ESTUDOS DE VARIABILIDADE NUM CLONE DE *E. GLOBULUS*

M. Graça V. Carvalho[1], M. Manuela M. Bastos[2], Vera L.F. Silva[3], Cristina M.M. Pires[3] e M. Margarida L. Figueiredo[4]

RESUMO

Neste estudo compararam-se as dimensões de dez árvores de um mesmo clone de *E. globulus*, bem como a massa específica e a composição química à mesma distância do solo. Em duas delas, foram efectuados cozimentos em condições idênticas utilizando aparas de duas partes do tronco. Adicionalmente, em uma das árvores, foi feita uma caracterização ao longo do tronco. Apesar dos indivíduos amostrados terem a mesma idade e terem sido cultivados próximos uns dos outros, foram detectadas diferenças significativas na velocidade de crescimento, que, contudo, não se reflectiram na composição química. No entanto, os toros que foram sujeitos a cozimentos originaram pastas com índices kappa bastante diferentes (2 a 5 unidades), que não são aparentemente explicáveis pelas ligeiras diferenças na composição química nem na densidade da madeira de partida. O estudo de variabilidade efectuado ao longo de uma mesma árvore evidenciou gamas de variação idênticas às verificadas entre níveis correspondentes de árvores diferentes.

Palavras chave: *E. globulus*, clones, variabilidade, composição química, massa específica básica.

INTRODUÇÃO

Em virtude da sua origem biológica, a madeira apresenta uma grande variabilidade das características químicas e morfológicas, que se repercute, tanto na produtividade florestal (velocidade de crescimento das árvores), como na qualidade e produtividade da pasta para papel, sendo esta última uma das suas maiores aplicações. A madeira de *E. globulus* não foge à regra, e as diferenças verificam-se, quer entre indivíduos, quer ao longo de uma mesma árvore (radial e longitudinalmente). As causas de tal variabilidade são inúmeras e variadas, destacando-se a idade, a origem genética, as condições ambientais e nutricionais e as práticas silviculturais (Bland, 1985, Dillner *et al.*, 1970, Turner *et al.*,1983, Valente *et al.*, 1996, Whiteman *et al.*, 1996 e Zobel *et al.*, 1982). Uma alternativa para obter madeira mais uniforme consiste na selecção genética, no pressuposto de que as árvores de um dado clone (geneticamente idênticas) apresentam uma variabilidade reduzida das respectivas

[1] Assistente; Dep. Eng. Química - Universidade de Coimbra; Tel:(039)828392, Fax:(039)841138
[2] Estudante de mestrado; Dep. Eng. Química - Universidade de Coimbra
[3] Aluna finalista da Lic. Eng. Química - Universidade de Coimbra
[4] Prof. Assoc. com Agregação; Dep. Eng. Química - Universidade de Coimbra; Tel:(039)828392, Fax:(039)841138

características com todas as vantagens daí decorrentes (Cotterill *et al.*, 1997, Evans *et al.*, 1997 e Zobel *et al.*, 1982). De facto, Zobel *et al.*, 1982, publicaram resultados de ensaios clonais para o *E. grandis*, onde foi conseguida uma elevada uniformidade e produtividade florestal entre indivíduos de um mesmo clone, cultivados nas mesmas condições.

Tendo em vista a obtenção de madeira de *E. globulus* com características uniformes para o estudo dos efeitos das condições de cozimento nas propriedades de pastas *kraft* (Carvalho *et al.*, 1998a), na sua branqueabilidade (Carvalho *et al.*, 1998b) e refinabilidade (Ferreira *et al.*, 1998), seleccionaram-se diferentes indivíduos de um mesmo clone desta espécie, cultivados próximos uns dos outros e com a mesma idade. Com isto pretendeu-se reduzir, tanto quanto possível, alguns dos factores atrás apontados como responsáveis pela variabilidade entre árvores. Mesmo assim, para avaliar a gama de variações, foram comparadas as dimensões de diversas árvores, bem como a massa específica, a composição química e a resposta ao cozimento *kraft* de amostras de madeira localizadas à mesma distância do solo. Adicionalmente, em uma das árvores, foi feita uma caracterização ao longo do tronco.

PARTE EXPERIMENTAL

Foram objecto de análise comparativa 10 árvores de um clone de *E. globulus*, com 10 anos de idade, cultivadas em duas zonas contíguas (zona II e III com 5 árvores cada) na quinta de S. Francisco, em Eixo, Aveiro. Mediu-se, para cada uma delas, a altura total e o diâmetro à altura do peito (DAP). A Figura 1a) apresenta a posição das zonas de cultivo e a das árvores ensaiadas. De 9 árvores abatidas retiraram-se duas rodelas com cerca de 2cm de espessura, a 1,5m acima do nível do cepo (considerado neste trabalho a altura do peito) tal como esquematizado na Figura 1b). Um conjunto de rodelas, desprovidas de casca, foi utilizado para determinar a massa específica básica (SCAN-CM43:89) e o outro conjunto foi reduzido a serradura (TAPPI T257 cm-85) para serem determinados, quer os teores de celulose Kürschner e Hoffer (Browning, 1967), de pentosanas (T223 cm-84), de extractáveis em etanol/tolueno (T204 om-88) e de cinzas (T211 om-93), quer as solubilidades em água quente (T207 om-93) e em NaOH a 1% (T212 om-93). Na serradura extraída (T264 om-88) foram ainda determinados os teores de lenhina Klason (T222 om-88) e de cinzas. Complementarmente, e conforme referido, para uma das árvores retiraram-se rodelas a vários níveis a fim de investigar a variabilidade longitudinal.

Para os cozimentos foram produzidas aparas a partir de dois toros (B e T, Fig. 1b)) cada um com 1,5m de comprimento, retirados acima e abaixo do nível do peito, pertencentes a duas das árvores abatidas (II5 e III2). Os cozimentos foram efectuados laboratorialmente pelo processo *kraft*, nas mesmas condições operatórias, após o que foram determinados o rendimento em pasta,

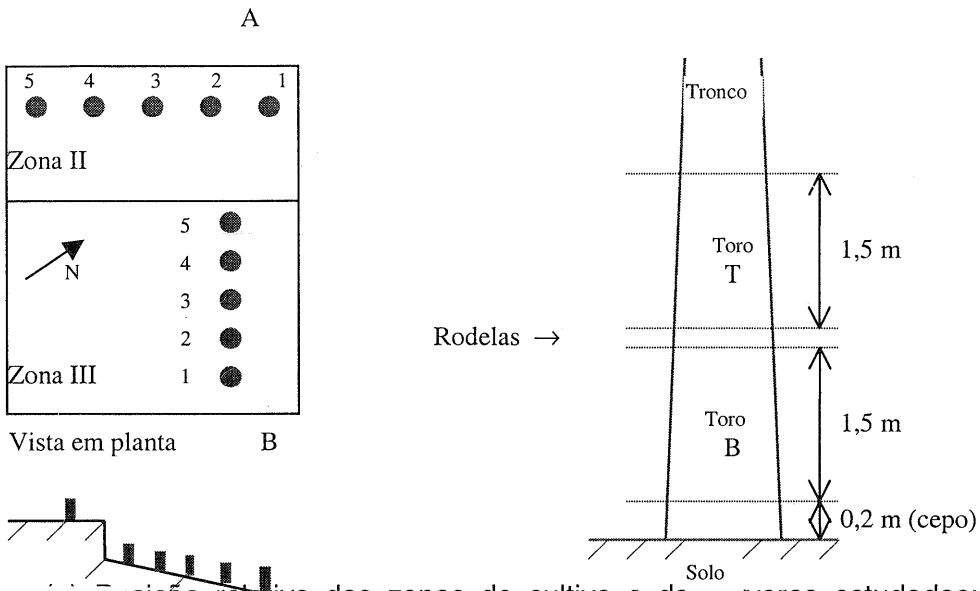


Figura corte A-B sição relativa das zonas de cultivo e das árvores estudadas; (b) Esquema de corte das (a) elas e dos toros. (b)

a percentagem de incozidos e a alcalinidade activa residual do licor (AA). A caracterização das pastas obtidas incluíu a determinação do índice kappa (NP 3186/95), da viscosidade intrínseca (SCAN-CM15:88) e do teor de pentosanas (T223 cm-84).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

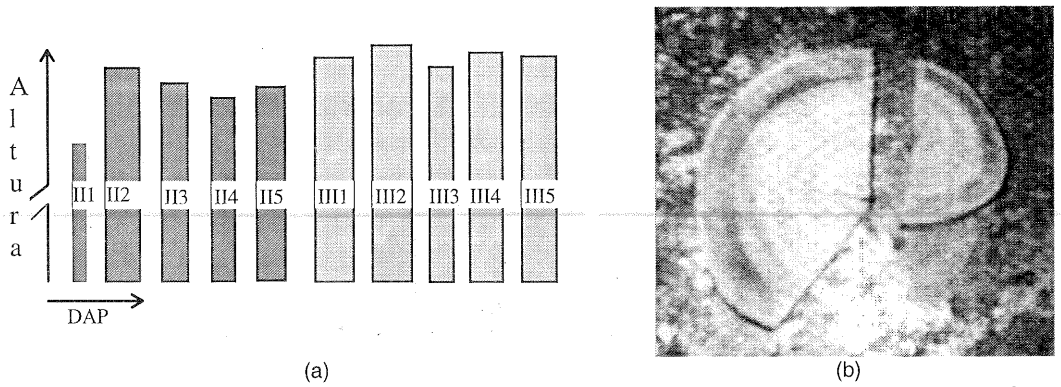
A Tabela 1 apresenta os valores referentes à avaliação dendrométrica das árvores estudadas e a Figura 2 representa esquematicamente as respectivas dimensões relativas (altura total *versus* DAP).

Apesar de os indivíduos pertencerem todos ao mesmo clone (isto é, serem geneticamente semelhantes), terem a mesma idade, e, aparentemente, terem crescido sob as mesmas condições climatéricas e nutricionais, é evidente, pela análise da Tabela 1 e da Figura 2, que a velocidade de crescimento variou

Tabela 1 - Características dimensionais das árvores de um clone de *E. globulus* e respectiva massa específica básica à altura do peito*.

	Zona II					Zona III				
Árvore nº	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Altura total (m)	~18	28.1	26.1	24.3	25,4	29,4	31,1	28,2	30,1	29,6
DAP** (cm)	9,0	22,5	17,2	15,5	19,0	25,5	26,4	16,0	21,5	22,9
Massa esp. básica (kg/m^3)	---	540	552	541	562	532	526	508	538	539

* - 1,5 m acima do cepo. ** - diâmetro da árvore com casca, à altura do peito.



(a) (b)

Figura 2 - Representação esquemática comparativa da altura e do DAP das árvores ensaiadas (a) e visualização das rodelas à altura do peito das árvores III2 e II4 (b).

acentuadamente entre eles, não tanto em altura mas, sobretudo, em diâmetro (cujos valores vão desde 9,0 a 26,4cm). De um modo geral, os indivíduos da zona III (Figura 1a)) apresentaram-se mais desenvolvidos que os da zona II, facto que se poderá imputar à inclinação do terreno e à diferente orientação solar. Além disso, as árvores da zona III apresentavam bastante mais seiva na zona cambial (facilitando a operação de descasque) que as da zona II, o que denota diferentes condições nutricionais. Os desenvolvimentos 'anormais', quer da árvore III3, quer da árvore II1 poderão ter sido resultantes de um deficiente plantio - a primeira apresentava medula descentrada junto ao cepo, consequência típica da formação de madeira de reacção; quanto à segunda nada se pode concluir por não ter sido abatida.

A grande variabilidade verificada no DAP não teve, no entanto, correspondência nem na massa específica básica nem na composição química, como se pode constatar nas Tabelas 1 e 2 e na Figura 3. Relativamente à massa específica, estes resultados vêm confirmar que, nos eucaliptos, este parâmetro é pouco afectado pela velocidade de crescimento (Wilkes, 1984), embora se notem valores ligeiramente maiores nas árvores da zona II (menos desenvolvidas que as da zona III). Alterações relativamente pequenas da composição química (Tabela 2 e Figura 3) quando comparadas com as grandes variações na velocidade de crescimento foram também observadas por Pereira, 1988, em outros clones desta espécie.

Tabela 2 - Composição química de algumas árvores do clone, ao nível de 1,5 m acima do cepo.

Árvore nº	Celulose K-H* (%)	Pentos. (% base madeira)	Ext. Et/Tol. (%)	Solub. água q. (%)	Solub. NaOH (%)	Lenhina Klason** (%)	Cinzas (%)
II4	47,4	13,8	2,1	5,1	15,9	23,2	0,44
II5	50,1	13,8	1,4	5,5	17,1	22,3	0,46
III2	48,0	15,4	1,4	4,1	16,7	23,2	0,33
III3	47,9	14,3	1,4	5,1	15,7	22,2	0,41
III5	47,5	13,6	2,5	4,7	15,5	22,2	0,54

* - após correção do teor de pentosanas residuais; ** - percentagem na serradura extraída.

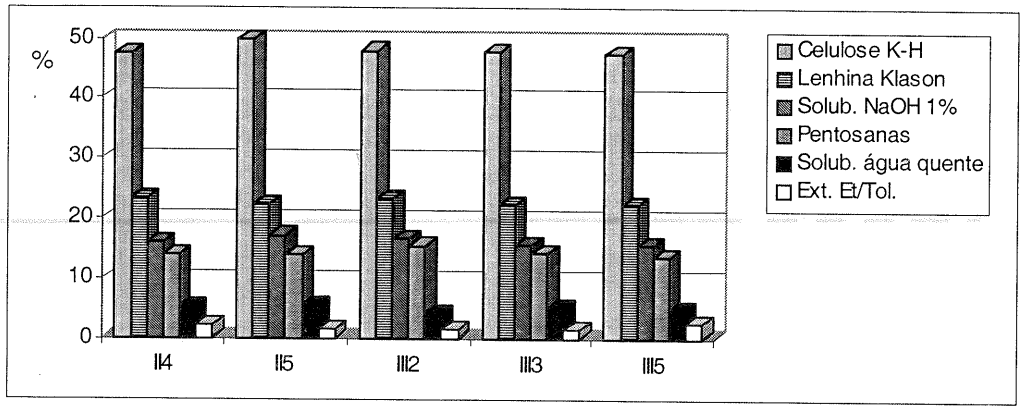


Figura 3 - Representação gráfica da composição química de algumas árvores do clone, ao nível de 1,5 m acima do cepo.

As pastas resultantes dos cozimentos efectuados em dois toros correspondentes de duas árvores diferentes revelaram contudo algumas características distintas (Tabela 3). De facto, as pastas provenientes de árvores com diferentes velocidades de crescimento - II5 e III2 - apresentaram diferentes níveis de deslenhificação e de percentagem de incozidos, conforme indicado na Tabela 3, embora as viscosidades sejam muito semelhantes. Além disso, as pastas provenientes das duas regiões amostradas da árvore II5 são bastante mais heterogéneas que as correspondentes da árvore III2. Também o maior teor de celulose da primeira não se reflectiu em maior rendimento (Tabelas 2 e 3). Estas variações poderão ser resultantes de alterações químico-estruturais provenientes de diferentes velocidades de crescimento, uma vez que as árvores ensaiadas são geneticamente idênticas e apresentam densidades e composições químicas semelhantes. Conclusões definitivas implicam, no entanto, a realização de mais cozimentos, designadamente em indivíduos com idênticas dimensões (i. e., iguais velocidades de crescimento).

Tabela 3 – Características das pastas e do licor provenientes do cozimento de aparas dos toros B e T dos indivíduos II5 e III2 (Figura 1) *.

Referência		PASTA					LICOR
Árvore	Toros	Índice kappa	Rend. pasta (%)	Incozidos (%)	Viscosidade (dm^3/kg)	Pentosanas (% em base madeira)	AA residual (gNa_2O/l)
II5	T	16,7	53,2	0,85	1301	8,7	5,7
	B	19,7	49,1	2,50	1382	8,7	4,4
III2	T	14,6	53,0	0,58	1338	9,1	5,9
	B	14,5	52,9	0,72	1347	9,2	5,9

*Condições de cozimento: ACT(%) - 90 Perfil de Temperaturas: 1ª rampa - 120ºC/h
2ª rampa - 120ºC/h
CA (%) - 15 1º patamar - 115ºC 2º patamar - 161ºC
IS (%) - 30 tempo 1º pat. - 30 min tempo 2º pat. - 90 min

O estudo efectuado ao longo de uma mesma árvore (III3), indicado na Tabela 4 e nas Figuras 4 e 5, revelou uma gama de variação idêntica à observada entre níveis correspondentes de árvores diferentes, à excepção da zona junto

ao cepo. De facto, e no que diz respeito à composição química, as grandes variações verificaram-se, em geral, nos primeiros 2-3m de altura (Figura 4), provavelmente devido à influência da proximidade do solo, atenuando-se a partir daí. No entanto, é de salientar que tanto o teor de pentosanas como a solubilidade em água quente apresentam uma tendência de variação perfeitamente definida - a primeira aumenta continuamente com a distância ao solo enquanto a segunda diminui (Tabela 4). Estes padrões de variação são, na generalidade, semelhantes aos reportados por Pereira e Sardinha, 1984, também para a *E. globulus*.

Quanto à massa específica básica, e como se pode observar na Figura 5, o padrão de variação axial é algo mais complexo, exibindo um ligeiro máximo a meia altura da árvore. Contudo, as diferenças neste parâmetro são pouco significativas (estando dentro das incertezas do método) pelo que se pode considerar que a densidade é aproximadamente constante entre a base e o topo, em concordância com Moura e Figueiredo, 1998.

Tabela 4 - Evolução da composição química da árvore III3 ao longo do tronco.

Distância ao cepo (m)	Celulose K-H* (%)	Pentos. (%)	Ext. Et/Tol. (%)	Solub. água q. (%)	Solub. NaOH (%)	Lenhina Klason** (%)	Cinzas (%)
0,0	43,3	13,8	2,3	10,5	22,2	24,2	0,50
1,5	47,9	13,9	1,4	5,1	15,7	22,2	0,41
3,0	48,1	14,6	1,7	5,5	16,1	22,0	0,45
7,5	48,5	15,6	1,5	2,2	14,2	21,6	0,36
13,5	48,0	16,7	1,2	2,4	15,4	21,4	0,57
19,5	44,8	17,5	1,3	2,2	15,5	21,8	0,63

* celulose Kürschner e Hoffer após correção do teor de pentosanas residuais; ** - percentagem na serradura extraída.

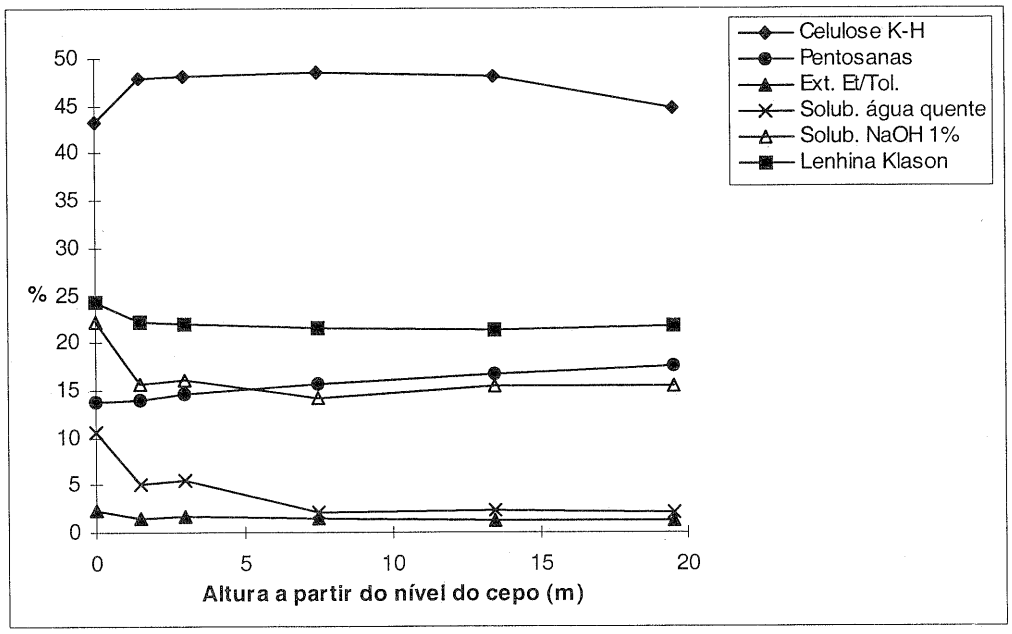


Figura 4 - Evolução da composição química ao longo da árvore III3.

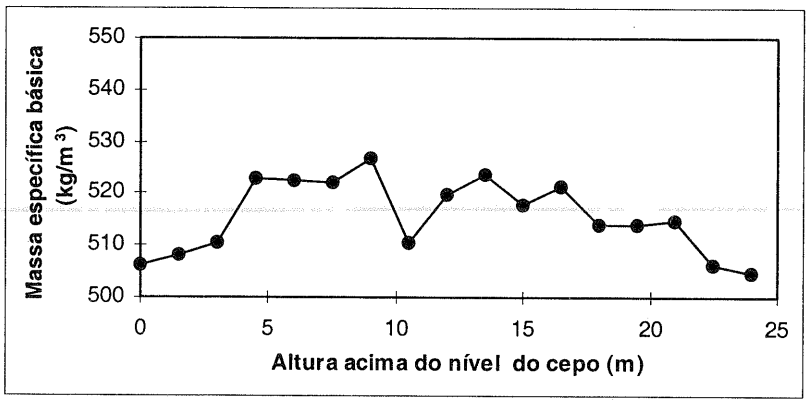


Figura 5 - Variação longitudinal da massa específica básica da árvore III3.

CONCLUSÕES

O estudo de variabilidade dentro de uma mesma árvore evidenciou, no geral, pequenas gamas de variação ao longo do tronco, excluindo a região junto ao cepo. Na verdade, as maiores variações foram detectadas até aproximadamente 2-3m de altura, esbatendo-se posteriormente.

No que respeita à variabilidade entre árvores, este estudo mostrou que, apesar de geneticamente semelhantes e cultivados próximos uns dos outros, isto é, possuindo, em princípio, o mesmo potencial de desenvolvimento, os indivíduos de um mesmo clone e com a mesma idade podem apresentar diferenças consideráveis, tanto nas características dendrométricas, como na resposta ao cozimento. Entre si, as árvores apresentaram composições químicas bastante próximas mas, em contrapartida, observaram-se diferenças acentuadas na velocidade de crescimento radial, embora esta não se traduzisse em significativa variação da massa específica básica. Por sua vez, os toros que foram sujeitos a cozimentos, nas mesmas condições, originaram pastas com índices kappa bastante diferentes (2 a 5 unidades), apesar de a composição química de partida das respectivas madeiras não fazer prever essas diferenças - curiosamente, a madeira com o maior teor de celulose e menor de lenhina foi a que teve maior dificuldade de deslenhificar.

As pequenas diferenças no declive do terreno da zona III relativamente ao da zona II, na exposição solar e no efeito dos ventos são eventuais explicações para a falta de uniformidade observada entre os indivíduos estudados, geneticamente idênticos. Pode, assim, concluir-se que factores como estes (dificilmente controláveis) afectam decisivamente tanto a produtividade - quer a nível florestal (quantidade de madeira por hectare e ano), quer a nível industrial (quantidade de pasta produzida por unidade de madeira consumida) - como a qualidade da pasta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao RAÍZ - Instituto de Investigação da Floresta e Papel - o fornecimento do clone e a disponibilidade para a utilização dos equipamentos envolvidos nos cozimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bland, D.E., 1985, 'The composition and analysis of eucalypt woods', *Appita*, **38** (4), 291-294.
- Browning, B.L., 1967, 'Methods of wood chemistry', Interscience Publishers, N.Y., vol II.
- Carvalho, M.G.V., Martins, A.A. e Figueiredo, M.M.L., 1998a, Efeito de algumas variáveis de cozimento nas características de pastas *kraft* de *E. globulus*', XVI Encontro Nacional da Tecnicelpa, Covilhã.
- Carvalho, M.G.V., Saleiro, S.I.C., Martins, A.A. e Figueiredo, M.M.L., 1998b, 'Branqueabilidade de pastas *kraft* de *E. globulus*', XVI Encontro Nacional da Tecnicelpa, Covilhã.
- Cotterill, P. e Macrae, S., 1997, 'Improving eucalyptus pulp and paper quality using genetic selection and good organization', *Tappi J.*, **80** (6), 82-89.
- Dillner, B., Ljunger, A., Herud, O.A. e Thune-Larsen, E., 1970, 'The breeding of *Eucalyptus globulus* on the basis of wood density, chemical composition and growth rate', *Timber Bull, Europe,* **73**(supl5).
- Evans, R., Kibblewhite, R.P. e Stringer, S., 1997, 'Kraft pulp fibre property prediction from wood properties in eleven radiata pine clones', *Appita J.*, **50** (1), 25-33.
- Ferreira, P.J., Carvalho, M.G., Martins, A.A. e Figueiredo, M.M., 1998, 'Efeito das variáveis de cozimento *kraft* na refinação de pastas de *E. globulus* nacional - avaliação das propriedades papeleiras', Chempor'98 - 7ª Conferência Internacional de Engenharia Química, Lisboa.
- Moura, M.J. e Figueiredo, M.M.L., 1998, 'Variabilidade da massa específica em uma árvore de *E. globulus*', XVI Encontro Nacional da Tecnicelpa, Covilhã.
- Pereira, H., 1988, 'Variability in the chemical composition of plantation eucalypts', *Wood and Fiber Science*, **20**(1), 82-90.
- Pereira, H. e Sardinha, R., 1984, 'Chemical composition of *Eucalyptus globulus* Lab.', *Appita*, **37**(8), 661-664.
- Turner, C.H., Balodis, V. e Dean, G.H., 1983 'Variability in pulping quality of *E. globulus* from Tasmanian provenances', *Appita*, **36** (5), 371-376.
- Valente, C.A., Mendes de Sousa, A.P., Furtado, F.P. e Carvalho, A.P., 1992, 'Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: technological component', *Appita*, **45** (6), 403-407.
- Whiteman, P.H., Cameron, J.N. e Farrington, A., 1996, 'Breeding trees for improved pulp and paper production - a review', *Appita*, **49** (1), 50-52.
- Wilkes, J., 1984, 'The influence of rate of growth on the density and heartwood extractives content of eucalypt species', *Wood Science and Technology*, **18**, 113-120.
- Zobel, B., Campinhos, E. e Ikemori, Y., 1982, 'Selecting and breeding for wood uniformity', TAPPI Research and Development Division Conference, 159-168.