



Seleção florestal
Sil. de aracruz 27/88
pavimentação 2/83

INDEXADO

3473

Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa de eucalipto

Braz José Demuner *
Fernando de L. G. Bertolucci

Introdução

Os plantios clonais realizados pela Aracruz, a partir da seleção de matrizes para características silviculturais, densidade básica da madeira e rendimento em celulose, resultaram em aumentos significativos da produtividade e da uniformidade da floresta, além de redução do consumo específico de madeira (Ikemori et alii, 1986; Campinhos Júnior & Claudio-da-Silva Júnior, 1990). A obtenção de ganhos adicionais para essas e outras características constituiu-se, atualmente, em um dos maiores desafios a serem vencidos dentro do contexto da integração floresta-processo-produto.

Para atingir o objetivo citado, diversos aspectos devem ser considerados no melhoramento genético. Entre estes, é de capital importância o estudo do efeito de fatores genotípicos e ambientais sobre as características de interesse (Zobel & Talbert, 1984). Para as variáveis relacionadas com a qualidade da madeira e da polpa de eucalipto, entretanto, são raras as informações encontradas na literatura acerca de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos. Nesse sentido, estudos recentes vêm sendo realizados pela Aracruz, visando conhecer a herdabilidade associada a característica da madeira e polpa de eucalipto, bem como as correlações entre elas (Demuner

et alii, 1991a e 1991b; Bertolucci et alii, 1992).

Do exposto, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de avaliar a interação clones x locais, através de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos associados a 22 características da madeira e polpa, além de propriedades do cozimento. Pretende-se, a partir desses resultados, apresentar uma contribuição inédita capaz de auxiliar na definição de estratégias de programas de melhoramento genético voltados para a qualidade da madeira.

Material e métodos

Para as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos foram utilizados três experimentos de avaliação de clones com 5 anos de idade, plantados em duas regiões do Estado do Espírito Santo, no delineamento de blocos casualizados, com nove tratamentos e três repetições. Esses experimentos apresentam 21 plantas por parcela, mas para a caracterização tecnológica foi considerada apenas uma planta por parcela, a qual possuía bordadura completa e representava o volume médio/ árvore da parcela. As idades 6 e 7 anos serão avaliadas em trabalhos futuros.

Segundo a Classificação Brasileira, os dois experimentos localizados na região de Aracruz estão nos solos nomeados como Latossolo Amarelo podzólico textura franco-arenosa/franco-argilo-arenosa e Podzólico Amarelo latossólico A moderado textura franco-argilo-arenosa/argila arenosa. Em São Mateus, onde o terceiro experimento está instalado, o

solo predominante é do tipo Podzólico Amarelo abrupto A moderado textura areia franca/franco-argilo-arenosa. Em ambas as regiões, a textura dos horizontes superficiais varia entre arenosa e argilo-arenosa, sendo os solos em geral bem drenados, em relevo plano e de baixa fertilidade natural.

O material genético utilizado não foi selecionado para características de qualidade da madeira e o mesmo representa os clones atualmente plantados pela Aracruz, o que permitiu a utilização de um modelo estatístico aleatório. Os clones são híbridos naturais, onde o *Eucalyptus grandis* provavelmente foi uma das espécies parentais, à exceção de um clone, que é resultante de polinização controlada entre *E. grandis* e *E. urophylla*.

Caracterização tecnológica

Os cavacos foram obtidos em equipamento industrial, utilizando todo o volume comercial de cada árvore. Os cozimentos foram realizados em digestor de laboratório, equipado com circulação forçada de licor e adotando impregnação dos cavacos com vapor. Todos os procedimentos (cozimento, lavagem, depuração e análises) foram mantidos constantes, à exceção da carga alcalina, a qual foi variada para a obtenção de todas as polpas com número kappa 20.

Simulações de computador entre resultados de laboratório e dados do processo industrial foram também realizadas, para estimar o ganho de produção de celulose, considerando uma determinada capacidade do sistema de recuperação.

* Braz José Demuner e Fernando de L. G. Bertolucci são engenheiros da Aracruz Celulose S.A. Trabalho apresentado no 26º Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP, realizado em São Paulo - SP - Brasil, de 22 a 26 de novembro de 1993. Prêmio APFPC.

A densidade básica dos cavacos e as análises químicas da madeira e polpa foram realizadas de acordo com as normas Tappi. As características morfológicas foram obtidas em Analisador Kajani FS-100. As características anatômicas das fibras foram determinadas a partir de cortes da seção transversal da madeira, em microscópio ótico acoplado a um analisador de imagens. A moagem PFI, formação de folhas, condicionamento e testes de papel foram realizados de acordo com as normas Scan.

Análise estatística dos dados

Cada característica foi submetida à análise de variância conjunta dos três locais, com o objetivo de avaliar os efeitos da interação clones x locais sobre as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de interesse. O modelo estatístico considerado foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = m + c_i + l_j + cl_{ij} + b_{(j)k} + e_{ijk}$$

onde Y_{ijk} é o valor observado do clone i no bloco k do local j ; m é a média geral do experimento; c_i é o efeito do clone i ; l_j é o efeito do local j ; cl_{ij} é o efeito da interação do clone i com o local j ; $b_{(j)k}$ é o efeito do bloco k dentro do local j ; e_{ijk} é o erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

A partir da análise conjunta, foi avaliada a natureza da variância associada à interação clones x locais (σ_{ij}^2), desdobrando-a em partes simples e complexa, de acordo com metodologia citada por Vencovsky & Barriga (1992). Também foram obtidas estimativas de herdabilidade no sentido amplo em nível de médias de clones, objetivando conhecer o efeito da interação sobre este parâmetro.

Resultados e discussão

Amplitude dos dados

Deve-se comentar, a princípio, que a amplitude de variação dos dados originais, obtidos de avaliação dos nove clones em cada local, está coerente com resultados publicados anteriormente (Demuner, 1991a), indicando que a amostra de clones, embora pequena, é representativa do material genético já avaliado na Aracruz.

Efeito do ambiente

A análise de variância conjunta dos três locais considerados está apresentada nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente para características da madeira, do cozimento e da polpa ($kappa=20$). Foram observadas diferenças significativas entre os locais

para 8 das 22 características estudadas.

O efeito do ambiente sobre algumas propriedades da madeira já era esperado, embora sejam restritas as informações de literatura sobre esse assunto para a maioria das características avaliadas. Conforme levantamento realizado por Zobel & Van Buijtenen (1989), estudos dessa natureza, dentro do gênero *Eucalyptus*, são relativamente comuns apenas para a densidade básica da madeira. Os mesmos autores relatam, ainda, alguns poucos trabalhos onde foram detectados efeitos do ambiente sobre o comprimento, o diâmetro e a espessura da parede das fibras. A maior parte desses trabalhos, entretanto, mostra apenas tendências, sem chegar à obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos.

Tendências semelhantes já foram observadas em outras lenhosas, como os gêneros *Fagus* (Kaoltzenburg, 1966 e 1967), *Quercus* (Maeglin, 1974) e *Populus x euramericana* (Ferrari & Scaramuzzi, 1980), citados por Zobel & Van Buijtenen (1989), além de *Picea rubens* (Shepard, 1987).

Deve-se ressaltar, portanto, que as estimativas obtidas no presente estudo são inéditas para o eucalipto, especialmente para as características relacionadas com a qualidade da polpa e com os parâmetros do cozimento.

Outro ponto a ser destacado é que, em termos práticos, os resultados mostraram que embora o ambiente tenha afetado significativamente algumas características da madeira e das fibras, ele pouco influenciou as propriedades do papel, fato de grande interesse na obtenção de maior uniformidade da polpa.

Efeito do material genético

Foram detectadas diferenças significativas entre clones (tabelas 1 a 3), para todas as características, o que confirma a representatividade da amostra considerada neste trabalho, conforme já ressaltado anteriormente.

Interação clones x locais

Observa-se (tabelas 1 a 3) que ocorreu interação significativa entre locais e clones para 13 características, das 22 avaliadas. A existência de interação significativa para a maioria das propriedades já era esperada, embora grande parte dos trabalhos encontrados na literatura discutam esse aspecto somente para a densidade básica da madeira (Brasil & Ferreira, 1971; Brasil, 1972; Migliorini, 1986; Moraes, 1987; Shimoyama &

Barrichelo; 1989).

Do ponto de vista do melhoramento genético, a significância da interação genótipos x ambientes é importante, pois indica que os genótipos apresentam comportamento diferenciado de um ambiente para outro (Vencovsky & Barriga, 1992). Esse fato e suas consequências, segundo Davide (1992), têm sido uma das maiores preocupações dos melhoristas florestais nos últimos 15 anos e, no caso específico da qualidade da madeira, Polge (1973) relata que os efeitos ambientais sobre algumas características podem ser tão grandes que a sua utilização e valor podem mudar de um ambiente para outro. Como ambiente podem ser considerados fatores bióticos, edáficos e climáticos que influenciam o crescimento das árvores, além de modificações induzidas pelo homem, como técnicas de plantio, fertilização e espaçamento (Barnes et alii, 1983).

É importante ressaltar que somente a existência de interação significativa não esclarece muito em termo de estratégias a serem adotadas para melhoramento das diversas características, sendo necessário investigar a natureza dessa interação (Vencovsky, 1987). Nesse sentido, para as 13 características cuja interação clones x locais foi significativa, foram obtidas estimativas, em termos percentuais, da parte simples e da parte complexa da interação, também apresentadas nas tabelas 1 a 3.

Os resultados mostram que predomina a interação complexa em 11 características, ou seja, um clone superior, num ambiente pode não sê-lo em outro, uma vez que tanto o genótipo quanto o ambiente têm um papel decisivo na manifestação fenotípica.

É possível concluir, a partir desses resultados, que a condução de um programa de melhoramento genético voltado para a qualidade da madeira é algo bastante trabalhoso, pois há necessidade de se avaliar os materiais genéticos nas condições mais próximas daquelas onde os mesmos serão plantados (Ramalho et alii, 1991). Para atenuar esse problema, pode-se estimar, através de análises de estabilidade, a sensibilidade dos genótipos às variações ambientais (Hallauer, 1988). Uma vez conhecida a estabilidade de cada clone, são selecionados aqueles que apresentam comportamento consistente nos vários locais e alta adaptabilidade, o que diminui as dificuldades de condução do programa de melhoramento genético e propicia a elevação, em

Tabela 1
Resumo da análise de variância conjunta dos três locais e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira

FV	GL	QM									
		Dens. Básica	Lignina	Pentosanas	Extrat. et/tol.	Extrat. DCM	Diâm. Fibras	Esp. Parede.	Diâm. Vasos		
Locais (L)	2	528,938	4,503	0,498	1,389**	17,123.10 ⁻⁴	0,404	0,917**	25,819		
Bloco/Locais	6	270,877	0,438	0,372	0,012	1,728.10 ⁻⁴	0,220	0,018	7,155		
Clones (C)	8	6955,198**	6,463**	4,437**	1,244**	43,827.10 ^{-4***}	2,343**	0,261**	382,038**		
L x C	16	499,383*	1,122*	0,927**	0,179**	5,193.10 ⁻⁴	0,444	0,053	54,577		
Erro	48	265,543	0,512	0,154	0,070	4,340.10 ⁻⁴	0,261	0,023	59,494		
σ^2 cl		77,947	0,203	0,026	0,036	-	-	0,010	-		
Parte Simples (%)		2,5	57,0	14,0	63,9	-	-	18,7	-		
Parte Complexa (%)		97,5	43,0	86,0	37,1	-	-	81,3	-		
h ² m		0,928	0,826	0,791	0,856	0,882	0,810	0,797	0,857		

** Significativo em nível de 1% de probabilidade - Teste F
 * Significativo em nível de 5% de probabilidade - Teste F

Tabela 2
Resumo da análise de variância conjunta dos três locais e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da polpa ($kappa=20$)

FV	GL	QM										
		Pentosanas	Extrativos DCM	Viscosidade	Comprim. Fibras	Coarseness	Nº Fibras/Grama	Ind. Tração	Dens. Aparente	Resist. Ar	Ind. Rasgo	Rugosidade
Locais (L)	2	3,581	52972,679*	52972,679*	187,938.10 ⁻⁴ **	2,260**	60,078.10 ¹² **	1,270	2054,531	13,363	1,254	22257,235
Bloco/Locais	6	0,278	4510,926	4510,926	7,840.10 ⁻⁴	0,084	1,393.10 ¹²	21,147	542,198	0,784	0,379	1391,914
Clones (C)	8	4,364**	15446,642**	15446,642**	73,753.10 ⁻⁴	1,167**	23,724.10 ¹²	330,228**	9127,281**	34,917**	2,638**	22906,049**
L x C	16	1,943**	8497,221**	8497,221**	10,994.10 ⁻⁴	0,375*	3,013.10 ¹²	47,507*	1406,142*	4,189	0,507	7647,165**
Erro	48	0,462	2652,120	2652,120	7,742.10 ⁻⁴	0,175	2,538.10 ¹²	22,654	667,948	2,826	0,375	3076,691
χ^2 cl		0,494	-	1948,367	-	0,067	-	8,284	247,065	-	-	1523,491
Parte Simples (%)		32,8	-	2,1	-	9,6	-	2,1	25,6	-	-	19,6
Parte Complexa (%)		67,2	-	97,9	-	90,4	-	97,9	74,4	-	-	80,4
h^2m		0,555	0,733	0,450	0,851	0,679	0,873	0,856	0,846	0,880	0,808	0,666

** Significativo em nível de 1% de probabilidade - Teste F
* Significativo em nível de 5% de probabilidade - Teste F

Tabela 3

Resumo da análise conjunta dos três locais e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características do cozimento ($kappa=20$)

FV	GL	QM		
		Carga Alcalina	Rendimento Depurado	Ganho Produção
Locais (L)	2	6,469**	14,995	54494,111**
Bloco/Locais	6	0,356	1,623	5354,162
Clones (C)	8	3,194**	4,402*	17634,001**
L x C	16	0,528	3,380*	9114,733*
Erro	48	0,326	1,764	4552,374
σ^2 cl		-	0,539	1520,786
Parte Simples (%)		-	3,0	9,6
Parte Complexa (%)		-	97,0	90,4
h^2m		0,835	0,232	0,483

** Significativo em nível de 1% de probabilidade - Teste F
* Significativo em nível de 5% de probabilidade - Teste F

termos médios, da qualidade da madeira da floresta plantada.

Por outro lado, duas características, Extrativos em Etanol/Tolueno e Lignina, apresentaram predominância de interação do tipo simples, isto é, os clones respondem de forma diferenciada às mudanças ambientais, mas sem alteração da classificação dos mesmos de um local para outro. Este tipo de interação não traz maiores problemas, pois possibilita a recomendação dos melhores genótipos a partir de experimentos conduzidos em um menor número de locais.

Além da variância da interação genótipos x locais, outro parâmetro de extrema importância para definição de estratégias de melhoramento é a herdabilidade, uma vez que ela indica o grau de confiabilidade para se selecionar os genótipos superiores. Nesses sentidos, foram obtidas estimativas de herdabilidade no sentido amplo em nível de médias de clones, a partir da análise de variância conjunta dos três locais (tabelas 1 a 3). Pode-se observar que a herdabilidade, para a maioria das características, foi elevada (acima 0,80), evidenciando que grande parte da variância fenotípica pode ser fixada através da seleção, especialmente para as características relacionadas com a madeira e a polpa, cujas médias foram 0,832 e 0,724, respectivamente. Esses valores permitem antever possibilidade de sucesso em programas de melhoramento que contemplem parâmetros de qualidade da madeira em seus critérios de seleção.

Por outro lado, a herdabilidade média para as variáveis do cozimento situou-se em 0,517, motivada pelas baixas estimativas observadas para o ganho de produção (0,483) e rendimento depurado (0,232). Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Bertolucci et alii (1992), e podem ser explicados pelo fato de essas características serem fortemente influenciadas pelos teores de lignina e extrativos da madeira (Vasconcellos Dias & Cláudio-da-Silva Júnior, 1985).

Vale ressaltar que, para o gênero *Eucalyptus*, estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para a maioria das características e condições consideradas neste trabalho, não foram encontradas na literatura. São relativamente comuns apenas alguns estudos de obtenção da herdabilidade para a densidade básica da madeira e o comprimento das fibras, de acordo com o levantamento realizado por Zobel & Van Buijtenen (1989), o que

dificulta uma discussão mais profunda sobre a magnitude dos valores encontrados.

No caso da densidade básica da madeira, uma das características de maior importância quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos da produção de celulose (Pearson & Gilmore, 1980; Vasconcellos Dias & Cláudio-da-Silva Júnior, 1985, Foelkel et alii, 1990 e Demuner et alii, 1991a), a estimativa de herdabilidade obtida da análise conjunta dos três solos foi de 0,928.

Embora as informações de literatura sobre a obtenção de estimativas de herdabilidade para a densidade básica da madeira sejam mais comuns para coníferas do que para *hardwood*, Zobel & Van Buijtenen (1989) apresentam uma boa revisão de trabalhos sobre o assunto, podendo-se perceber que as estimativas para *Eucalyptus* são variáveis, mas condizentes com a que foi obtida neste estudo. Também Shimoyama & Barrichelo (1989) discutem resultados de herdabilidade para a densidade básica, citando um levantamento feito por Brito et alii (1978), onde foi encontrada uma média igual a 0,78, em trabalhos com progêneses de polinização aberta em algumas espécies de eucalipto.

Esses resultados confirmam que a densidade básica da madeira é realmente uma característica herdável, fato de grande interesse, uma vez que ela apresenta forte correlação genotípica com diversas outras características, tanto da própria madeira, quanto do cozimento e da polpa de celulose (Bertolucci et alii, 1992).

Em linhas gerais, os resultados mostraram que os materiais genéticos interagem de forma complexa com o ambiente, o que aumenta a dificuldade para a seleção dos genótipos superiores. Em contrapartida, a maioria das características apresentou herdabilidade elevada, indicando possibilidade de sucesso com o programa de melhoramento genético. Fica evidente, portanto, que a avaliação dos resultados de forma isolada pode conduzir a decisões precipitadas quanto à estratégia de melhoramento para a qualidade da madeira, sendo necessária uma abordagem mais ampla, o que se constituiu na maior contribuição do presente trabalho.

Conclusões

1) A amplitude de variação dos dados originais, para todas as características, mostrou que os materiais genéticos utilizados são uma amostra representativa

dos clones atualmente plantados pela Aracruz, o que ressalta a importância estratégica do presente trabalho.

2) A decomposição da interação clones x locais mostra que, para 11 das 22 características avaliadas, houve predomínio da parte complexa, indicando que o melhoramento genético destas requer a avaliação dos clones em locais similares àqueles onde os mesmos serão plantados, pois a classificação dos genótipos muda de um local para outro. A seleção de clones estáveis fenotipicamente é a estratégia mais viável para enfrentar essa questão.

3) Foram elevadas as estimativas de herdabilidade, obtidas da análise conjunta, para a maioria das características, indicando ser de alta confiabilidade a recomendação de clones a partir da seleção aplicada nos experimentos considerados. Entretanto, há características, como o rendimento depurado e o ganho de produção, onde fica evidente maior dificuldade de obtenção de ganhos genéticos.

4) Os resultados, em linhas gerais, mostraram que é viável a inclusão de parâmetros de qualidade da madeira dentro dos critérios de aprovação de clones, pois os ganhos a serem alcançados ainda deverão ser expressivos. Entretanto, a definição das características a serem consideradas deve passar por uma abordagem ampla, onde o material genético, as condições de ambiente e a finalidade da madeira e/ou polpa são fatores decisivos para atingir ganhos significativos de produtividade e qualidade.

Finalmente, para o caso específico da utilização de madeira de clones de eucalipto para a produção de celulose, algo comum a várias empresas na atualidade, o presente trabalho deverá contribuir de forma marcante para tomadas de decisão em termos de estratégia de melhoramento genético.

Referências bibliográficas

- BARNES, R. D.; GIBSON, G. L. & BARLEY, M. A. *Variation and genotype-environment interaction in international provenance trials of Pinus caribaea and implications for improvement strategy. Revista Silvicultura*, São Paulo, 29:36-43, 1983.
- BERTOLUCCI, F. de L. G.; DEMUNER, B. J. & LA TORRACA, S. M. *Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características da madeira e polpa de eucalipto*. IN:

13º Encontro Nacional da Tecnicalpa, Figueira da Foz, 1992.

BRASIL, M. A. M. & FERREIRA, M. **Variação da densidade básica da madeira de E. alba Reinw, E. saligna Smith e E. grandis Hill Ex. Maiden, aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento.** IPEF, Piracicaba, (2/3): 129-49, 1971.

BRASIL, M. A. M. **Variação da densidade básica da madeira de E. propinqua Deana Ex. Maiden em função do local e do espaçamento.** Piracicaba, 1972, 75p. (Tese de Mestrado).

CAMPINHOS JR., E. & CLÁUDIO-DA-SILVA JR., E. **Development of the Eucalyptus tree of future.** In: *Proceedings of Espira Spring Conference, Seville, 1990.*

DAVIDE, A. C. **Avaliação da adaptabilidade e da estabilidade fenotípica de progênies de Eucalyptus pellita F. Muell, introduzidas da Austrália.** Curitiba, 1992, 114p. (Tese de Doutorado).

DEMUNER, B. J.; VIANNA DORIA, E. L.; CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. & MANFREDI, V. **The influence of the eucalypt fiber characteristics on paper properties.** In: *International Paper Physics Conference (Tappi), Kona, 1991 (a).*

DEMUNER, B. J.; VIANNA DORIA, E.; CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. & MANFREDI, V. **As propriedades do papel e as características das fibras.** In: *XXIV Congresso Anual de Celulose e Papel, ABTCP, São Paulo, 1991 (b).*

FOELKEL, C.E. B.; MORA, E. and MNOHELLI, S. **Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de celulose.** In: *VI Congresso Florestal Brasileiro, SBS, São Paulo, 1990.*

HALLAUER, A. R. **Genotype-environment interaction.** In: *Proceedings of The Second International Conference on Quantitative Genetics, Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts, 1988.*

IKEMORI, Y. K.; MARTINS, F. C. G. & ZOBEL, B. J. **The impact of accelerated breeding on wood**

properties. In: *18th Iufro World Congress, Lsubana, 1986.*

MIGLIORINI, A. J. **Variação da densidade básica da Madeira de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta.** Piracicaba, 1986, 80p. (Tese de Mestrado).

MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de Eucalyptus grandis Hill Ex. Maiden e nas relações com as características de crescimento.** Piracicaba, 1987, 115p. (Tese de Mestrado).

PEARSON, R. G. & GILMORE, R. C. **Effects of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine.** *For Prod Journal*, 30(5): 47-54, 1980.

POLGE, H. **Facteurs écologique et qualité du bois.** *Annual Science Forestry*, 30:307-28, 1973.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS J. B. dos & PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária.** Lavras, Editora Globo, 1991, 359p.

SHEPARD, R. K. **Wood properties of red spruce in maine on soils of three drainage classes.** *Wood and fiber science*, 19(3):233-8, 1987.

SHIMOYAMA, V. R. de S. & BARRICHELO, L. E. G. **Densidade básica da madeira, melhoramentos e manejo florestal.** *IPEF Série Técnica*, 6(20): 1-22, 1989.

VASCONCELLOS DIAS, R. L. & CLAUDIO-DA-SILVA JR., E. **Pulp and paper properties as influenced by wood density.** In: *Transactions of The 8th Fundamental Research Symposium, Oxford, 1985.*

VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. **Genética biomédica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 486p.

ZOBEL, B. J. & TALBERT, J. T. **Applied forestry tree improvement.** New York, John Wiley & Sons, 1984. 505p.

ZOBEL, B. J. & VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood variation - its causes and control.** Berlin, Springer-Verlag, 1989, 363p.