

**ESCOLHA DE CARACTERES PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO EM ERVA-MATE POR MEIO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS****CHOICE OF TRAITS FOR GENETIC IMPROVEMENT IN ERVA-MATE BY MEANS OF MULTIVARIATE TECHNIQUES**Leonardo Novaes Rosse<sup>1</sup> José Sebastião Cunha Fernandes<sup>2</sup>**RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi aplicar a técnica dos componentes principais como suporte para a seleção de caracteres em erva-mate, bem como estimar parâmetros genéticos. Os resultados indicaram ser possível obter sucesso com a seleção para os caracteres avaliados, haja vistos que as herdabilidades foram de magnitude média a alta. O caracter altura do fuste foi o que apresentou maior coeficiente de variação, menor herdabilidade e menor coeficiente de correlação com os demais. Por meio dessa técnica, observou-se que a altura do fuste foi a que menos contribuiu para a variação dos dados, sendo passível de descarte. Verificou-se que os caracteres altura da planta e diâmetro da copa podem representar de maneira satisfatória a variação ocorrida.

**Palavras-chave:** componentes principais, *Ilex paraguariensis*, parâmetros genéticos.

**ABSTRACT**

The present study was carried out to estimate some genetic parameters and apply the principal components technique as a support for selection of several traits in erva-mate. Heritability estimates were significant for most of the evaluated traits suggesting possibility of great genetic gains with simple selection techniques. The shaft height trait showed high coefficient of variation, low heritability and low correlation with the other ones. Beside that, this trait showed to have the lowest contribution to the total variation of the data, as demonstrated by principal components, and could be discarded. Plant height and crown diameter, on the other hand, accounted for the most part of the detected variation.

**Key words:** principal components, *Ilex paraguariensis*, genetics parameters.

**INTRODUÇÃO**

É comum, nos programas de melhoramento genético de plantas e animais, proceder-se à avaliação de vários caracteres simultaneamente. No entanto, nessa avaliação, muitos deles podem mostrar-se redundantes ou altamente correlacionados uns com os outros, acarretando acréscimo no trabalho de avaliação e, não necessariamente, implicando em acréscimo na sua precisão. Além desse agravante, as metodologias empregadas para a análise dos dados desses caracteres são univariadas, uma vez que cada um deles é analisado de modo separado e de forma individualizada (Dias, 1994).

A genética quantitativa desde o seu início como ciência, alcançou avanços significativos, principalmente em razão dos recursos computacionais desenvolvidos, o que possibilitou o emprego de algumas técnicas estatísticas de elevada complexidade, tornando-as hoje corriqueiras, como as análises multivariadas.

Dentre as técnicas multivariadas, a análise dos componentes principais tem-se mostrado de uso bastante generalizado. Segundo Dias (1994), ela tem sido aplicada com os mais diversos propósitos, numa gama de espécies vegetais como, por exemplo, auxiliando os pesquisadores na redução de um grande conjunto de caracteres em outro menor e de sentido biológico, eliminando-se, dessa forma, aqueles que contribuem pouco para a variação total. No tocante ao melhoramento, o emprego dessa metodologia possibilita a identificação de genitores divergentes para a hibridação; auxilia a avaliação da divergência genética entre acessos em bancos de germoplasmas, dentre outras finalidades.

1. Engenheiro Florestal, Professor do Departamento de Estatística, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19081, CEP 81530-990, Curitiba (PR). Inrosse@est.ufpr.br

2. Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Genética, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Caixa Postal 19071, CEP 81531-991, Curitiba (PR). cunha@bio.ufpr.br

Na região Sul do Brasil, a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) apresenta importância socioeconômica e ambiental muito importante, embora a sua exploração ainda se faça de maneira extrativista (Winge *et al.*, 1995). Motivado por esse fator, o Centro Nacional de Pesquisa em Florestas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ/EMBRAPA) começou no início da década de 90 a elaborar programas estratégicos, objetivando conhecer os mais diversos aspectos relacionados à sua biologia reprodutiva, genética, fisiologia, bioquímica dentre outros. Do ponto de vista econômico e do melhoramento, o caracter de maior importância é o peso de folhas (massa foliar), haja vista ser ele o objeto de comercialização.

Como a avaliação de muitos caracteres é trabalhosa e passível de erros o que pode afetar a seleção das melhores plantas, o ideal seria que a seleção para a massa foliar se baseasse em poucos caracteres que se mostrem bem correlacionados a ela, permitindo, com isso, que se elimine aqueles redundantes.

Por essas razões, este trabalho tem como propósito aplicar a técnica dos componentes principais como ferramenta de suporte para a escolha dos caracteres em erva-mate de mais fácil mensuração e sujeitos a menos erros e que se mostrem associados ao caracter-alvo (peso de massa verde), bem como estimar os parâmetros genéticos dos caracteres desses materiais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados para se realizar esse estudo foram obtidos na Fazenda Canguiri, de propriedade de UFPR mediante o convênio firmado entre o CNPF/EMBRAPA e o Departamento de Genética da UFPR. Utilizaram-se cinco fontes de germoplasma de erva-mate coletados pelo CNPF/EMBRAPA em 1994 em distintos municípios da Região Sul, quais sejam: Ivaí, Colombo, Quedas do Iguaçu e Cascavel no Paraná e Barão de Cotegipe no Rio Grande do Sul. Por causa da grande distância geográfica entre esses municípios, Resende *et al.* (1995) mencionam que as progênies advindas dessas localidades podem ser consideradas como populações distintas.

O experimento foi implantado em julho de 1997 no delineamento látice 8x8, totalizando 64 progênies repetidas nove vezes, contendo seis plantas por parcela espaçadas 1,6 m entre plantas e 2,5m entre fileiras. Em consequência da não-eficiência do látice, as análises estatísticas foram realizadas como blocos ao acaso, considerando-se todos os efeitos do modelo como aleatórios.

Avaliaram-se sete caracteres em junho e julho do ano de 2000, quais sejam: altura da planta, altura da copa, altura do fuste, diâmetro da copa (todos em cm) diâmetro do coleto (mm) e peso verde da parte aérea (kg). O volume (cm<sup>3</sup>) foi obtido pela equação:  $v = (\pi d^2 h)/12$ , em que d e h correspondem, respectivamente, ao diâmetro e a altura da copa.

Antes de se aplicar a técnica dos componentes principais, procedeu-se à análise de correlação entre os sete caracteres, sendo os coeficientes testados pelo teste t, conforme Cruz e Regazzi (1994). A técnica dos componentes principais sobre os caracteres teve por finalidade identificar aqueles que representam a maior variação. Adotou-se dois critérios para descarte daqueles pouco informativos. O primeiro foi o da correlação, como apresentado por Manley (1986), em que se mede a contribuição de cada caracter para cada um dos componentes principais. O segundo foi com base na recomendação de Jolliffe (1972, 1973) em que os caracteres de menor importância seriam aqueles que apresentassem o maior coeficiente de ponderação em cada componente com autovalor menor que 0,70. Para facilitar a visualização do comportamento dos caracteres após a análise pelos componentes principais, procedeu-se à análise dos fatores (Manley, 1986) considerando apenas os autovalores acima de 0,80 cujo o objetivo é de agrupar os caracteres que apresentam alta correlação entre si. Empregou-se também o índice apresentado por Resende (1999) para se verificar a eficiência ou o ganho em acurácia com a seleção multivariada no caracter principal. Segundo esse autor, a eficiência seletiva por esse índice será tanto maior quanto maior for a diferença absoluta entre os valores das correlações genética e ambiental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentado o resumo da análise de variância dos sete caracteres, bem como, os seus parâmetros genéticos de maior interesse. A precisão experimental avaliada pelo coeficiente de variação

(CV) variou de 23,8% para a altura da planta até 91,5% para o volume. De um modo geral, essa elevada amplitude dos valores do CV se deve às diferentes taxas de desenvolvimento das plantas, em parte inerente à qualidade das mudas, a danos causados durante os tratos culturais e ao ataque de pragas. Esses fatores contribuíram para que o número de plantas por parcela variasse bastante, acarretando baixa média em algumas parcelas.

Novamente pela Tabela 1, observa-se que, para todas os caracteres, as fontes de variação mostraram diferenças significativas, exceto para a altura do fuste em procedência.

TABELA 1: Resumo da análise de variância para os caracteres de erva-mate e as estimativas dos seus parâmetros genéticos.

FV	GL	QM						
		Altura planta	Altura copa	Altura fuste	Diâmetro caule	Diâmetro copa	Peso	Volume
Rep	8	14356,791	13708,096	3358,171	1911,534	32984,878	1143457,100	191735,550
Prog	63	6330,356	5382,486	461,062	262,078	3849,464	389138,200	35459,180
Proc	4	44114,612	42358,578	608,639	1513,980	35303,871	2841134,380	261377,062
Prog(proc)	59	4433,218	3361,031	467,137	202,219	2052,207	256136,580	23235,608
Rep x Prog	504	1758,644	1338,386	336,519	92,114	883,100	124446,200	13639,120
Dentro	2579	884,807	645,500	263,061	51,874	332,592	56477,000	6202,700
Média		75,5	62,5	13,0	13,4	43,2	201,9	54,6
CVe (%)		23,8	25,0	60,4	30,6	29,4	74,8	91,5
CVg (%)		25,8	29,3	24,7	28,0	36,3	73,5	78,0
$h^2_{\text{prog}}$		32,30	37,60	3,60	20,70	41,80	28,40	21,20
$h^2_{\text{prog}} \text{ média}$		72,4	75,3	27,1	65,1	77,3	68,3	61,8
$h^2_{\text{proc}} \text{ média}$		90,4	92,3	36,6	87,4	94,3	91,3	78,9
$h^2_{\text{prog/proc}} \text{ média}$		60,6	60,4	28,1	54,7	57,3	51,7	79,2
B		1,08	1,17	0,40	0,91	1,23	0,98	0,85

Em que: Rep = repetição; Prog = progênie; Proc = procedência; Prog(proc) = progênie dentro de procedência; Rep x prog = interação repetições com progênies; Dentro = erro dentro das parcelas; CVe = coeficiente de variação ambiental; CVg = coeficiente de variação genético;  $h^2_{\text{prog}}$  = coeficiente de herdabilidade ao nível de indivíduos no experimento;  $h^2_{\text{prog}} \text{ média}$  = coeficiente de herdabilidade de progênies ao nível de média;  $h^2_{\text{proc}} \text{ média}$  = coeficiente de herdabilidade de procedência ao nível de média;  $h^2_{\text{prog/proc}} \text{ média}$  = coeficiente de herdabilidade de progênies dentro de procedência ao nível de média; b: relação entre o CVg sobre o CVe. Todas as fontes de variação foram significativas em todos os caracteres, exceto para procedência em altura do fuste.

O coeficiente de herdabilidade, para progênies no sentido restrito ao nível de indivíduos, no experimento (Tabela 1), mostrou-se bastante variável, de 3,60% para a altura do fuste até 41,80% para o diâmetro da copa, indicando ser possível obter sucesso com a prática da seleção. Deve-se, no entanto, considerar que, em progênies, estão contidos os efeitos de progênies dentro de procedências e também de procedências, o que acarreta uma superestimativa dos valores dos parâmetros genéticos. Verifica-se que os coeficientes de herdabilidade ao nível de média foram altos, sendo os menores valores para a altura do fuste.

Resultados de estimativas desses parâmetros na literatura para erva-mate são escassos, porém Sturion *et al.* (1997) mencionam estimativas de herdabilidade para altura da planta em populações adultas em torno de 5%, valor esse inferior ao encontrado neste trabalho. No entanto, salienta-se que tal diferença, segundo Fernandes *et al.* (2000), se pode dever à idade das plantas e também às populações utilizadas. Esses resultados sugerem que a seleção de progênies e procedências deve ser realizada considerando-se as informações em nível de médias. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), um outro parâmetro genético muito

informativo é o índice b, dado pela relação entre os CV genético e ambiental, e quanto maior, melhor é para o melhoramento genético. Valores mais altos ocorreram para as alturas da planta, da copa e diâmetro da copa (Tabela 1). O carácter altura do fuste foi o que apresentou a menor relação, sendo segundo este critério, o menos indicado para a seleção. O autor considera também que estando essa relação próxima de 1, já é um bom indicio para considerar o carácter para seleção.

Quando se avalia um grande número de caracteres nas plantas, espera-se que muitos deles possam ser eliminados, pois sua contribuição para a variação total pode ser pequena. A Tabela 2 mostra que o grau de associação entre os caracteres foi significativo ( $P < 0,01$ ), exceto para a altura do fuste com a altura da copa. As outras correlações envolvendo a altura do fuste embora tenham sido também significativas ( $P < 0,05$ ), não foram de magnitude elevada.

TABELA 2: Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica (na diagonal superior) e genética aditiva (na diagonal inferior) entre os caracteres de erva-mate.

	Altura planta	Altura copa	Altura fuste	Diâmetro caule	Diâmetro copa	Peso	Volume
Altura planta	-----	0,97**	0,41*	0,90**	0,94**	0,93**	0,92**
Altura copa	0,98**	-----	0,17 <sup>ns</sup>	0,85**	0,94**	0,91**	0,92**
Altura fuste	0,43*	0,28*	-----	0,46*	0,29*	0,34*	0,29*
Diâmetro Caule	0,95**	0,88**	0,71**	-----	0,90**	0,90**	0,89**
Diâmetro Copa	0,98**	0,97**	0,45*	0,97**	-----	0,94**	0,96**
Peso	0,99**	0,96**	0,53*	0,97**	0,99**	-----	0,96**
Volume	1,00**	1,00**	0,55*	1,00**	1,00**	1,00**	-----

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1% de probabilidade pelo teste t; ns = não-significativo.

Com o auxílio dessa matriz de correlação, estimaram-se, com base nos valores fenotípicos, os autovalores e autovetores associados a esse conjunto de dados que irão gerar os componentes principais. Pela Tabela 3, verifica-se que os dois primeiros autovalores conseguiram explicar mais de 90% da variação total disponível. Em outras palavras, significa dizer que dois componentes principais são suficientes para representar toda a variação que está implícita nesse conjunto de dados.

Utilizando os critérios de descarte dos caracteres, verificou-se, pela correlação, que o carácter de menor contribuição para a constituição do primeiro componente foi a altura do fuste. Já para o segundo componente, esse mesmo carácter foi o único que contribuiu significativamente para a sua variação. Deve-se considerar, no entanto, que o primeiro componente foi responsável por mais de 80% de toda a variação, dando um indicativo de que o segundo componente foi pouco informativo. Tal assertiva permite inferir que o carácter altura do fuste pode ser descartado. De fato, pela Tabela 2, nota-se que ele foi o que apresentou as menores correlações com os demais.

Aplicando agora o critério de Jolliffe (1972, 1973), eliminar-se-iam, em ordem, os seguintes caracteres: diâmetro do caule, diâmetro da copa, altura da planta e volume. Esse resultado vai contra o encontrado mediante a correlação. Nesse aspecto, é conveniente ressaltar que o critério acima adotado é mais eficiente em discriminar os menos informativos, quando se considera um conjunto formado por, no mínimo, dez caracteres. Nesse estudo, isso não ocorreu, podendo ter contribuído para a discordância desses resultados.

Presume-se, a princípio, que o critério de descarte baseado na correlação foi eficiente. Por outro lado, se o objetivo for usar um índice utilizando-se caracteres auxiliares no melhoramento, o critério apresentado por Jolliffe mostra-se mais adequado, pois nessa situação aqueles altamente correlacionados com o carácter objetivo, no caso peso de massa verde, praticamente não contribuirão para o aumento da eficiência seletiva. Dessa forma, o carácter altura do fuste pode até contribuir para o aumento da eficiência seletiva para o carácter-alvo. Para essa verificação, empregou-se o índice apresentado por Resende (1999) em que se utilizaram os caracteres peso e altura do fuste respectivamente, como carácter-alvo e auxiliar. Encontrou-se o valor 1,01, indicando que a análise multivariada foi equivalente à univariada. Em outras palavras, significa inferir que a precisão com que as estimativas dos parâmetros genéticos foram estimados

via modelo univariado se equívalem ao do modelo multivariado. Esse resultado informa também que o caracter altura do fuste não contribui para eficiência seletiva do caracter-alvo.

Ressalta-se que a correlação genética aditiva entre peso e altura do fuste foi superior ao da correlação fenotípica (Tabela 2) e ambiental para os mesmos caracteres e, nessa situação, o ganho em acurácia será diretamente proporcional ao valor da herdabilidade no caracter auxiliar em relação à herdabilidade no caracter objetivo. No entanto, a altura do fuste apresentou problemas relativos a sua mensuração o que vem confirmar que, para uma maior eficiência no processo seletivo, deve-se basear em resultados advindos de várias podas.

TABELA 3: Estimativas das variâncias dos componentes (autovalores) e dos autovetores associados aos caracteres de erva-mate.

Autovalor	Autovalor acumulado (%)	Autovetores						
		Altura planta	Altura Copa	Altura fuste	Diâm. caule	Diâm. copa	Peso	Volume
5,7497	82,14	0,408	0,396	0,167	0,394	0,406	0,405	0,404
0,9295	95,42	0,016	-0,246	0,948	0,113	-0,108	-0,055	-0,114
0,1329	97,31	0,537	0,548	0,119	0,439	-0,075	-0,281	-0,343
0,1080	98,86	-0,070	-0,123	0,150	-0,791	0,111	0,353	0,438
0,0561	99,66	-0,096	-0,116	-0,045	-0,072	0,766	-0,610	0,106
0,0237	100	0,090	0,093	-0,015	0,080	-0,468	-0,504	0,709
0,0001	100	-0,722	0,667	0,186	0,000	0,000	0,000	0,000

Com base nos autovalores acima de 0,80, procedeu-se à análise dos fatores (Manley, 1986) apresentado os resultados na forma gráfica. Observa-se, pela Figura 1, a ocorrência de dois grupos, um contendo seis caracteres e o outro apenas um, nesse caso, a altura do fuste. Essa figura mostra claramente que o grupo formado por seis caracteres apresentaram entre si forte correlação (Tabela 2).

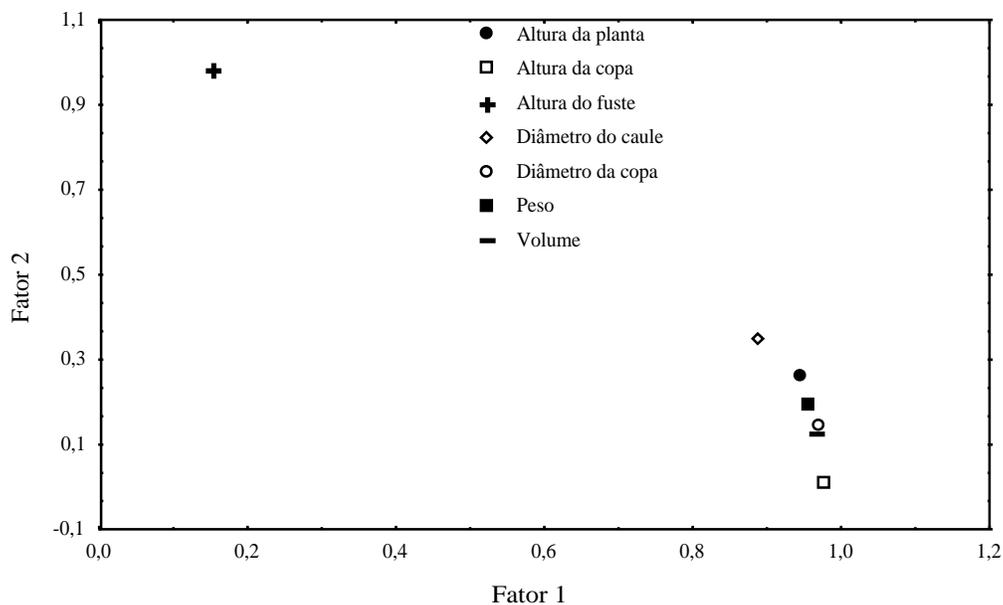


FIGURA 1: Disposição gráfica dos caracteres após a rotação dos dois fatores.

É possível inferir com base nesses resultados, que dos sete caracteres avaliados, o que se mostrou de menor importância para a variação total dos dados foi a altura do fuste, podendo assim descartá-lo. Esse caráter apresentou um dos maiores CV, a menor estimativa de herdabilidade e os menores coeficientes de correlação com todos os demais. Constatou-se também que apenas dois componentes explicam satisfatoriamente a variação total disponível nos dados. Por causa do alto grau de correlação entre os caracteres, a utilização de quaisquer dois deles pode representar adequadamente o caráter-alvo, nesse caso, o peso de massa foliar. Nessa situação, a escolha cabe àqueles de mais fácil mensuração e sujeito a menos erros durante essa etapa como, por exemplo, a altura e o diâmetro da copa, inferência essa alicerçada nos baixos valores estimados dos seus CV.

É importante mencionar também que esses resultados basearam-se em um único ano de avaliação em que as plantas do erval apresentavam 36 meses de idade, não se encontrando em franco estágio de produção de massa foliar. Esse fato impossibilita a estimativa da repetibilidade, não permitindo estimar o efeito de anos sobre esses caracteres. Além do mais, elas foram submetidas apenas a uma poda e, conforme Sturion *et al.* (1997), plantas adultas que sofreram podas repetidas expressarão o seu vigor preferencialmente em número de galhos (peso verde).

## CONCLUSÕES

As estimativas da herdabilidade foram de magnitudes não muito elevadas, mas mesmo assim, apresentaram certo grau de controle genético que pode ser explorado na seleção.

Dos sete caracteres avaliados, apenas dois representaram satisfatoriamente toda a variação ocorrida.

Para a avaliação do peso verde, pode-se considerar apenas dois caracteres, preferencialmente aqueles de mais fácil mensuração e sujeitos a menos erros, como a altura da planta e o diâmetro da copa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.D. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 390p.

DIAS, L.A.S. **Divergência genética e fenética multivariada na predição de híbridos e preservação de germoplasmas de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 994. 94p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERNANDES, J.S.C.; USHIWATA, S.; DAMINELLI, R. M.; GABARDO, J.; KOBIYAMA, M.; MACCARI, JR., A.; PREVEDELLO, C.; RESENDE, R. M. S.; RESENDE, M. D. V.; STURION, J.A. Estimativas de parâmetros relacionados ao melhoramento genético em erva-mate: possibilidade de seleção precoce. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.1, n.1/2, p. 45-53, 2000.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis; I. artificial data. **Application Statistical**, London, v.21, p.160-173, 1972.

\_\_\_\_\_. Discarding variables in a principal component analysis; I. real data. **Application Statistical**, London, v.22, p.21-31, 1973.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods: a primer**. Londres: Chapman & Hall, 1986. 159p.

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

RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A; MENDES, S. Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1995. 33p.

STURION, J.A; RESENDE, M.D.V. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de a Pesquisa de Florestas da EMBRAPA. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1., 1997, REUNIÃO TÉCNICA NO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA - CNPF, 1997. p.285-297.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, **Rev. Brasileira de Genética**, 1992. 496p.

WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TARASCONI, L.C. Apresentação. In: ERVA-MATE: biologia e cultura no Cone Sul. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 1995. p.11 -13.

