUCALYPTUS GLOBULUS* LABILL. - INFLUÊNCIA NA ESTIMATIVA DO VOLUME TOTAL

M.R. CHAMBEL*; C. FARIA*; M.P. GUIMARÃES**; M.H. ALMEIDA.* & M. TOMÉ*

* DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, TAPADA DA AJUDA. 1399 LISBOA CODEX

** ACTUALMENTE NA PORTUCEL FLORESTAL. HERDADE DE ESPIRRA. PEGÕES

RESUMO

Trabalhos anteriores em ensaios de proveniências de *Eucalyptus globulus* Labill. com 6 anos sugeriram que a utilização da mesma equação de volume, em árvores pertencentes a subespécies e proveniências distintas, origina diferenças significativas na precisão dos volumes estimados.

Para verificar esta hipótese, utilizaram-se dados colhidos durante o abate da primeira rotação de um ensaio de proveniências desta espécie. O estudo foi realizado em 501 indivíduos de 10 proveniências distintas e em três locais representativos da área mais adequada para a espécie, em Portugal.

Os resultados sugerem que, embora o ajustamento de modelos individuais para cada proveniência permita uma maior precisão das estimativas do volume por hectare, os erros cometidos com a utilização de modelos gerais são, do ponto de vista da selecção de génotipos, bastante aceitáveis.

P.C.: *Eucalyptus globulus*, proveniências, estimação do volume, forma das árvores.

SUMMARY

Previous research in *Eucalyptus globulus* provenance trials suggested that the use of the same equation to predict volume of trees belonging to different sub-species or provenances could lead to significant differences in precision.

In order to verify this hypothesis, data were assessed during felling of the first rotation of a provenance trial of this species. This study was held on 501 individuals, belonging to 10 different provenances, in 3 sites representative of the most suitable area for the species in Portugal.

The results led to the conclusion that the use of models fitted individually for each provenance significantly reduces the residual variance. Nevertheless, the estimations made with general models are quite acceptable.

K.W.: *Eucalyptus globulus*, provenances, assessment of volume, tree form.

INTRODUÇÃO

O eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) é, em termos económicos, uma das espécies florestais mais importantes em Portugal, não só pela extensão da área que ocupa e pelas

elevadas produtividades que alcança, como também pela importância económica da produção a que dá origem, a pasta celulósica.

Estudos anteriores (Chambel *et al*, 1996) demonstraram que o principal factor condicionante do rendimento em pasta do eucalipto é o volume, pelo que esta deverá ser uma das principais características a ter em conta num programa de melhoramento desta espécie. Uma selecção eficiente de genótipos pressupõe que a avaliação do volume seja efectuada sem enviesamento, de forma a não privilegiar alguns indivíduos em detrimento de outros. Trabalhos anteriores em ensaios de proveniências de *Eucalyptus globulus* Labill. com 6 anos sugeriram que a utilização da mesma equação de volume, em árvores pertencentes a subespécies e proveniências distintas, origina diferenças significativas na precisão dos volumes estimados (Guimarães, 1991).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram colhidos durante o abate da primeira rotação de um ensaio de proveniências de *Eucalyptus globulus* Labill.. O ensaio foi instalado na Primavera de 1985, em três locais que procuram representar as condições ambientais a que o eucalipto está sujeito no Norte litoral (representado por Núcleo Barrosas), nas serras do Centro (representadas por Vale Galinha) e no Centro litoral (representado por Furadouro) (Almeida 1993).

O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi o de blocos casualizados completos, com cinco árvores de cada proveniência por parcela, dispostas em linha. Para este trabalho, foram seleccionados quatro blocos em cada local, usando como critério a altura média por bloco, avaliada em 1992 (aos 7 anos), por esta ser, das características estudadas, a mais fortemente influenciada pela qualidade da estação. Foram escolhidos os blocos com a maior e a menor altura média e dois próximos da média geral do ensaio.

Das 37 proveniências existentes no ensaio foram seleccionadas 10, 2 da subespécie *bicostata*, 2 da subespécie *maidenii* e as restantes 6 da subespécie *globulus*, tendo como critérios o volume médio por árvore, o teor em lenhina e o comprimento médio das fibras determinados a partir de dados colhidos em 1992 (Chambel, 1995). A caracterização das proveniências é apresentada na tabela 1.

Após o abate de cada árvore, foram medidos com fita métrica, a altura do cepo e dois diâmetros cruzados do mesmo, a altura total e a altura da base da copa. Seguidamente o fuste foi seccionado à altura de 1.30 m e foram feitas duas medições cruzadas do DAP (diâmetro à altura do peito). O resto da árvore foi torado em secções com 3 m de comprimento no Furadouro e 2.2 m nos outros locais, sendo registados os valores de dois diâmetros cruzados da extremidade superior de cada um dos toros daí resultantes.

Para a análise foram eliminadas as árvores bifurcadas, assim como todas aquelas em que foram detectadas incongruências nos dados. O volume das restantes árvores foi determinado com recurso à fórmula de Smalian, tendo as secções intermédias sido consideradas paraboloides ordinários. O cepo foi cubado como um cilindro e a bicada como um cone.

Procedeu-se ao cálculo dos seguintes parâmetros de forma:

- * Proporção de copa = altura da copa / altura total da árvore.
- * Coeficiente de adelgaçamento = DAP / altura total da árvore.
- * Coeficiente de forma ordinário = quociente entre o volume da árvore e o de um cilindro de diâmetro igual ao DAP.

O volume observado e os parâmetros de forma foram sujeitos a análises de variância. Nestas análises consideraram-se como factores apenas a proveniência e o bloco, o factor

local foi excluído uma vez que se pretende obter modelos que sejam aplicáveis ao conjunto dos locais. Sempre que se verificou a existência de diferenças significativas entre as médias foram efectuados testes de Tukey para averiguar quais as médias que se distinguíam.

Procedeu-se ao ajustamento, para o conjunto dos dados e para cada proveniência separadamente, de dois modelos de regressão não linear, seleccionados pela sua simplicidade e pela qualidade dos resultados obtidos em estudos anteriores com a mesma espécie (Tomé, 1990).

* Modelo de Schumacher (Schumacher e Hall, 1933): $V = \beta_1 \cdot \text{DAP}^{\beta_2} \cdot H^{\beta_3}$

* Modelo de Spurr (Spurr, 1952): $V = \beta_1 \cdot (\text{DAP}^2 H)^{\beta_2}$

Para averiguar se os modelos ajustados individualmente para cada proveniência originam uma redução significativa da variância residual utilizou-se um teste F cuja estatística é:

$$F = \frac{(\text{SQREc} - \text{SQREp}) / (\text{glc} - \text{glp})}{\text{SQREc} / \text{glc}}$$

Em que SQREc é a soma dos quadrados do modelo comum, SQREp é o somatório da soma dos quadrados dos resíduos dos modelos ajustados individualmente para cada proveniência, glc é o número de graus de liberdade do modelo comum e glp é o somatório do número de graus de liberdade dos modelos individuais (Guimarães, 1991).

RESULTADOS

Verificou-se que a proveniência tem um efeito significativo sobre o volume, sobre a proporção de copa e sobre o coeficiente de forma ordinário mas não sobre o coeficiente de adelgaçamento. Os resultados dos testes de Tukey para comparação múltipla de médias destas variáveis apresentam-se na tabela 2.

A qualidade do ajustamento e a capacidade de predição (avaliados através do quadrado médio residual, das estatísticas PRESS e APRESS e do coeficiente de correlação) dos dois modelos testados, foram muito próximas em todas as situações. O coeficiente de correlação dos modelos ajustados individualmente para a proveniência 19 (Serviços Florestais, Portugal) foi muito mais baixo que o encontrado tanto para os modelos gerais como para as restantes proveniências (0,86 para o modelo de Schumacher e 0,85 para o de Spurr, enquanto que para o conjunto dos dados se obtiveram valores de 0,96 para os dois modelos). Esta diferença poderá ficar a dever-se ao facto de esta proveniência corresponder a um lote de semente comercial, colhida numa região mais vasta e, consequentemente menos homogênea que as restantes proveniências.

Tanto para o modelo de Schumacher como para o modelo de Spurr, as análises realizadas mostraram que o ajustamento de modelos individuais para cada proveniência conduz a uma redução significativa da variância residual. Na tabela 3 apresentam-se os valores médios dos resíduos de predição por proveniência, para os dois modelos, ajustados para o conjunto dos dados e individualmente e ainda os resíduos obtidos com um modelo ajustado por Tomé para a mesma espécie (Tomé, 1990) e largamente utilizado para estimação de volumes em plantações comerciais. Como se pode constatar ao analisar a tabela, com o modelo de Spurr, embora a variância residual total diminua quando se ajustam modelos individuais, o valor médio dos resíduos de predição das proveniências 4,12 e 35, pelo contrário, aumenta (em valor absoluto). A utilização dos modelos gerais conduz a valores muito elevados dos resíduos associados à proveniência 19, o que está directamente relacionado com as características deste lote de sementes, já anteriormente referidas. Com excepção da proveniência 22, o modelo ajustado por Tomé (Tomé, 1990)

dá origem a resíduos muito mais elevados do que qualquer um dos outros, o que seria de esperar, uma vez que foi ajustado para um conjunto diferente de dados.

Refira-se ainda que o modelo utilizado para a estimação do volume não teve influência na ordenação das proveniências, qualquer um dos três modelos gerais permitiu chegar à ordenação correcta.

Os resultados sugerem que, embora o ajustamento de modelos individuais para cada proveniência permita uma maior precisão das estimativas do volume por hectare, os erros cometidos com a utilização de modelos gerais são, do ponto de vista da selecção de génotipos, bastante aceitáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Eng. Fernanda Ribeiro pela ajuda prestada no tratamento dos dados. Este trabalho foi financiado pela União Europeia, através do projecto AIR2-CT92-1678.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M.H. (1993). Estudo da variabilidade geográfica em *Eucalyptus globulus* Labill.. Tese de Doutoramento. I.S.A., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 196 pp.

CHAMBEL, M.R., PEREIRA, H., TOMÉ, M., ALMEIDA, M.H. E FARIA, C. (1996). Prediction of wood growth and quality in *E. globulus* of different provenances using mid-rotation data. 2nd IUFRO Workshop, Afirca do Sul, 26-31/Agosto.

CHAMBEL, M.R. (1995). Contribuição para o estudo de alguns parâmetros estruturais da copa de *Eucalyptus globulus* Labill.. Relatório do trabalho de fim do curso. I.S.A., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 19 pp.

GUIMARÃES, M.P. (1991). Uma perspectiva para a utilidade do estudo da forma das árvores em ensaios de proveniência de *Eucalyptus globulus* Labill.. Relatório do trabalho de fim do curso. I.S.A., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 49 pp.

ORME, R.K. (1977). *Eucalyptus globulus* provenances, in Proceedings of the third world consultation on forest tree breeding, Camberra, CSIRO. Division of forest research, Camberra: 207-221.

SCHUMACHER, F.X. E HALL, F. (1933). Logarithmic expression of timber-tree volume. J.Ag.Res., 47:719-734.

SPURR, S.H. (1952). Forest inventory. The Ronald Press Company, New York, 476pp.

TOMÉ, J. (1990). Estimação do volume total, de volumes mercantis e modelação do perfil do tronco em *Eucalyptus globulus* Labill.. Dissertação do grau de mestre. I.S.A., Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 66 pp.

PROVENIÊNCIA	COD	SUB-SP	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	PRECIPITAÇÃO			TEMP. MÉDIA		TEMP. MIN.	
						TOTAL	NOV-ABR	MAI-OUT	MAX ANUAL	MIN ANUAL	MÊS + FRIJO	ABS.
P. Bogalheira (P)	1	Glob.	39° 10'N	9° 04'W	90	606	441	165	21	11	6	6
NE Mansfield (V)	4	Bic.	37° 03'S	146° 09'E	850	628	293	413	21	5	0	0
Pepper Hill (T)	10	Glob.	41° 41'S	147° 55'E	500	763	385	543	14	5	2	2
Swansea (T), (O)	12	Glob.	42° 08'S	148° 02'E	100	1554	339	328	17	7	3	3
Serviços Florestais (P)	19	Glob.				1709						
SW Nellingen Bolard SF (NSW)	22	Maid.	35° 41'S	150° 04'E	335	991	377	335	19	6	0	0
Geevston (T)	23	Glob.	43° 10'S	146° 55'E	100	712	339	539	17	6	0	0
Vila do Conde (P)	31	Glob.	41° 20'N	8° 41' W	50		830	337	19	9	5	5
Myrtle MTN (NSW)	35	Maid.	36° 53'S	149° 50' E	518	712	542	449	19	6	1	1
Callignee APN Forest (V)	45	Bic.	38° 20'S	146° 35' E	300	915	374	541	18	9	5	5

(P)Portugal, (V)Vitória, (T)Tasmânia, (NSW)New South Walles, (O)coleção de sementes Orme(1977). Temperaturas em °C, precipitações em mm, altitude em m.

Tabela 1: Caracterização e código das proveniências envolvidas neste estudo. As coordenadas geográficas da proveniência são desconhecidas, esta proveniência corresponde a um lote de semente comercial.

Volume

Prov.	23	1	31	19	45	10	12	22	4	35
média	0.2133	0.1661	0.1595	0.1526	0.1520	0.1462	0.1363	0.1114	0.0926	0.0843

Proporção de copa

Prov.	12	4	1	23	19	45	31	10	35	22
média	0.5902	0.5534	0.5318	0.5134	0.5019	0.4980	0.4890	0.4853	0.4697	0.4485

Coeficiente de forma ordinário

Prov.	35	19	1	12	4	23	31	45	10	22
média	0.4922	0.4847	0.4778	0.4644	0.4633	0.4584	0.4564	0.4546	0.4541	0.4384

Tabela 2: Resultado dos testes de comparação múltipla de médias. As linhas horizontais unem proveniências cujas médias não são significativamente diferentes ($p = 0.05$).

Prov.	Modelo de Schumacher		Modelo de Spurr		Modelo ajustado por Tomé (Tomé, 1990)
	geral	individual	geral	individual	
1	4,715084	0,451177	5,137264	0,248864	15,577331
4	-1,106556	0,628271	-0,658823	<u>0,752147</u>	5,202813
10	-4,105145	-0,615161	-3,866280	-0,319968	5,169483
12	-1,047673	0,157762	-0,148874	<u>0,556611</u>	7,789221
19	9,989001	1,600951	10,143430	1,325423	19,139197
22	-4,933951	1,756491	-4,955060	1,773156	<u>1,226544</u>
23	4,632870	0,272417	3,295226	0,276639	15,429568
31	0,702152	-0,072959	-0,223311	0,017420	9,076870
35	-1,695386	0,021176	-1,002122	<u>2,601962</u>	4,009599
45	-2,787499	0,335855	-3,379662	0,363075	6,373807
Total	35,715317	5,912220	32,810052	8,235265	88,994433

Tabela 3: Média dos resíduos de predição dos modelos. (O total na última linha refere-se à soma dos valores absolutos)