

Foto: José Alfredo Sturion



## Influência do Caráter Sobrevivência na Produtividade e Seleção para Massa Foliar em Erva-mate

Rosângela Maria Simeão<sup>1</sup>  
José Alfredo Sturion<sup>2</sup>  
Marcos Deon Vilela de Resende<sup>3</sup>  
José Sebastião Cunha Fernandes<sup>4</sup>  
Ângelo Luiz Ulbrich<sup>5</sup>

### INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade consiste num dos principais objetivos a ser alcançado em programas de melhoramento de espécies florestais. No caso da erva-mate procura-se aumentar a produção de massa foliar. Nesse sentido é importante combinar a produção por árvore com a sobrevivência por unidade de área. Quando se inclui sobrevivência é importante considerar a distribuição aleatória de indivíduos vivos ou mortos para uma dada condição experimental. Para isso, o melhor procedimento é realizar uma análise de variância para esse caráter e verificar se há diferenças significativas entre os tratamentos (Ramalho et al., 2000). Se não forem evidenciadas diferenças significativas pode-se inferir que a sobrevivência ocorreu de forma aleatória, não afetando as estimativas de variâncias dos caracteres de crescimento avaliados, aumentando, porém, o erro padrão da estimativa da herdabilidade, pelo fato de ter-se baseado em um número menor de árvores (Matheson & Raymond, 1984). Por outro lado, os efeitos da mortalidade sobre as variâncias genéticas, podem levar, quando não consideradas adequadamente, a estimativas

viciadas dos valores genéticos dos indivíduos na idade de seleção.

A sobrevivência diferencial de grupos de indivíduos deve ainda ser abordada sob o enfoque da correlação entre esse caráter e os caracteres de crescimento usados como critérios de seleção, ocorrendo três situações: a correlação pode ser positiva e alta, indicando que os genótipos superiores para um caráter também o serão para o outro; a correlação pode ser nula, indicando que o controle genético das características de crescimento avaliadas e a sobrevivência eram diferentes e, portanto, a seleção para um não afetaria o outro e a correlação pode ser negativa, de modo que a seleção para um dos caracteres é prejudicial ao outro. Em todas essas situações a sobrevivência torna-se importante quando o objetivo é aumentar a produtividade e deve ser considerada no processo seletivo, seja na forma de índice ou como caráter auxiliar na seleção.

Com base nessas considerações o presente trabalho teve

<sup>1</sup> Bióloga, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte. rosangela@cnpqc.embrapa.br

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas. sturion@cnpf.embrapa.br.

<sup>3</sup> Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Floresras. deon@cnpf.embrapa.br.

<sup>4</sup> Engenheiro-Agrônomo, Faculdades Federais Integradas de Diamantina. cunha@citel1.com.br

<sup>5</sup> Engenheiro-Agrônomo, ALU - Agronomia e Planejamento Agrário Rio Azul, PR.

como objetivos estimar parâmetros genéticos e fenotípicos para o caráter sobrevivência e estabelecer correlações genéticas e fenotípicas entre a sobrevivência e o caráter produção de massa foliar, bem como propor uma estratégia de seleção empregando ambos caracteres como critério, através da análise de populações e famílias de erva-mate.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 164 progênies de meios-irmãos de oito procedências, em três locais de experimentação no Paraná: Ivaí, Guarapuava e Rio Azul (Tabela 1).

**Tabela 1.** Número de progênies implantadas por procedência em cada local.

Procedências	Número de progênies		
	Ivaí	Guarapuava	Rio Azul
Ivaí	25	24	25
Colombo	18	10	20
Barão de Cotegipe	21	16	21
Quedas do Iguaçu	24	17	25
Pinhão	22	11	24
Antonio Olinto	5	5	17
Cascavel	25	19	24
São Mateus do Sul	1	0	0
Totais	141	102	156

Os testes foram plantados em março, agosto e setembro de 1997 em Ivaí, Guarapuava e Rio Azul, respectivamente. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 10 repetições em Ivaí e cinco repetições em Guarapuava e Rio Azul, todos com parcelas lineares de seis plantas e espaçamento 3 m x 2 m. As progênies foram casualizadas independentemente das procedências. Os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar, em quilogramas por planta (kg/planta), foram avaliados aos 28 meses em Ivaí e aos 26 meses em Guarapuava e Rio Azul, contados a partir da data de instalação dos experimentos.

Para a avaliação de peso foliar por indivíduo nas progênies foi adotado o modelo linear misto segundo Resende et al. (1999). Esse caráter foi avaliado em três locais, com oito procedências, com algumas famílias comuns.

As estimativas dos componentes de variância, dos parâmetros genéticos e a predição dos valores genéticos dos indivíduos, genitoras e procedências, foram realizadas através do procedimento REML/BLUP, empregando-se o programa DFREML (Meyer, 1998).

Foram realizadas também análises univariadas, por local de experimentação, visando verificar a significância, no ajuste dos modelos, do efeito de procedências. Para tanto foi empregado o Teste da Razão de Verossimilhança (LRT) (Dobson, 1990).

Para o caráter sobrevivência, a conversão dos parâmetros genéticos obtidos na escala binomial para a escala normal foi realizada empregando-se a transformação de probitos (Robertson & Lerner, 1949; Resende, 1999).

Foi realizada a transformação da correlação fenotípica na escala binomial para a escala normal, considerando que apenas o caráter sobrevivência foi avaliado na escala binomial (Olausson & Ronning, 1975; Resende, 1999).

Para obtenção da variável produção de massa foliar por hectare foram utilizados os valores genéticos preditos para os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar por árvore, considerando o espaçamento de 3 m x 2 m (1666 árvores/ha).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sobrevivência, avaliada nos três experimentos com erva-mate, não ocorreu de forma aleatória, resultando em diferenças significativas entre progênies e procedências. Desta forma, foram estimados os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais que, além da variância genética aditiva dentro e entre procedências, foram sintetizados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos associados à avaliação das procedências conjuntamente através dos locais, para o caráter sobrevivência em erva-mate.

	Local		
	Ivaí	Guarapuava	Rio Azul
$\sigma_{aE}^2$	0,0009	-	0,0021
$\sigma_{aD}^2$	0,0008	0,0038	0,0025
$h_{aDb}^2$	0,02 ± 0,02	0,11 ± 0,07	0,05 ± 0,04
$h_{aDn}^2$	0,13	0,59	0,19
$h_{aEb}^2$	0,03 ± 0,02	0	0,04 ± 0,03
$h_{aEn}^2$	0,15	0	0,16
$c^2$	0,07	0,21	0,14
$\rho_p$	0,5333	-	0,4571
Média	0,97	0,96	0,94
	Ivaí-Guarapuava	Ivaí-Rio Azul	Guarapuava-Rio Azul
$\rho_a$	-0,06	0,52	0,82
$\rho_{pij}$	-	0,99	-
$\rho_{F_b}$	-0,003	0,05	0,07
$\rho_{F_n}$	-0,017	0,48	0,55
LRT	63,365 <sup>s</sup>	0,1308 <sup>ns</sup>	45,107 <sup>s</sup>

$\hat{S}_{aE}^2$ : estimativa da variância genética aditiva entre procedências;  $\hat{S}_{aD}^2$ : estimativa da variância genética aditiva dentro de procedências; estimativas de herdabilidades individuais sentido restrito na escala binomial ( $\hat{h}_{aDb}^2$ ) e normal ( $\hat{h}_{aDn}^2$ ); correlação fenotípica intraclasses entre indivíduos de diferentes famílias, mas da mesma procedência na escala binomial ( $\hat{h}_{aEb}^2$ ) e na escala normal ( $\hat{h}_{aEn}^2$ );  $\hat{c}^2$ : correlação intraclasses devida ao ambiente comum da parcela para cada local;  $r_p$ : correlação genética intraclasses entre indivíduos de uma mesma procedência mas de diferentes famílias;  $r_a$ : correlação genética aditiva entre locais;  $\hat{r}_{pij}$ : correlação genética entre o desempenho de procedências de um local para outro;  $\hat{r}_{F_b}$ : correlação fenotípica entre locais na escala binomial e na escala normal ( $\rho_{F_n}$ ) LRT: Teste de Razão de Verossimilhança, sendo s e ns: significativo a 95% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste de  $\chi^2$ .

A herdabilidade, no sentido restrito em termos de indivíduo, na escala normal ( $\hat{h}_{aDn}^2$ ) apresentou magnitude que variou de baixa (0,13) a alta (0,59), para taxas de incidência bastante próximas nos três locais. Não existe concordância entre as estimativas de herdabilidade nas duas escalas, a não ser nos casos de incidência extrema, e especialmente quando a herdabilidade na escala normal é alta (Dempster & Lerner, 1950; Mercer & Hill, 1984).

A correlação genética intraclasses entre indivíduos de uma mesma procedência mas de diferentes famílias foi de 53,33% em Ivaí e de 45,71% em Rio Azul. Esse resultado indicou que aproximadamente 50% da variância genética aditiva total foi determinada pela variância genética aditiva entre procedências. Nestes dois locais, serão selecionados mais indivíduos das melhores

procedências. Em Guarapuava o efeito de procedências não foi significativo, com base no Teste de Razão de Verossimilhança (LRT).

A ausência de correlação genética entre Ivaí e Guarapuava indicou que fatores seletivos (solos, por exemplo) atuando nos dois locais e determinando a sobrevivência devem ser diferentes. A alta correlação genética entre o desempenho de procedências em Ivaí e Rio Azul indicou que as melhores procedências em um local também o serão no outro, no que se refere à sobrevivência.

As correlações genéticas e fenotípicas, nas escalas binomial e normal, entre o caráter sobrevivência e o caráter produção de massa foliar por hectare, por local, são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar.

	Local		
	Ivaí	Guarapuava	Rio Azul
$\rho_{axy}$	0,42	0,82	1,00
$\rho_{pxy}$	0,92	-	0,94
$\rho_{F_{(x,y)b}}$	0,13	0,30	0,22
$\rho_{F_{(x,y)n}}$	0,30	0,69	0,44
$\rho_c$	0,56	0,48	0,47

( $\rho_{axy}$ ): correlações genéticas aditivas dentro de procedências; ( $\rho_{pxy}$ ): entre procedências; ( $\rho_{F_{(x,y)b}}$ ): fenotípicas na escala binomial; ( $\rho_{F_{(x,y)n}}$ ): fenotípica na escala normal; ( $\rho_c$ ): correlação ambiental, ao nível do efeito de parcela, por local.

As correlações genéticas aditivas entre os caracteres, tanto dentro de procedências quanto entre procedências, foram positivas e de alta magnitude, com exceção da magnitude da correlação genética dentro de procedências em Ivaí ( $r_{axy} = 0,42$ ). Esses resultados sugerem que os genes responsáveis pela produção de massa foliar estão associados àqueles que promovem a sobrevivência.

As correlações fenotípicas, que mediram a associação fenotípica entre os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar, foram de baixa magnitude em Ivaí e Rio Azul e de média magnitude em Guarapuava, quando comparadas na escala normal. Os coeficientes de correlação ambiental, positivos e de média magnitude em Ivaí e baixa em Rio Azul e Guarapuava, indicam que os ambientes afetam igualmente a sobrevivência e a produção de massa foliar.

Segundo Resende (1999), uma das vantagens de se trabalhar com os parâmetros de caracteres de limiar na escala normal é a de permitir a realização de estudos e prática de seleção indireta, bem como a realização de seleção usando caracteres auxiliares. Desse modo, foi obtida a eficiência da seleção indireta e da seleção direta usando caracteres auxiliares em relação à seleção direta, tanto para o caráter produção de massa foliar quanto para sobrevivência, para cada local (Tabela 4).

**Tabela 4.** Eficiências de estratégias de seleção visando ganho nos caracteres produção de massa foliar (x) e sobrevivência (y) em relação à seleção direta nesses caracteres.

Seleção	Local		
	Ivaí	Guarapuava	Rio Azul
Seleção indireta (y/x) (Ganho em produção de massa foliar)	0,39	0,80	0,91
Seleção indireta (x/y) (Ganho em sobrevivência)	0,45	0,84	1,10
Seleção multivariada (x,y/y) (Ganho em sobrevivência)	1,06	1,39	1,33
Seleção multivariada (x,y/x) (Ganho em produção de massa foliar)	1,05	1,38	1,23

As estimativas de eficiência do ganho indireto indicaram que apenas em Rio Azul ( $Ef. = 1,10$ ) a seleção indireta, com base apenas no caráter produção de massa foliar, poderia ser praticada e resultar em ganho indireto em sobrevivência. Isto em função da alta correlação genética entre esses dois caracteres e à maior herdabilidade estimada para produção de massa foliar em relação à herdabilidade para sobrevivência neste local. Em todas as outras situações a eficiência da seleção indireta é menor que a seleção direta no próprio caráter.

A seleção multivariada apresentou maior eficiência que as demais modalidades de seleção, sendo que uma menor eficiência foi verificada em Ivaí do que nos outros locais. Esse resultado, provavelmente, ocorreu em função da menor correlação genética aditiva dentro de procedências e da baixa magnitude da correlação fenotípica entre os caracteres, neste local, contrariamente ao que foi evidenciado em Guarapuava. O efeito de procedências não foi considerado nestes cálculos, o que permite considerar que houve uma subestimativa dos ganhos com a seleção direta, indireta e multivariada em Ivaí e Rio Azul, onde tal efeito foi significativo.

Como o objetivo da seleção envolve os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar, a adoção de um sistema de seleção que considere os dois caracteres conjuntamente deve ser atendido na prática. Empregou-se o procedimento de seleção pelo valor genético da variável produtividade de massa foliar por hectare, adaptando para erva-mate o procedimento apresentado por Resende (1999).

Com a utilização dessa metodologia, verificou-se que a seleção com base no valor genético da variável produtividade de massa foliar por hectare alterou o ordenamento dos indivíduos que haviam sido selecionados apenas com base no valor genético do caráter produção de massa foliar.

Em Guarapuava, dos 50 indivíduos superiores para a variável produtividade de massa foliar por hectare, três não haviam sido selecionados entre os 50 superiores para o caráter produção de massa foliar. Em Ivaí e Rio Azul houve apenas uma alteração na ordem dos 50 indivíduos selecionados pelo valor genético do caráter produção de massa foliar.

Esses resultados demonstram a importância da consideração do caráter sobrevivência nos programas de melhoramento florestal. O uso do procedimento BLUP, que penalizou as genitoras cujas progênies sobreviveram menos, por ocasião da predição dos valores genéticos para produtividade de massa foliar, associado à obtenção dos valores genéticos preditos para sobrevivência, mostrou-se uma alternativa segura para contornar a questão de falhas nos experimentos de campo.

## CONCLUSÕES

As procedências são mais estáveis através dos ambientes que as progênies para o caráter sobrevivência.

Houve uma alta correlação genética aditiva entre os caracteres sobrevivência e produção de massa foliar, tanto dentro de procedência quanto entre procedências, nos três locais.

A seleção com base na produtividade de massa foliar por hectare é uma alternativa segura para obtenção de ganho em produtividade considerando, também o caráter sobrevivência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEMPSTER, E. R.; LERNER, I. M. Heritability of threshold characters. **Genetics**, v. 35, p. 212-236, 1950.

DOBSON, A. J. **An introduction to generalized linear models**. Melbourne: Chapman & Hall, 1990. 174 p.

MATHESON, A. C.; RAYMOND, C. A. Provenance x environment interaction: its detection, practical importance and use with particular reference to tropical forestry. In: JOINT WORK CONFERENCE ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES, 1984, Mutare. **Proceedings...** Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1984. p. 81-117.

MERCER, J. T.; HILL, W. G. Estimation of genetic parameters for skeletal in broiler chickens. **Heredity**, Edinburgh, v. 53, p. 193-293, 1984.

MEYER, K. **DFREML**: version 3.0b: user notes. Institute of Animal Genetics of Edinburgh-Scotland/Animal Genetics and Breeding Unit of the University of New England, Armidale-Australia. 1998. 31 p.

OLAUSSON, A.; RONNINGEN, K. The estimation of genetic parameters for threshold characters. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 25, p. 201-208, 1975.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação genética e melhoramento de plantas**. Lavras: Ed. UFLA, 2000. 303 p.

RESENDE, M. D. V. de. Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal. 434 p. 1999. Tese (Doutorado em Genética) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. S. C.; SIMEÃO, R. M. BLUP individual multivariado em presença de interação genótipos x ambientes para delineamentos experimentais repetidos em vários ambientes. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 17, p. 209-228, 1999.

ROBERTSON, A.; LERNER, I. M. The heritability of all-or-none traits: viability of poultry. **Genetics**, v. 34, p. 395-411, 1949.

### Comunicado Técnico, 94

#### Embrapa Florestas

Endereço: Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

Fone: (0\*\*) 41 666-1313

Fax: (0\*\*) 666-1276

E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Para reclamações e sugestões *Fale com o*

*Ouvidor*: [www.embrapa.br/ouvidoria](http://www.embrapa.br/ouvidoria)

1ª edição

1ª impressão (2003): conforme demanda



### Comitê de publicações

**Presidente:** Luciano Javier Montoya Vilcahuaman

**Secretária-Executiva:** Guiomar M. Braguinha

**Membros:** Antonio Maciel Botelho Machado / Edilson

Batista de Oliveira / Jarbas Yukio Shimizu / José

Alfredo Sturion / Patricia Póvoa de Mattos / Susete

do Rocio Chiarello Penteadó

### Expediente

**Supervisor editorial:** Luciano J. Montoya Vilcahuaman

**Revisão gramatical:** Ralph D. M. de Souza

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara

Trevisan / Lidia Woronkoff

**Editoração eletrônica:** Cleide Fernandes de Oliveira.