

ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E GANHOS ESPERADOS COM A SELEÇÃO DE CARACTERES JUVENIS EM PROGÊNIES DE SERINGUEIRA¹

DOLORICE MORETI², PAULO DE SOUZA GONÇALVES³, ELIANA PATRÍCIA GORGULHO⁴, ANTONIO LUCIO MELLO MARTINS⁵ e NELSON BORTOLETTO⁶

RESUMO - O presente trabalho teve por objetivo estimar parâmetros genéticos em caracteres juvenis de progênies de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A. Dr. de Juss.) Müll. Arg.]. Sementes de polinização aberta de 17 genótipos foram coletadas de uma população-base de origem asiática. As plântulas foram transplantadas sob o delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições. Os caracteres estudados foram: produção de borracha seca por corte, obtida pelo teste Hamaker-Morris-Mann (HMM) (PPB); circunferência do caule (CCC), espessura da casca (ECC), número de anéis de vasos laticíferos (NAV), diâmetro dos vasos laticíferos dos anéis (DIA); densidade dos vasos em 5 mm do anel (DEN); distância média entre os anéis consecutivos de vasos laticíferos (DMA); avaliação de copa (ACP); área foliar (AFO); circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE). Os resultados revelaram diferenças significativas entre as progênies quanto aos caracteres produção, espessura de casca e circunferência do caule. As estimativas dos diferentes tipos de herdabilidade foram de maiores magnitudes para produção, espessura da casca e circunferência do caule. As estimativas do progresso genético com a seleção entre e dentro das progênies mostraram ganhos genéticos significativos quanto aos referidos caracteres.

Termos para indexação: *Hevea brasiliensis*, herdabilidade, ganho genético, variâncias genéticas, variâncias fenotípicas.

ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS AND GAINS EXPECTED FROM SELECTION OF JUVENILE CHARACTERS IN RUBBER TREE PROGENIES

ABSTRACT - The objective of this paper was to estimate quantitative genetic parameters for growth and yielding characters in juvenile half-sib progenies of rubber trees [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A. Dr. de Juss.) Müll. Arg.]. Seventeen genotypes were randomly selected from a 35-years-old asiatic base population established in the Experimental Center of Campinas, SP, Brazil. Open pollinated seeds were collected and planted at the Experimental Station of Pindorama under randomized complete blocks design. The characters studied were: yield following Hamaker-Morris-Mann (HMM) test (PPB), girth at 50 cm from the ground (CCC), bark thickness (ECC), total number of latex vessels rings, density of latex vessels per 5 mm per ring averaged over all rings (DEN), diameter of the latex vessel rings (DIA), average distance between consecutive latex vessel rings (DMA), crown evaluation (ACP), leaf area (AFO) and leaf petiole length (CPE). Results indicated significant differences for yield, bark thickness and girth. Also the different types of heritabilities were greater for yield, bark thickness and girth. The genetic gain estimates for selection among and within the progenies showed considerable genetic advances for the studied characters, revealing the possibility of successful selection.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, heritability, genetic gain, genetic variances, phenotypic variances

INTRODUÇÃO

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A. Dr. de Juss.) Müll. Arg.] tem-se tornado uma das poucas opções de cultivo permanente para sustentação do desenvolvimento de várias regiões do Estado de São Paulo.

Nativa da região amazônica, foi por volta de 1941 que o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) interessou-se em pesquisar a cultura, em razão dos resultados de adaptabilidade observados (Cunha, 1957). Na mesma época, foram introduzi-

¹ Aceito para publicação em 7 de fevereiro de 1994. Trabalho parcialmente financiado pela FAPESP. Extraído da Dissertação apresentada pela 1ª. autora como exigência do Curso de Especialização em Heveicultura da Univ. Fed. de Mato Grosso.

² Eng.-Agr., EMPAER-MT, Mirassol D'Oeste-MT, CEP 78280-000.

³ Eng.-Agr., Ph.D. EMBRAPA, Programa Integrado de São Paulo, Programa Seringueira, Divisão de Plantas Industriais (DPI) Instituto Agrônomo de Campinas IAC. Caixa. Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP.

⁴ Eng.-Agr., Estagiária Programa Seringueira, DPI/IAC, Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP.

⁵ Eng.-Agr., M.Sc., Estação Experimental de Pindorama, IAC.

⁶ Eng.-Agr., Estação Experimental de Votuporanga, IAC.

das do Oriente dezenas de clones de alta produção, permitindo além da formação de seringais, o estabelecimento de coleções para conduzir futuros trabalhos de melhoramento genético (Cardoso, 1970).

Um dos caracteres mais importantes no melhoramento de cultivares de *Hevea* é a produção do látex, fluido citoplasmático extraído continuamente do caule das árvores através de cortes sucessivos de finas fatias de casca, denominados de "sangria". Entretanto, a expressão desse potencial é geralmente influenciada por vários fatores inerentes à árvore, como: vigor, espessura da casca, resistência ao vento e às doenças, e por práticas de manejo, como: sistema de sangria, estimulação, densidade de plantio, é nutrição.

O programa de melhoramento genético ora conduzido no Instituto Agrônomo consiste, inicialmente, da escolha dos parentais, com base nos caracteres fenotípicos relacionados com a produção do látex e com o vigor. Através de exocruzamentos, procura-se obter progênies, por via de polinização controlada ou aberta, visando à formação de viveiros de progênies de cruzamento. Aos dois anos e meio, com base em avaliações preliminares de produção através de testes precoces - vigor, formato da copa e tolerância à doenças -, os ortetes são selecionados e clonados para serem avaliados em experimentos de pequena escala. Nessa fase, após o quinto ano de sangria, os clones promissores são multiplicados e passam a ser avaliados em experimentos de grande escala (ensaios regionais). Nessa última etapa são gastos, geralmente, de doze a quinze anos, até que se possa recomendar um clone para plantio em grande escala. Portanto, são necessários cerca de 20 a 30 anos para completar o ciclo de melhoramento, partindo-se da polinização controlada à recomendação final da cultivar.

O estudo de parâmetros genéticos é de vital importância para o progresso do melhoramento genético vegetal. Somente com o conhecimento desses parâmetros pode o melhorista tomar decisões acertadas sobre os métodos a seguir. Um aspecto de grande importância nesse sentido é que eles proporcionam aos melhoristas a escolha dos parentais, e, conseqüentemente, um bom planejamento dos programas de melhoramento.

Informação sobre a variabilidade genética ou herdabilidade de caracteres que estão sendo melhorados é extremamente importante. Essa infor-

mação é, naturalmente, obtida através da utilização de modelos biométricos e delineamentos de campo; porém, em seringueira, tais pesquisas têm sido bastante limitadas. Poucos são os pesquisadores que obtiveram estimativas de herdabilidade (h^2) para alguns caracteres econômicos, tais como vigor e produção (Nga & Subramanian, 1974; Tan et al., 1975; Paiva et al., 1982; Gonçalves et al., 1983, 1990, 1992).

É sabido, também, que cada população apresentará, em cada ambiente, valores diferentes para os diversos parâmetros genéticos e estatísticos, pois esses parâmetros dependem da estrutura genética da população e das condições ambientais. Sendo assim, pouco vale utilizar parâmetros estimados em outros locais e referentes a outras populações, para resolver problemas específicos, tais como fazer a previsão do progresso genético para certa população sob seleção. Neste caso, somente parâmetros estimados na própria população e no próprio local têm valor.

O presente trabalho teve por finalidade estimar a magnitude dos coeficientes de herdabilidade para produção de borracha, circunferência do caule e demais caracteres estruturais e vegetativos de dezesseis clones jovens de seringueira. Teve, ainda, o objetivo de estimar os valores do ganho genético aplicados aos diversos caracteres estudados, os quais poderão ser utilizados nos futuros programas de melhoramento.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi instalado em 1989 na Estação Experimental de Pindorama, SP, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizada na latitude 21°13'S, longitude 48°56'W e altitude de 560 m, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo TB eutrófico de textura média, profundo e bem drenado (Lepsch & Valadares, 1976).

O clima local é do tipo tropical continental, com predominância de verão úmido, níveis de energia típicos do trópico e um período de inverno seco com temperatura e precipitações pluviais mais reduzidos. O confronto entre as chuvas mensais de evapotranspiração e de chuvas resulta num equilíbrio hídrico favorável ao crescimento e à produção no período de outubro a abril. As deficiências hídricas e os baixos níveis térmicos ocorrem nos meses de maio a setembro.

Sementes de polinização aberta foram obtidas de 17 clones parentais (Tabela 1) selecionados casualmente em uma população de 100 clones (população base)

TABELA 1. Relação de clones parentais selecionados da população-base de origem asiática estabelecida no Instituto Agrônômico.

Clones parentais	Ancestrais	Origem
AVROS 49	Clone primário	Sumatra
AVROS 255	AVROS 36 ilegítimo	Sumatra
AVROS 352	AVROS 164 x AVROS 160	Sumatra
AVROS 1328	AVROS 214 x AVROS 317	Sumatra
GT 127	Clone primário	Java
GT 711	Clone primário	Java
PB 49	Clone primário	Malásia
PB 86	Clone primário	Malásia
PB 5/63	PB 56 x PB 24	Java
PR 107	Clone primário	Malásia
RRIM 509	Pil A 44 x Lun N	Malásia
RRIM 513	Pil B 16 x Pil A 44	Malásia
RRIM 526	Pil B 58 x Pil D 65	Malásia
RRIM 600	Tjir 1 x PB 86	Malásia
RRIM 606	Tjir 1 x PB 49	Malásia
Tjir 1	Clone primário	Java
Tjir 16	Clone primário	Java

AVROS	- Algemeene Vereeniging Oostkust Sumatra	Rubberplanters
GT	- Godang Tapen	
PB	- Prang Besar	
PR	- Proefstation voor Rubber	
RRIM	- Rubber Research Institute of Malaysia	
Tjir	- Tjirandji	
Pil	- Pilmoor	
Lun	- Lunderston	

constituída de material de origem asiática, estabelecida no Centro Experimental de Campinas em 1952. As sementes foram postas a germinar em sacos de polietileno na Estação Experimental de Pindorama, e as progênes, transportadas para o local definitivo, com dois lançamentos foliares que ocorreram aos três meses de idade, sob delineamento de blocos casualizados com 17 tratamentos, 5 repetições e 10 plantas úteis por parcela no espaçamento de 1,5 x 1,5 m em fileiras simples.

Aos três anos de idade, as progênes foram avaliadas quanto a dez caracteres; a saber:

Produção de borracha seca: obtida pelo teste precoce de produção Hamaker-Morris-Mann (teste HMM), modificado para plântulas de três anos de idade, utilizando-se a média de borracha seca de 20 cortes por plântula. A abertura do painel de sangria foi feita a 15 cm de altura do solo, utilizando-se o sistema S/2 d/3 em um total de 25 cortes, descartando-se as cinco primeiras amostras de sangria, que correspondem à fase de "amansamento" do painel;

Diâmetro do caule: o diâmetro do caule foi determinado a cinqüenta centímetros do solo;

Tamanho do pecíolo: o tamanho do pecíolo é a distância da inserção dos folíolos à inserção da folha no caule, representado pela média de cinco amostras tomadas ao acaso por planta;

Área foliar: determinada através do aparelho "Delta-T Devais" composto de uma filmadora, base luminosa e monitor de vídeo acoplado a um computador e program Dias-"Delta-T Image Analysis System", obtendo-se a média de cinco folhas por planta, ao acaso;

Avaliação de copa: foram atribuídas notas que variaram de 1 a 5 com plantas em observação da retidão do fuste, forma de desgalhamento (galhos alternados e opostos), ângulos de inserção dos galhos, altura da formação da copa, existência do eixo principal e outros. De acordo com esses caracteres, ficaram assim as notas: 1 = ruim; 2 = abaixo da média; 3 = médio; 4 = bom e 5 = excelente. Para a análise estatística, os dados foram transformados para $\sqrt{x_1 + 0,5}$ (Bartlett, 1947).

Casca: foram coletada duas amostras da casca por planta a 15 cm de altura em relação ao solo com o auxílio de um vasador. As determinações destes caracteres foram feitas da seguinte forma:

Espessura da casca: determinada com o paquímetro no laboratório, das amostras previamente coletadas.

Número total de anéis de vasos laticíferos: determinado através do exame das secções radiais longitudinais.

Diâmetro dos vasos laticíferos: observado através da secção transversal.

Densidade dos vasos laticíferos em 5 mm de anel: determinada pela densidade média de todos os anéis.

Distância média entre os consecutivos anéis de vasos laticíferos: determinada com base em todos os anéis.

Na análise de variância de cada caráter no delineamento de blocos ao acaso (Steel & Torrie, 1980), o modelo matemático utilizado considerou todos os efeitos aleatórios, consistindo da seguinte forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ik(j)} + d_{e(ijk)}$$

onde Y_{ijkl} : observação relativa da planta l , da progênie i no bloco k dentro da repetição j ;

μ : é a média geral;

p_i : é o efeito da progênie i ($i = 1, 2, \dots, p$);

r_j : é o efeito da repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$);

$b_{k(j)}$: é o efeito do bloco k , dentro da repetição j ($k = 1, 2, \dots, b$);

$e_{ik(j)}$: é o erro experimental associado à parcela ik dentro da repetição j;

$d_{l(j)k}$: efeito concernente ao indivíduo l da parcela jk (l = 1, 2, ..., n).

As estimativas dos componentes de variâncias pela esperança matemática dos quadrados médios foram obtidas a partir das análises de variâncias (Tabela 2).

Pelo fato de o número de plantas dentro da parcela ter sido variável (inicialmente foram dez plantas por parcela), foi considerada a média harmônica do número de plantas dentro (n = 6,99) para todos os caracteres, com exceção da circunferência, onde n = 4,22.

As variâncias dentro das parcelas foram calculadas utilizando dados individuais das plantas; em seguida, considerou-se a média destas variâncias dentro, com o quadrado médio respectivo ($\hat{\sigma}_d^2$).

Calculou-se a herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2) entre plantas dentro de progênies (\hat{h}_m^2) para todos os caracteres em estudo. Tais herdabilidades foram estimadas segundo Vencovsky & Barriga (1992), pelas fórmulas:

$$\hat{h}_i^2 = \hat{\sigma}_A^2 / (\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_w^2 + \hat{\sigma}_d^2), \hat{h}_d^2 = 3 \hat{\sigma}_P^2 / \hat{\sigma}_d^2 \text{ e } \hat{h}_m^2 = \hat{\sigma}_P^2 / (\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_w^2 / r + \hat{\sigma}_d^2 / nr).$$

Os coeficientes de variação genética ($\hat{C}\hat{V}_G$ %) foram obtidos através da expressão $\hat{C}\hat{V}_G = 100 \cdot (\hat{\sigma}_P / \bar{x})$. Analogamente, foi estimado o coeficiente de variação fenotípica, em que \bar{x} corresponde à média geral relativa a cada caráter.

Com o fim de detectar a variabilidade genética dos caracteres na população em estudo, foi estimado o índice de variação ($\hat{\theta}$) = $\hat{C}\hat{V}_G / \hat{C}\hat{V}_E$, que representa a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado pela média do caráter.

Em cada caráter, para o cálculo do progresso esperado com a seleção entre progênies (G_{s1}) e dentro de progênies (G_{s2}), foram utilizadas as fórmulas apresentadas por Vencovsky & Barriga (1992): $\hat{G}_{s1} = K_1(1/4) \hat{\sigma}_A^2 / \sqrt{\hat{\sigma}_F^2}$ e $G_{s2} = K_2(3/4) \hat{\sigma}_A^2 / \sqrt{\hat{\sigma}_d^2}$, onde, K_1 e K_2 são a intensidade de seleção em unidade de desvio padrão.

Foram utilizadas pressões de 29,42% para seleção entre, que corresponde a cinco progênies e 14,29% para seleção dentro de progênies referentes a cada caráter em estudo. Como o número de tratamentos é inferior a 50,

foi utilizada a Tabela XX de Fisher & Yates (1971), para obtenção do valor de "k".

A porcentagem de ganho genético obtido com seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, foi calculado pela fórmula: $G_s\% = (\hat{G}_s / \bar{x}) \cdot 100$, em que \bar{x} representa a média geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 encontram-se os valores dos quadrados médios, em nível de média de plantas obtidos através da análise de variância para os dez caracteres estudados. Foram encontradas diferenças significativas quanto aos caracteres produção de borracha, espessura da casca e circunferência do caule, o que indica a existência de variabilidade para esses caracteres, nesta amostra de progênies. Os caracteres avaliação de copa e área foliar mostraram diferenças significativas entre progênies a 0,05% de probabilidade.

As estimativas de variância entre plantas dentro das parcelas ($\hat{\sigma}_d^2$), variância entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), e variância experimental entre plantas ($\hat{\sigma}_E^2$), são apresentadas na Tabela 4. Entre as variâncias

TABELA 2. Esquema de análise de variância e esperança dos quadrados médios segundo o delineamento de blocos casualizados ao nível de média de parcelas.

Fonte de variação	g.l.	Q.M.	E(Q.M.)
Bloco	r - 1	-	---
Progênies	p - 1	QM ₁	1/n $\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_c^2 + r_p \hat{\sigma}^2$
Erro	(r-1)(p-1)	QM ₂	1/n $\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_c^2$
Dentro	(N - rp)	QM ₃	$\hat{\sigma}_d^2$

g.l. = grau de liberdade.

Q.M. = quadrados médios.

$\hat{\sigma}_P^2$ = variância genética entre médias de progênies ao nível de plantas.

$\hat{\sigma}_d^2$ = variância entre plantas dentro de progênies.

$\hat{\sigma}_E^2$ = variância do erro experimental entre parcelas, ao nível de plantas.

r = número de repetições.

p = número de progênies.

n = número de plantas por parcela (média harmônica).

N = número total de plantas do experimento.

TABELA 3. Médias e quadrados médios, ao nível de médias de plantas, obtidas das análises de variâncias dos caracteres de produção de borracha (PPB), espessura da casca (ECC), número de anéis de vasos laticíferos (NAV), densidade dos anéis (DEN), diâmetro dos anéis (DIA), distância média entre os anéis consecutivos (DMA), avaliação de copa (ACP), área foliar (AFO), circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE) referentes ao estudo de herança em progênies de seringueira.

Caracteres	Médias do ensaio	Fontes de variação ¹		
		Progênies	Resíduo	Dentro
PPB (g)	0,75	170,0645**	18,2375	116,2536
ECC (mm)	3,50	0,5138**	0,1563	0,7648
NAV (unid)	2,71	0,2771 n.s.	0,1734	0,5533
DEN (unid)	41,31	85,9496 n.s.	53,8266	149,0015
DIA (μ)	13,20	9,5497 n.s.	6,6635	13,7988
DMA (μ)	283,81	3.611,6416 n.s.	2.358,6830	11.986,4380
ACP (grau)	1,35	0,0145*	0,0077	0,0279
AFO (cm ²)	306,70	4.436,1193*	2.305,2546	9.486,1978
CCC (cm)	25,06	9,0661**	3,0172	14,5195
CPE (cm)	19,95	7,3526 n.s.	4,6714	19,4534

¹ Os graus de liberdade de progênies, resíduo entre e dentro são 16, 64 e 563, respectivamente, comuns a todos os caracteres.

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

ns = não-significativo.

TABELA 4. Estimativas das variâncias entre médias de progênies ao nível de plantas (σ_p^2); variância genética entre plantas, dentro de progênies (σ_d^2); variância do erro experimental entre parcelas, ao nível de plantas (σ_c^2); variância genética aditiva (σ_a^2) e variância fenotípica (σ_f^2) de uma população de progênies de seringueira para os caracteres produção de borracha (PPB), espessura de casca (ECC), número de anéis de vasos laticíferos (NAV), densidade dos vasos (DEN), diâmetro dos anéis (DIA), distância média entre os anéis consecutivos (DMA), avaliação da copa (ACP), área foliar (AFO), circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE), referentes ao estudo de herança em progênies de seringueira.

Caracteres	σ_p^2	σ_d^2	σ_c^2	σ_a^2	σ_f^2
PPB (g)	30,3654	116,2536	1,6061	121,4616	148,2251
ECC (mm)	0,0715	0,7648	0,0468	0,2860	0,8831
NAV (unid)	0,0207	0,5533	0,0942	0,0830	0,6479
DEN (unid)	6,4246	149,0015	32,5102	25,6980	187,9363
DIA (μ)	0,5772	13,7988	4,6894	2,3080	19,0654
DMA (μ)	250,5917	11.986,4380	643,8850	1.002,3660	12.880,9140
ACP (grau)	0,0013	0,0280	0,0038	0,0054	0,0330
AFO (cm ²)	426,1729	9.486,1978	948,1448	1.704,6917	10.860,5150
CCC (cm)	1,2098	14,5195	0,4234	4,8392	15,3059
CPE (cm)	0,5362	19,4534	1,8884	1,1450	21,8780

estimadas, observou-se que os componentes de variâncias genéticas entre progênies para produção de borracha, espessura da casca e circunferência do caule, foram maiores que as variâncias experimentais correspondentes, indicando alta variabilidade genética quanto a esses caracteres, e induzindo uma herdabilidade alta em relação aos outros caracteres. Resultados semelhantes foram obtidos por Siqueira (1978), Gonçalves et al., (1990) para progênies adultas, e, mais recentemente, por Gonçalves et al., (1992) quanto a componentes de produção em progênies jovens. Todas essas variâncias são de suma importância, pois são utilizadas nas determinações de outros parâmetros genéticos. A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), por exemplo, é a mais importante componente das variâncias genéticas, por contribuir plenamente para a resposta à seleção (Vencovsky, 1987). Simmonds (1969) foi quem primeiro sugeriu a importância da variância genética aditiva na variação da produção de uma população na fase adulta de seringueira. Tan & Subramanian (1976) relataram predominância da variância genética aditiva em relação a caracteres juvenis, tais como; produção, vigor, espessura da casca, bem como número de anéis de vasos laticíferos, diâmetro dos vasos; concluíram que a variância genética aditiva é mais importante do que a não-aditiva em governar a variação da produção, vigor, e, possivelmente, outros caracteres, tanto na fase juvenil quanto na fase adulta da população estudada. No presente trabalho, a variância genética aditiva não só contribuiu com uma parcela para produção de borracha e circunferência do caule, mas também para espessura da casca, observada através dos valores obtidos de herdabilidade no sentido restrito.

As estimativas de herdabilidade de plantas individuais (\hat{h}_i^2) de médias de famílias (\hat{h}_r^2) e de plantas dentro de famílias (\hat{h}_d^2) obtidas a partir de variâncias genéticas e não-genéticas, são apresentadas na Tabela 5.

Para a obtenção das estimativas dos três tipos de herdabilidades apresentadas, considerou-se a relação de meios-irmãos para as progênies envolvidas, e considerou-se desprezível a ocorrência de endogamia na população-base em estudo, condições indispensáveis preconizadas por Vencovsky (1969). Segundo Namkoong (1966), a presença de endogamia por causa da autofecundação ou por restrição no tamanho efetivo da popu-

TABELA 5. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas individuais (\hat{h}_i^2) e ao nível plantas dentro de progênies (\hat{h}_d^2) e entre média de progênies de meios-irmãos (\hat{h}_r^2) de uma população de progênies de seringueira para os caracteres produção de borracha (PPB), espessura de casca (ECC), número de anéis de vasos laticíferos (NAV), densidade dos vasos (DEN), diâmetro dos anéis (DIA), distância média entre os anéis consecutivos (DMA), avaliação da copa (ACP), área foliar (AFO), circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE), referentes ao estudo de herança em progênies de seringueira.

Caracteres	\hat{h}_i^2	\hat{h}_d^2	\hat{h}_r^2
PPB (g)	0,8194	0,7836	0,8952
ECC (mm)	0,3239	0,2805	0,7144
NAV (unid)	0,1281	0,1122	0,4139
DEN (unid)	0,1367	0,1294	0,4188
DIA (μ)	0,1211	0,1255	0,3513
DMA (μ)	0,0778	0,0627	0,3655
ACP (grau)	0,1269	0,1393	0,5017
AFO (cm ²)	0,1570	0,1348	0,5115
CCC (cm)	0,3162	0,2500	0,6730
CPE (cm)	0,0980	0,0827	0,3934

lação no teste de progênies de polinização aberta, influi nas estimativas de variância genética. Não existem ainda indicações seguras sobre o percentual de autofecundação no sistema reprodutivo da seringueira. Sabe-se que o fenômeno da endogamia relacionado ao vigor e provavelmente à produção tem sido observado já há algum tempo (Sharp, 1940; 1951). Ross & Brookson (1969) consideraram o efeito da endogamia amplamente casual originado de alguns parentais utilizados em encruzamentos. Por outro lado, há evidências de predominância de alogamia em *Hevea brasiliensis* e outras espécies, apesar de Simmonds (1989), e, mais recentemente, Paiva (1992), relatarem taxas significativas de autofecundação em torno de 20% em populações dessa espécie. Dessa forma, é possível que as estimativas obtidas de parâmetros genéticos da população de progênies possam estar superestimadas, se, por acaso, tiver ocorrido endogamia nessa população. No entanto, a relação entre as herdabilidades nos dez caracteres estudados

não é alterada por esse fenômeno, não invalidando, portanto, as conclusões.

Os valores encontrados quanto às estimativas de herdabilidade da média das progênies foram maiores que as obtidas de plantas individuais para todos os caracteres estudados (Tabela 5), o que confirma os resultados referentes à maioria dos caracteres obtidos por Paiva (1980) em progênies de meios-irmãos, e por Alike (1985) em progênies de irmãos germanos de seringueira.

Desde que as herdabilidades ao nível de médias de progênies mostraram melhores resultados, poderia ser dada ênfase à seleção de progênies, em vez de seleção massal. O uso de seleção de progênie com base na população em estudo pode ser factível desde que o número de parentais envolvidos seja alto. Mesmo assim, Roberts et al. (1980) enfatizam que a perda de um grande número de progênies pode limitar severamente o progresso de melhoramento em gerações futuras, e, mais ainda, se o número de progênies na população for pequeno. Neste caso, quando a seleção é feita com base em médias de progênies, convém aumentar o número de repetições do experimento ou o número de observações dentro da parcela, implicando um aumento do coeficiente de herdabilidade, direcionando melhor a estratégia de seleção a ser adotada. Segundo Vencovsky & Barriga (1992), quando a herdabilidade de médias é maior que a de plantas, a seleção baseada em médias apresenta um nível mais elevado de precisão que em plantas individuais, diminuindo a influência dos erros experimentais. O coeficiente de herdabilidade de plantas tem validade para fins de comparação com outros, pois este independe do número de repetições.

Os valores das herdabilidades obtidas para a maioria dos caracteres em estudo estão dentro dos limites aceitáveis encontrados por Gilbert et al. (1973), Nga & Subramanian (1974), Tan et al. (1975), Alike & Onokpise (1982); Alike (1985) e Gonçalves et al. (1983, 1990 e 1992). Dentro deste contexto, verifica-se que, no presente trabalho, as magnitudes referentes a herdabilidades variaram bastante, sendo maiores no que diz respeito à produção de borracha, à espessura da casca e à circunferência do caule, com valores na ordem de 0,89, 0,71 e 0,67, respectivamente, referentes à média de progênies (\hat{h}_x^2), 0,81; 0,32 e 0,31 às plantas individuais (\hat{h}_i^2), e 0,78; 0,28 e 0,25 às plantas dentro da família (\hat{h}_f^2).

Contrariamente aos valores obtidos por Tan et al. (1975) e Tan (1979), as estimativas de herdabilidade das plantas individuais quanto à produção de borracha foram superiores, porém mais próximas das obtidas por Nga & Subramanian (1974) e Gilbert et al. (1973), o que indica a presença de alta variabilidade genética na população-base em estudo. Considerando-se que a herdabilidade seja específica para população da qual ela é derivada, a superioridade dos valores obtidos no presente trabalho, em relação a Tan et al. (1975) e Gilbert et al. (1973) parece mostrar que os parentais-base no melhoramento genético ora em uso no Instituto Agrônômico, possui uma base genética ampla. Como foi enfatizado anteriormente, o material básico do presente trabalho se constitui de clones orientais introduzidos da Ásia.

Quanto aos outros caracteres, observam-se coeficientes de herdabilidade baixos, sendo mais pronunciados no que diz respeito ao diâmetro dos vasos e à distância média entre consecutivos anéis de vasos, com valores de 0,35 e 0,36, respectivamente, em média, e 0,12 e 0,078 no sentido restrito de plantas individuais. O valor da herdabilidade das médias quanto ao diâmetro dos vasos ($\hat{h}_x^2 = 0,52$) diverge um pouco com relação ao valor obtido por Gonçalves et al. (1983). Quanto às herdabilidades baixas, recomenda-se a utilização de métodos mais sofisticados para a seleção; a seleção por progênie seria mais eficiente (Silva, 1982).

As herdabilidades de plantas dentro de famílias (\hat{h}_f^2) quanto a cada caráter estudado, mostraram magnitudes semelhantes às herdabilidades das plantas individuais, variando de 0,78 e 0,06 em relação à produção de borracha e à distância média entre os anéis consecutivos de vasos laticíferos.

As estimativas de coeficientes de variação genética ($CV_e\%$), fenotípica ($CV_f\%$), ambiental ($CV_G\%$) e experimental ($CV_E\%$) e o índice de variação θ , encontram-se na Tabela 6.

O coeficiente de variação genética, que expressa em percentagem da média geral a quantidade de variação genética existente, revelou valores similares em relação às variâncias dos caracteres relativos à casca de seringueira. Na análise de produção de borracha, o coeficiente de variação genética foi alto em relação aos outros caracteres, confirmando os resultados obtidos por Gonçalves et al. (1983), o que indica variabilidade genética para esse caráter, permitindo a comparação desta entre os dife-

TABELA 6. Estimativas dos coeficientes de variação genética (CV_G); fenotípica (CV_F), ambiental (CV_G), experimental (CV_E) e índice de variação (θ) do ensaio de uma população de progênies de seringueira para os caracteres produção de borracha (PPB), espessura de casca (ECC), números de anéis de vasos laticíferos (NAV), densidade dos vasos (DEN), diâmetro dos anéis (DIA), distância média entre os anéis consecutivos (DMA), avaliação da copa (ACP), área foliar (AFO), circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE), referentes ao estudo de herança em progênies de seringueira.

Caracteres	CV_G (%)	CV_F (%)	CV_G (%)	CV_E (%)	θ
PPB (g)	36,93	81,58	8,49	28,62	1,2900
ECC (mm)	6,77	23,80	5,48	10,01	0,6763
NAV (unid)	5,30	29,67	11,30	15,35	0,3453
DEN (unid)	6,14	33,12	13,80	17,76	0,3457
DIA (μ)	5,76	33,08	16,40	19,56	0,2946
DMA (μ)	5,58	39,99	8,94	17,11	0,3261
ACP (grau)	2,71	13,45	4,53	6,51	0,4160
AFO (cm ²)	6,73	33,95	10,03	15,64	0,4304
CCC (cm)	4,39	15,62	0,0	6,94	0,6330
CPE (cm)	3,86	24,68	7,25	11,41	0,3384

rentes caracteres. De acordo com Valois et al. (1980), o coeficiente de variação genética é de grande importância num programa de melhoramento genético, porque indica a amplitude de variação genética de um caráter. A variação obtida desse caráter é de 36,9% em relação à produção, e de 2,71% em relação à avaliação da copa. Seguindo a produção, os valores mais expressivos foram quanto à espessura da casca, com 6,77%, e para área foliar, com 6,73%.

O coeficiente de variação ambiental (CV_G %) apresentou um intervalo de 16,40% e 4,53% em relação ao diâmetro dos vasos e à avaliação de copa. Quanto ao coeficiente de variação fenotípica, apresentou um intervalo de variação de 81,58%, no que diz respeito a produção de borracha, e de 13,45% no que se refere à avaliação da copa.

Pelos valores obtidos do coeficiente de variação experimental (CV_E %) observa-se maior varia-

ção para o caráter produção de borracha (28,62%), apesar de ter apresentado maior ganho genético e ser seguido pelos valores mais expressivos de diâmetro dos vasos (19,56%), densidade dos vasos (17,76%) e distância entre consecutivos anéis de vasos (17,11%), indicando que a tomada desses dados está sujeita a erros experimentais de controle relativamente difícil. O coeficiente de variação experimental referente à produção pode ser considerado baixo, se comparado com as estimativas de Paiva et al. (1982), Vasconcellos (1982) e Alves et al. (1987) que obtiveram valores na ordem de 38,30%; 33,63% e 50,44%, respectivamente, e considerado alto se comparado com Gonçalves et al. (1983 e 1990).

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, o índice θ , foi estimada quanto aos dez caracteres em estudo, mostrando valores elevados em relação à produção de borracha ($\hat{\theta} = 1,29$), seguidos da espessura da casca ($\hat{\theta} = 0,67$) e da circunferência do caule ($\hat{\theta} = 0,63$). Segundo Vencovsky (1987), quando essa relação é igual ou maior que 1,0 m em experimentos com progênies de milho, a condição é altamente favorável no que diz respeito à seleção. A julgar pelos valores encontrados, pode-se depreender que a condição mais favorável para seleção é produção de borracha. De fato, a maior herdabilidade relacionada a esse caráter confirma essa afirmativa. É interessante enfatizar que Paiva et al. (1982) e Gonçalves et al. (1990) utilizaram esse índice em progênies de meios-irmãos de seringueira quanto ao caráter produção, obtendo valores diferentes do obtido no presente trabalho. Essas divergências podem estar relacionadas com o material utilizado pelos referidos autores. O miniteste de produção (MTP), segundo Vencovsky (1978), pode constituir uma grande fonte de erros, comprometendo todo o sucesso do programa de melhoramento da produção, não sendo, portanto, muito eficiente em testes de produção nas seringueiras jovens. Desse modo, é possível que o mesmo ocorra com o teste Hamaker-Morris-Mann (HMM).

As predições do progresso esperado e percentagens de ganho de seleção dentro e entre progênies encontram-se na Tabela 7, onde foi considerado um mesmo coeficiente de seleção para todos os caracteres em estudo. Observa-se que nos dois tipos de seleção apresentados, os ganhos genéticos nesta

TABELA 7. Percentagens de ganho genético entre (Gs_1 %) e dentro de (Gs_2 %) de progênies de meios-irmãos para os caracteres produção de borracha (PPB), espessura de casca (ECC), números de anéis de vasos laticíferos (NAV), densidade dos vasos (DEN), diâmetro dos anéis (DIA), distância média entre os anéis consecutivos (DMA), avaliação da copa (ACP), área foliar (AFO), circunferência do caule (CCC) e comprimento do pecíolo (CPE), referentes ao estudo de herança em progênies de seringueira. Campinas, SP.

Caracteres	Progresso esperado			Ganho genético (%)		
	Gs_1	Gs_2	Total	Gs_1	Gs_2	Total
PPB (g)	2,7780	12,9098	15,6878	370,40	1721,32	2091,71
ECC (mm)	0,0850	0,3750	0,4600	2,42	10,71	13,13
NAV (unid)	0,0287	0,1279	0,1566	1,06	4,72	5,77
DEN (unid)	0,5221	2,1427	2,9348	1,26	5,84	7,10
DIA (μ)	0,1473	0,7123	0,8596	1,12	5,40	6,52
DMA (μ)	2,4597	10,4922	12,9519	0,87	3,70	4,57
ACP (grau)	0,0082	0,0369	0,0451	0,61	2,73	3,34
AFO (cm ²)	4,5556	20,0578	24,6134	1,48	6,54	8,02
CCC (cm)	0,3445	1,4554	1,7999	1,38	5,81	7,19
CPE (cm)	0,2177	0,5573	0,7750	1,09	2,79	3,88

Entre progênies: seleção de 29,42% das progênies ($K_1 = 1,114$) em porcentagem da média das progênies

Dentro de progênies: seleção de 14,20% das plantas dentro das progênies ($K_1 = 1,528$) em porcentagem da média das progênies

população variaram consideravelmente quanto a alguns caracteres. Estes valores obtidos estão dentro dos limites obtidos por Paiva (1980) e Vasconcellos (1982).

De acordo com Paiva et al. (1982), o método de seleção entre famílias de meios-irmãos possibilita a avaliação dos caracteres durante vários anos, em cada ciclo de seleção, até o florescimento das plantas, obtendo-se, com isto, uma redução dos efeitos da interação com anos e um ganho genético, tanto do lado feminino quanto do lado masculino. Para Vencovsky (1987), o ganho esperado com seleção permite a comparação de processo de seleção, o que é difícil de ser feito na prática. Os ganhos estimados a partir das percentagens de seleção pré-determinadas mostram valores médios bastante diferentes em relação aos dez caracteres estudados. A seleção entre progênies referente aos caracteres em estudo revela estimativas de ganhos de 370,40% quanto à produção de borracha, 2,42% quanto à espessura da casca, e de 1,48% quanto à área foliar. A seleção dentro de progênies, por sua vez, prediz ganhos de 1721,32% no que diz respeito à borracha, seguidos de 10,71% referentes à espessura da casca e 1,54% referentes

à área foliar. Os ganhos totais referentes à seleção combinada entre e dentro de progênies seriam, portanto, 2091,71%; 13,13% e 8,02 quanto à produção de borracha, espessura da casca, e área foliar, respectivamente. Deve-se ressaltar que as variações nas herdabilidades, principalmente as das médias de progênies e das plantas dentro de progênies, diretamente envolvidas nessas predições, não foram determinantes dos ganhos estimados.

Os ganhos genéticos obtidos com a seleção dentro de progênies foram sempre superiores aos ganhos estimados quanto à seleção entre progênies referente aos dez caracteres em estudo. Da forma como foram estimados para produção de borracha, espessura da casca e área foliar, não podem ser obtidas simultaneamente em relação aos referidos caracteres, já que eles foram determinados independentemente. Essas afirmações servem para orientação de como proceder na continuidade do melhoramento genético em questão.

CONCLUSÕES

1. As variações genéticas e a herdabilidade da produção de borracha, espessura da casca e circun-

ferência do caule mostram a possibilidade de se continuar o melhoramento da população com ênfase na seleção dentro das progênesis.

2. As estimativas do coeficiente de herdabilidade ao nível de média de progênesis referentes a todos os caracteres em estudo, mantiveram-se sempre superiores às estimativas ao nível de plantas individuais e ao nível de plantas dentro de progênesis, indicando, portanto, que a seleção com base em médias de progênesis conduz a um maior ganho genético.

3. A natureza aditiva da ação gênica da produção e vigor observada no trabalho e confirmada por vários autores justifica o método convencional do melhoramento da seringueira, o qual envolve seleção fenotípica de parentais superiores, seguido de hibridação.

4. A alta herdabilidade da produção, ao nível de planta individual sugere o uso da seleção massal para seu melhoramento.

AGRADECIMENTOS

Ao Técnico Agrícola Edson Bernardes de Freitas, da Estação Experimental de Pindorama, pelos trabalhos de campo; às Sras. Lígia Regina Lima Gouvêa e Rosimeiry Moreira Boschini, pelos trabalhos de laboratório, e à Srta. Rosilei Felismino da Silva, pela presteza na preparação gráfica. Todos estão lotados no Programa Seringueira (DPI/IAC).

REFERÊNCIAS

- ALIKA, J.E. Heritability and genotypic gain from selection rubber (*Hevea brasiliensis*). *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.34, n.1, p.1-4, 1985.
- ALIKA, J.E.; ONOKPISE, O.U. Estimation of heritability parameter for yield, girth and bark thickness in Rubber (*Hevea brasiliensis*) from a single pair mating (S.P.M.) design. *Journal of Plantation Crops*, Kasaragod, v.10, n.2, p.102-108, 1982.
- ALVES, M.R.; BANDEL, G. VENCOSKY, R. Avaliação de seleção na seringueira (*Hevea spp*): *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*, Belém, n.16, p.53-63, 1987.
- BARTLETT, M.S. The use of transformations. *Biometrics*, Washington, v.3, n.1, p.39-52, 1947.
- CARDOSO, M. A seringueira em São Paulo. [s.l.: s.n.], 1970. 8p. Datilografado.
- CUNHA, J.F. *Plantações experimentais de seringueira em São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomico, 1957, 8p. (Boletim, 90).
- FISHER, R.A.; YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura*. São Paulo: EDUSP/Polígono, 1971, 150p.
- GILBERT, N.E.; DODDS, K.S.; SUBRAMANIAN, S. Progress of breeding investigations with *Hevea brasiliensis* V. Analysis of data from earlier crosses. *Journal of the Rubber Research Institute Malaya*, Kuala Lumpur, v.23, p.365-380, 1973.
- GONÇALVES, P. de S.; ROSSETTI, A.G. VALOIS, A.C.C.; VIEGAS, I. de J.M. Coeficiente de determinação genotípica e estimação de outros parâmetros em clones de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.5, p.527-532, 1983.
- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; COLOMBO, C.A.; ORTOLANI, A.A.; MARTINS, A.L.M.; SANTOS, I.C.I. Variabilidade genética da produção anual da seringueira: estimativas de parâmetros genéticos e estudo de interação genótipo x ambiente. *Bragantia*, Campinas, v.49, n.2, p.305-320, 1990.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; GORGULHO, E.P.; BORTOLETTO, N.; CARDOSO, M.; BERMOND, G. Variação genética de componentes do crescimento em progênesis jovens de uma população de clones de *Hevea*. *Bragantia*, Campinas, v.51, n.2, p.161-171, 1992.
- LEPSCH, I.F.; VALADARES, J.M.A. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, SP. *Bragantia*, Campinas, v.35, n.1, p.13-40, 1976.
- NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. *Forest Science*, Madison, v.12, p.8-13, 1966.
- NGA, B.M.; SUBRAMANIAN, S. Variation in *Hevea brasiliensis* I. Yield and girth data of the 1937 hand pollinated seedlings. *Journal of Rubber Research Institute of Malaya*, Kuala Lumpur, v.24, p.69-74, 1974.
- PAIVA, J.R. de. *Estimativas de parâmetros genéticos em seringueira (Hevea spp) e perspectiva de melhoramento*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 92p. Dissertação de Mestrado.
- PAIVA, J.R. de *Variabilidade enzimática em popula-*

- ções naturais de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. ADR. de Juss.) Müell. Arg.]. Piracicaba: ESALQ-USP, 1992. 145p. Tese de Doutorado.
- PAIVA, J.R. de; MIRANDA FILHO, J.B. de; SIQUEIRA, E.R. de; VALOIS, A.C.C. Predição do ganho de alguns caracteres em seringueira em três esquemas de seleção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.11, p.1646-1653, 1982.
- ROBERTS, J.H.; NAMKOOG, G.; KANG, H. Family following truncation selection in populations of half-sib families. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v.29, n.3/4, p.104-107, 1980.
- ROSS, J.M.; BROOKSON, G.W. Progress of breeding investigations with *Hevea brasiliensis* III. Further data on the crosses made in the years 1937-1941. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya*, v.9, p.158-172, 1969.
- SHARP, C.C.T. Progress of breeding investigations with *Hevea brasiliensis*. The Pilmoor crosses 1928-1931 series. *Journal of Rubber Research Institute of Malaya*, v.10, p.34-66, 1940.
- SHARP, C.C.T. Progress of breeding investigations with *Hevea brasiliensis* II. The crosses made in the years 1937-1941. *Journal of Rubber Research Institute of Malaya*, Kuala Lumpur, v.13, p.73-99, 1951.
- SILVA, R.G. Métodos de genética quantitativa aplicados ao melhoramento animal. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1982, 162p.
- SIMMONDS, N.W. Genetical bases of plant breeding. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaya*, Kuala Lumpur, v.21, p.1-10, 1969.
- SIMMONDS, N.W. Rubber breeding. In: WEBSTER, C.C.; BAULKWILL, W.J. (Eds.). *Rubber*. London: Longman, 1989. cap. 3, p.85-124
- SIQUEIRA, E.R. Estimativas de parâmetros genéticos de seringueira (*Hevea spp*) em condições de viveiro. Viçosa: UFV, 1978. 34p. Dissertação de Mestrado.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TAN, H. Heritabilities of six biometrical characters of single pair mating families in *Hevea brasiliensis*. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, v.27, n.3, p.127-131, 1979.
- TAN, H.; MUKHERJEE, T.K.; SUBRAMANIAN, S. Estimates of genetic parameters of certain characters in *Hevea brasiliensis*. *Theoretical and Applied Genetics*, v.46, p.181-190, 1975.
- TAN, H.; SUBRAMANIAN, S. A five diallel cross analyses for certain characters of young *Hevea* seedlings. In: INTERNATIONAL RUBBER CONFERENCE, 1975, Kuala Lumpur. *Proceedings*. Kuala Lumpur: RRIM, 1976. v.2, p.13-16.
- VALOIS, A.C.C.; SHMIDIT, G.S.; ZANOTTO, M.D. Análise de qualidade e quantidade de grãos em população de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 53p.
- VASCONCELLOS, M.E. da C. Análise do coeficiente de caminhamento ("Path coefficient") e estimativas de parâmetros genéticos em clones de seringueira (*Hevea spp*). Piracicaba: ESALQ-USP, 1982. Dissertação de Mestrado.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. (Org.) *Melhoramento e genética*. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p.17-38.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. (Eds.). *Melhoramento e produção do milho*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap.5, p.137-214.
- VENCOVSKY, R. *Relatório de viagem apresentado à EMBRAPA*. [s.l.: s.n.], 1978.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.