

# VARIAÇÃO GENÉTICA DA PRODUÇÃO DE LÁTEX E INCREMENTO DO CAULE EM PROGÊNIES DE SERINGUEIRA<sup>1</sup>

PAULO DE SOUZA GONÇALVES<sup>2</sup>, NELSON BORTOLETTO<sup>3</sup>, ANTONIO LÚCIO MELLO MARTINS<sup>4</sup>,  
MARIA VITÓRIA CECCHETTI GOTTARDI<sup>5</sup> e ALTINO ALDO ORTOLANI<sup>6</sup>

**RESUMO** - O presente trabalho é um estudo da variação genética em uma progênie de meios-irmãos de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Müll. Arg.], de clones selecionados fenotipicamente de uma população-base introduzida da Malásia. O experimento foi instalado na Estação Experimental de Votuporanga, SP, em delineamento de blocos ao acaso, com 22 tratamentos e cinco repetições. As variáveis estudadas foram: produção, obtida de testes precoces realizados aos 40, 43 e 46 meses e incremento do caule aos 12, 24, 36 e 48 meses de idade. Os resultados revelaram diferenças significativas entre as idades, em ambas as variáveis. A interação de progênies x idade foi significativa somente no tocante ao incremento do caule. Estimativas dos diferentes tipos de herdabilidades foram maiores quanto ao incremento do caule. As herdabilidades no sentido restrito, estimadas nas plantas, foram superiores às obtidas nas plantas dentro de progênies, o que indica perspectivas de resposta à seleção dessas variáveis e revela a possibilidade de sucesso da seleção dentro de idades com base nos testes de produção e de incrementos do caule.

Termos para indexação: *Hevea brasiliensis*, herdabilidade, ganho genético, variância genética.

## GENETIC VARIATION FOR YIELDING AND GIRTH INCREMENT IN PROGENIES OF *HEVEA*

**ABSTRACT** - This paper is a study of genetic variation in half-sib progenies phenotypically selected from clones of rubber trees [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Müll. Arg.] of a base-population introduced from Malaysia. The trial took place at the Experimental Station of Votuporanga (São Paulo State - Brazil) under a randomized complete block design with 22 treatments and five replications. The characters studied were: yield following Hamaker-Morris-Mann (HMM) conducted at 40, 43 and 46 months of age, and girth increment evaluated at 12, 24, 36 and 48 months of age. Results indicated significant differences for different ages evaluated for both characters. Progenies x ages interaction was significant only for girth increment. The estimates of the different types of heritabilities were greater for girth increment. Heritabilities in the restricted sense, estimated at plant level, were greater than those obtained by plants within progenies, indicating selection response perspectives of these characters and revealing the possibility for success in selection within ages for tests of production and girth increment.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, rubber tree, heritability, genetic gain, genetic variances.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 18 de setembro de 1997.  
Trabalho realizado com recursos da FAPESP.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Embrapa/IAC, Divisão de Agronomia (DA), Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: paulog@cec.iac.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., E.E. de Votuporanga, Divisão de Estações Experimentais (DEE), IAC, Caixa Postal 401, CEP 15500-000 Votuporanga, SP.

<sup>4</sup> Eng. Agr., E.E. de Pindorama, DEE-IAC, Caixa Postal 24, CEP 15830-000 Pindorama, SP.

<sup>5</sup> Eng. Agr., Estagiária, DA-IAC. Bolsista do CNPq.

<sup>6</sup> Eng. Agr., Dr., Seção de Climatologia Agrícola, Divisão de Solos, IAC. Bolsista do CNPq.

## INTRODUÇÃO

A seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D.R.) Müell. Arg.], cujo centro de dispersão fica situado particularmente ao sul da bacia amazônica, apresenta como seu principal produto a borracha natural na forma de partículas contidas no látex, fluido citoplasmático extraído continuamente do caule das árvores, por meio de cortes sucessivos de finas fatias de casca, denominadas de "sangria". Entretanto, a expressão desse potencial, determinada pelo seu padrão de distribuição da variação genética existente, pode ser entendida a partir de informações básicas sobre biologia reprodutiva e pelos estudos fenotípicos e genotípicos dentro e entre população (Kageyama & Dias, 1982; Hamrick, 1983).

A seringueira é uma espécie perene; seu melhoramento é um processo lento que envolve três etapas de seleção; são necessários 25 ou 30 anos para ele ser completado, a contar da polinização controlada até a recomendação final de uma cultivar para plantio em larga escala (Gonçalves et al., 1988). Em razão da longevidade desse ciclo, melhoristas buscam maneiras de induzir o ganho genético em cada uma das etapas. Com base nesta premissa, por algum tempo tem-se utilizado ensaios de progênies para determinação de parâmetros genéticos com o objetivo de obter conhecimentos básicos da variação genética da espécie, bem como novos conhecimentos que possibilitem o desenvolvimento de novos enfoques no melhoramento da seringueira. A estimação de parâmetros genéticos possibilita a obtenção de informações sobre a natureza da ação gênica envolvida na herança de caracteres primários e secundários da espécie, permitindo um melhor delineamento do esquema de seleção a ser utilizado.

A possibilidade de estabelecer estudos desse quilate tem sido objeto de investigação de vários pesquisadores na Malásia (Nga & Subramanian, 1974; Tan et al., 1975; Tan & Subramanian, 1976; Tan, 1977, 1978a, 1978b, 1979) e na Nigéria (Alika & Onokpise, 1982; Alika, 1985). No Brasil, trabalhos relativos à herança de vários caracteres foram desenvolvidos por Siqueira (1978), Valois et al. (1978), Paiva et al. (1982, 1983), Gonçalves et al. (1990, 1992 e 1996), Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995).

O presente trabalho teve por finalidade avaliar as interações de progênies por idade, estimar parâmetros e ganhos genéticos relativos às variáveis produção e vigor, que poderão ser utilizados em futuros programas de melhoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de polinização aberta foram obtidas de 22 clones parentais selecionados fenotipicamente em uma população (população-base) de seringueira constituída de material de origem asiática (Malásia), instalada no Centro Experimental de Campinas, em 1952. As sementes foram semeadas em sacos de polietileno, e as progênies, transportadas para o local definitivo, com dois lançamentos foliares que ocorreram aos três meses de idade. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições e parcelas lineares de dez plantas, obedecendo ao espaçamento de 1,5 m x 1,5 m entre plantas e linhas.

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Votuporanga, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, de textura média, profundo, de topografia plana e bem drenado (Lepsch & Valadares, 1976). Predomina nessa área o clima do tipo tropical continental, com características de verão úmido, níveis de energia típicos do trópico, e um período de inverno seco com temperaturas e precipitações pluviárias reduzidas. Em geral, o confronto entre curvas mensais de evapotranspiração e da chuva resulta num equilíbrio favorável ao crescimento no período de outubro-março. As deficiências hídricas e os baixos níveis térmicos ocorrem de junho ao início de setembro (Ortolani, 1986).

No período de quatro anos, efetuaram-se avaliações do vigor das plântulas expresso pela circunferência do caule em todas as progênies, medida feita com o auxílio de uma fita métrica tomada a 20 cm de altura do caule, expressa em centímetros. Foi utilizado, na avaliação, o incremento periódico do caule obtido pela diferença das avaliações posteriores com as anteriores.

No terceiro ano de idade, as progênies foram submetidas a teste precoce de produção pela técnica de Hamaker, Morris-Mann (teste HMM) modificado para plântulas de três anos de idade (Tan & Subramanian, 1976). Três testes com dez cortes por plântula foram efetuados aos 40, 43 e 46 meses, respectivamente, obedecendo o sistema de painel em meia espiral, e sangria a cada três dias (1/2 S 1/3 d), conduzidos a uma altura de 20 cm do solo, com intervalos de um mês de descanso entre os testes. Os resultados foram expressos em gramas de borracha seca por plântula/teste.

Realizaram-se análises de variância com média de parcelas de cada incremento anual do caule e de cada avaliação da produção. Em seguida, foram conduzidas análises combinadas de cada variável, utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, uma vez que foram efetuadas medidas sucessivas numa mesma parcela, num certo período de tempo.

Na análise da variância do incremento anual do caule, bem como dos testes de produção para as análises individuais considerou-se todos efeitos como aleatórios exceto a média. Na análise conjunta, foi considerado o efeito de idade e da média como fixo e os demais aleatórios.

As estimativas dos parâmetros genéticos relativas a incrementos do caule e produção foram efetuadas em diferentes idades. O objetivo principal foi avaliar a evolução das variâncias com a idade. As estimativas dos componentes de variâncias foram obtidas a partir da esperança dos quadrados médios das análises de variâncias individuais (Tabela 1) e combinadas (Tabela 2), conforme Vencovsky & Barriga (1992).

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 ( $\bar{n} = 7,343$ ), referente a ambas as variáveis.

As variâncias dentro das parcelas ( $\sigma_d^2$ ) foram calculadas com os dados individuais de plantas, e em seguida considerou-se a média dessas variâncias dentro das parcelas como o quadrado médio respectivo.

**TABELA 1. Esquema de análise de variância e esperança dos quadrados médios E (QM), segundo o delineamento de blocos casualizados em médias de parcelas<sup>1</sup>.**

Fontes de variação	GL	QM	E (QM)
Repetição	r - 1	-	-
Progênie	p - 1	QM <sub>1</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r \sigma_p^2$
Resíduo	(r - 1)(p - 1)	QM <sub>2</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Dentro	(N - rp)	QM <sub>3</sub>	$\sigma_d^2$

<sup>1</sup> GL= grau de liberdade;  $\sigma_p^2$  = variância genética entre médias de progênie;  $\sigma_d^2$  = variância entre plantas dentro de progênie;  $\sigma_e^2$  = variância do resíduo ambiental entre parcelas; r = número de repetição; p = número de progênie;  $\bar{n}$  = número de plantas por parcela (média harmônica); N = número total de plantas do experimento.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, em plantas individuais ( $h_i^2$ ), no sentido amplo entre médias de progênie ( $h_x^2$ ) e dentro de progênie ( $h_d^2$ ), referentes a cada idade foram calculadas pelas fórmulas apresentadas por Vencovsky & Barriga (1992), ou seja:

$$h_i^2 = \sigma_A^2 / (\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2);$$

$$h_d^2 = 3 \sigma_p^2 / \sigma_d^2;$$

$$h_x^2 = \sigma_p^2 / \sigma_{d/nr}^2 + \sigma_{e/r}^2 + \sigma_p^2.$$

Os coeficientes de herdabilidade das plantas individuais ( $h_i^2$ ) entre médias de progênie ( $h_x^2$ ) referentes a idades combinadas foram obtidas por:

$$h_{i \ 1}^2 = \sigma_A^2 / \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{pi}^2 + \sigma_p^2;$$

**TABELA 2. Esquema de análise de variância e esperança dos quadrados médios E (QM), segundo o delineamento em blocos casualizados com parcela subdividida no tempo em média de parcelas<sup>1</sup>.**

Fontes de variação	GL	QM	E (QM)
Repetição	r - 1	Q <sub>1</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + i \sigma_e^2 + pi \sigma_b^2$
Progênie	p - 1	Q <sub>2</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + i \sigma_e^2 + ri \sigma_p^2$
Resíduo A	(r - 1)(p - 1)	Q <sub>3</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + i \sigma_e^2$
Parcela	rp - 1	-	-
Idade	i - 1	Q <sub>4</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + pr \sigma_i^2$
P x I	(i - 1)(p - 1)	Q <sub>5</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r \sigma_{ip}^2$
Resíduo B	p(r - 1)(i - 1)	Q <sub>6</sub>	$1/\bar{n} \sigma_d^2 + \sigma_e^2$
Resíduo (dentro)	pir ( $\bar{n} - 1$ )	Q <sub>7</sub>	$\sigma_d^2$

<sup>1</sup> GL= grau de liberdade; r = número de repetições; p = número de progênie; i = número de idades;  $\bar{n}$  = número de plantas por parcela (média harmônica);  $\sigma_p^2$  = variância genética entre médias de progênie;  $\sigma_b^2$  = variância entre plantas dentro de progênie;  $\sigma_{ip}^2$  = variância do resíduo ambiental entre parcelas.

$h^2_{\frac{z}{x}} = \sigma_A^2 / \sigma_{d/ir\bar{n}}^2 + \sigma_{e/ir}^2 + \sigma_{pi}^2 + \sigma_p^2$ , onde

$\sigma_A^2$  = variância genética aditiva ( $\sigma_p^2 = 1/4 \sigma_A^2$ );

$\sigma_p^2$  = variância genética dentro de progênies;

$\sigma_e^2$  = variância ambiental;

$\sigma_d^2$  = variância genética das plantas dentro de parcelas;

$\sigma_{pi}^2$  = variância da interação de progênies por locais.

Os coeficientes de variação (CV, %), fenotípica (CV<sub>f</sub> %) e ambiental (CV<sub>e</sub> %), foram estimados pelas fórmulas apresentadas por Vencovsky (1987).

$$CV_e \% = \sqrt{\sigma_e^2} / \bar{x} \cdot 100;$$

$$CV_f \% = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_d^2 + \sigma_e^2} / \bar{x} \cdot 100;$$

$$CV_g \% = \sqrt{\sigma_g^2} / \bar{x} \cdot 100.$$

O índice de variação ( $\theta$ ) foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\theta = \frac{CV_g}{CV_{exp.}} \text{ onde: } CV_{exp.} \text{ é o coeficiente de variação experimental.}$$

perimental.

Os progressos esperados entre (Gs<sub>1</sub>) e dentro de progênies (Gs<sub>2</sub>) foram também calculados pelas fórmulas de Vencovsky (1987):

$$Gs_1 = k_1 (1/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_f^2};$$

$$Gs_2 = k_2 (3/4) \sigma_A^2 / \sqrt{\sigma_d^2},$$

onde k<sub>1</sub> e k<sub>2</sub> são os coeficientes de seleção em unidade de desvio-padrão. Foram utilizadas pressões de seleção de 13,64% entre progênies, e 10% dentro de progênies. Dado que o número de tratamento era inferior a 50, usou-se a Tabela XX de Fisher & Yates (1971).

O ganho genético obtido com a seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, expresso em porcentagens, foi calculado pela fórmula:

$$Gs\% = Gs\bar{x} \cdot 100, \text{ onde } \bar{x} \text{ é a média geral.}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos quadrados médios das análises de variâncias referentes às diferentes idades da produção e do incremento do caule. Verificaram-se diferenças altamente significativas (P < 0,01) entre progênies nas análises individuais em cada teste precoce conduzido aos 40, 43 e 46 meses. Também foram detectadas diferenças

**TABELA 3.** Valores dos quadrados médios e coeficientes de variação experimental (CV<sub>exp.</sub> %) obtidos em três produções precoces, e incremento anual do caule, referentes à análise de variância de 22 progênies de seringueira em estudo na Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Fonte de variação	GL	Produção (g/c/planta)			GL	Incremento do caule (cm)			
		Idade (meses)				Idade (meses)			
		40	43	46		12	24	36	48
Repetição	4	0,0639ns	0,0283ns	0,1428ns	4	1,6424**	5,0939**	13,5330**	4,8526ns
Progênies	21	0,0825**	0,1459**	0,2389**	21	1,3224**	2,4739**	3,4653**	6,8579**
Resíduo	84	0,0272	0,0513	0,1045	84	0,4363	0,7016	0,9809	2,7782
Dentro	603	0,1624	0,2965	0,6408	645	1,0628	3,1241	4,0993	10,2855
CV exp (%)		35,09	37,75	34,76		15,58	15,71	11,69	18,86
Média geral		0,47	0,60	0,93		4,24	5,33	8,47	8,84

\*\* p < 0,01.

n.s. = não-significativo.

altamente significativas nas progênies referentes aos incrementos do caule, em cada idade de avaliação. As progênies apresentaram comportamento diferenciado nos três testes precoces de produção, obtendo-se médias de 0,47 g, 0,60 g, 0,93 g de borracha por corte e 4,24 cm, 5,33 cm, 8,47 cm e 8,84 cm de incremento do caule aos 12, 24, 36 e 48 meses, respectivamente.

As médias agrupadas dessas variáveis são apresentadas na Tabela 4, cujos valores foram 0,66 g de borracha seca por sangria e 6,72 cm de incremento do caule por planta. Observa-se, na referida tabela, que ambas as variáveis apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,01$ ), entre progênies, o que indica a existência de variabilidade no conjunto dos diferentes testes de produção e de idade do incremento do caule. A existência de interações entre progênies e

idade referentes à variável incremento do caule ( $P < 0,05$ ) revela que as progênies apresentaram diferentes respostas ao serem avaliadas, em diferentes épocas.

As interações não-significativas de progênies x idade, aliadas ao bom desempenho produtivo das progênies e aos valores dos coeficientes de variação dentro das faixas aceitáveis para esse tipo de trabalho e condições ambientais, evidenciam a possibilidade de sucesso na seleção com essa população, em qualquer idade.

Os coeficientes de variação experimental dentro de progênies ( $CV_{ea}$ ) e de idades ( $CV_{eb}$ ) variaram, respectivamente, de 58,10% a 20,58% e de 19,89% a 16,52% em relação à produção e ao incremento, respectivamente (Tabela 4).

As estimativas das variâncias genéticas variaram entre idades (Tabela 5). Verificou-se que essas estimativas, na maioria das idades, estiveram dentro das faixas citadas na literatura e com valores inferiores aos encontrados por Gonçalves et al. (1992) e Boock et al. (1995). As estimativas de variâncias genéticas com base nas análises combinadas foram de menores magnitudes em relação às individuais. Isso ocorreu talvez por causa do coeficiente de variação um pouco alto, e também da interação progênies x idade, principalmente no incremento do caule, devido à deficiência hídrica ocorrida nas fases críticas da experimentação.

Na análise combinada das estimativas das variâncias genéticas entre progênies e das variâncias aditivas relativas às variáveis em estudo (Tabela 5), podem ser verificados valores mais altos relativos ao incremento do caule, levando-se em consideração que na produção essas estimativas foram obtidas em três idades.

Os valores das variâncias genéticas entre progênies e das variâncias aditivas mostraram um gradiente em relação à idade de avaliação de ambas as variáveis estudadas. As estimativas referentes à produção variaram de 0,0111 a 0,0269 e 0,0442 a 0,1075 no tocante ao primeiro e terceiro testes realizados aos 40 e 46 meses, respectivamente. Já no tocante ao incremento do caule, os valores apresentados foram de 0,1772 a 0,8159, relativamente à variância genética entre progênies, e de 0,7089 a 3,2637, relativamente à variância genética aditiva, ambos para 12 e 48 meses

**TABELA 4.** Valores dos quadrados médios (QM) dos três testes de produção e incremento anual do caule em médias de parcelas, coeficientes de variação experimental de progênies ( $CV_{ea}$ ) e de idades ( $CV_{eb}$ ) e média geral referente à análise de variância em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo, de progênies de seringueira em estudo na Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Fontes de variação	Produção <sup>1</sup>		Incremento do caule <sup>2</sup>	
	QL	QM	GL	QM
Repetição (R)	4	0,1811ns	4	6,5408*
Progênies (P)	21	0,4193**	21	8,8665**
Resíduo A	84	0,1490	84	1,9123
Idade (I)	2	6,1504**	3	572,6453**
P x I	42	0,0240ns	63	1,7510**
Resíduo	176	0,0175	264	1,2312
Resíduo (Dentro)	1992	0,3666	2922	4,6429
$CV_{ea}$ (%)		58,10		20,58
$CV_{eb}$ (%)		19,89		16,52
Média geral		0,66		6,72

<sup>1</sup> Produção obtida pelo teste precoce HMM modificado, em gramas de borracha seca/sangria/teste/planta.

<sup>2</sup> Incremento do caule, em centímetros/planta.

\*, \*\* significativos a  $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ , respectivamente.

ns = não-significativo.

de idade, respectivamente, valores estes superiores aos obtidos por Gonçalves et al. (1992), e inferiores ao obtido por Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995).

Os componentes das variâncias genéticas entre progênies, relativas às diferentes idades, em ambas as variáveis, na sua maioria foram superiores às variâncias ambientais correspondentes, o que indica alta variabilidade genética quanto a essas variáveis. Isto contribuiu para a resposta à seleção (Vencovsky, 1987). No geral, os altos valores encontrados no tocante a estes caracteres indicam que a variância genética aditiva contribui com significativa parcela na variância genética, o que concorda com Simmonds (1969), primeiro autor a sugerir o efeito aditivo da variância genética no controle da variação da produção de pés francos de seringueira. Também Tan & Subramanian (1976) observaram que a variância genética aditiva, além de predominar no controle da produção, era também predominante no vigor, o que concorda com os resultados do presente trabalho.

As variâncias ambientais entre parcelas apresentaram valores negativos no primeiro e segundo teste de produção, pelo fato de o quadrado médio do erro dentro apresentar valor superior ao quadrado médio do erro entre parcelas (Tabela 3). Nesses casos, as-

sumiu-se o valor 0 (zero) para as referidas variâncias, conforme recomenda Hill (1965).

Na Tabela 6, encontram-se as estimativas de herdabilidade no sentido restrito, em plantas individuais ( $h_i^2$ ), em plantas dentro de progênies ( $h_d^2$ ) e entre médias de progênies ( $h_x^2$ ) referentes às diferentes idades, nas duas variáveis em estudo. Na obtenção dessas estimativas, considerou-se a relação de meios-irmãos nas progênies envolvidas, e considerou-se desprezível a ocorrência de endogamia na população-base em estudo, condições indispensáveis preconizadas por Vencovsky (1969). Os valores das herdabilidades em plantas individuais, no tocante a produção, estão dentro dos limites aceitáveis encontrados por Nga & Subramanian (1974), Tan et al. (1975) e Boock et al. (1995), porém inferiores aos obtidos por Moreti et al. (1994). Entre os testes de produção efetuados em diferentes idades, verifica-se que as magnitudes não variaram muito, tendo apresentado intervalos de  $h_i^2 = 0,41$  a  $h_i^2 = 0,51$ , conduzidos aos 40 e 46 meses, respectivamente. Na variável incremento do caule, os valores foram superiores em relação à produção, o que mostra tendência de decréscimo em relação ao aumento da idade com inter-

TABELA 5. Estimativas das variâncias genéticas entre progênies ( $\sigma_p^2$ ), genética aditiva ( $\sigma_A^2$ ), ambiental entre parcelas ( $\sigma_e^2$ ), fenotípica dentro de famílias ( $\sigma_d^2$ ), fenotípica entre plantas ( $\sigma_F^2$ ) e entre médias de progênies ( $\sigma_x^2$ ), referentes a três produções precoces e incremento anual do caule de 22 progênies de meios-irmãos de seringueira em estudo na Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Fontes de variação	Produção (g/corte/planta/teste) <sup>1</sup>				Incremento do caule (cm)				
	Idade (meses)				Idade (meses)				
	40	43	46	Combinada	12	24	36	48	Combinada
$\sigma_p^2$	0,0111	0,0189	0,0269	0,0180	0,1772	0,3544	0,4969	0,8159	0,3477
$\sigma_A^2$	0,0442	0,0756	0,1075	0,0721	0,7089	1,4178	1,9875	3,2637	1,3908
$\sigma_e^2$	-0,0064	-0,0097	0,0206	-0,0129	0,2041	0,1190	0,2546	1,0028	0,5328
$\sigma_d^2$	0,1624	0,2965	0,6407	0,3666	1,0628	3,1241	4,0993	10,2855	4,6429
$\sigma_F^2$	0,1671	0,3058	0,6470	0,3717	1,4441	3,5976	4,8508	12,1043	5,5234
$\sigma_x^2$	0,0165	0,0292	0,0478	0,0303	0,2645	0,4948	0,6931	1,3716	0,6280

<sup>1</sup> Teste HMM modificado.

valo de  $h_i^2 = 0,52$  a  $h_i^2 = 0,70$  aos 48 e 12 meses, respectivamente – valores, estes, superiores aos encontrados por Paiva (1980), Gonçalves et al. (1992), Moreti et al. (1994) e Boock et al. (1995).

Quando se considerou a análise combinada, estas estimativas foram  $h_i^2 = 0,44$  relativamente aos testes de produção, e  $h_i^2 = 0,50$  no tocante aos incrementos periódicos do caule.

As estimativas das herdabilidades de plantas dentro de progênies para idades, foram aproximadamente de mesma magnitude das obtidas nas plantas individuais, em ambas as variáveis, porém superiores às obtidas por Alike (1985) e Boock et al. (1995) em progênies de irmãos-germanos e meios-irmãos, respectivamente. Diante dos valores relativamente altos desses últimos caracteres, concluiu-se que a seleção massal baseada nos valores da herdabilidade é eficiente.

**TABELA 6.** Estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ), seleção massal dentro de progênies ( $h_d^2$ ) e entre médias de progênies ( $h_{\bar{x}}^2$ ) de três produções precoces, e incremento anual do caule de meios-irmãos de seringueira da Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Variáveis	Idade (meses)	Herdabilidades		
		$h_i^2$	$h_d^2$	$h_{\bar{x}}^2$
Produção (testes) <sup>1</sup>	40	0,5144	0,4518	0,8118
	43	0,4975	0,4375	0,8052
	46	0,4077	0,3547	0,7501
	Combinada	0,4404	0,3840	0,7714
Incremento anual do caule <sup>2</sup>	12	0,7006	0,7073	0,8186
	24	0,6277	0,5834	0,8464
	36	0,6401	0,6030	0,8467
	48	0,5192	0,4878	0,7713
Combinada		0,5018	0,4740	0,7441

<sup>1</sup> Produção obtida pelo teste precoce HMM modificado, em gramas de borracha seca/planta/sangria/teste.

<sup>2</sup> Incremento do caule, em centímetros/planta.

Na Tabela 7, encontram-se as estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g\%$ ), fenotípica ( $CV_f\%$ ) e o índice de variação ( $\theta$ ). Essas estimativas apresentaram valores mais altos quanto à produção, do que incremento do caule, e o segundo teste de produção aos 43 meses de idade apresentou as mais altas estimativas. Na análise combinada, as estimativas dos  $CV_g\%$  e  $CV_f\%$  foram 20,21% e 91,76% das produções obtidas nos três testes efetuados, e 8,78% e 34,98% dos incrementos periódicos do caule. Esses valores, quando comparados com os dados de populações panmíticas em geral, mostram razoável variação genética, que pode ser explorada por meio de seleção (Kageyama, 1980). Deve-se ressaltar que não houve tendência de correlação entre esses valores encontrados e as estimativas de herdabilidade correspondentes.

A relação entre coeficiente de variação genética e coeficiente de variação experimental (Tabela 7) foi estimada no tocante às duas variáveis, nas diferen-

**TABELA 7.** Estimativas dos coeficientes de variação genética ( $CV_g$ ), fenotípica ( $CV_f$ ), ambiental ( $CV_e$ ) e índice de variação ( $\theta$ ) de três testes de produções precoces, e incremento anual do caule de 22 progênies de meios-irmãos progênies de seringueira, em estudo na Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Variáveis	Idade (meses)	$CV_g$	$CV_f$	$CV_e$	$\theta$
		%	%	%	
Produção (testes) <sup>1</sup>	40	22,5985	87,8555	-	0,6440
	43	22,8467	91,8466	-	0,6052
	46	17,7127	86,8914	15,43	0,5096
	Combinada	20,2072	91,7638	-	0,5863 <sup>3</sup>
Incremento anual do caule <sup>2</sup>	12	9,9302	28,3467	10,66	0,6374
	24	11,1688	35,5824	6,47	0,7109
	36	8,3261	26,0148	5,96	0,7122
	48	10,2208	39,3667	11,33	0,5419
Combinada	8,7768	34,9811	-	0,6506 <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> Produção obtida pelo teste precoce HMM modificado, em gramas de borracha seca/sangria/teste/planta.

<sup>2</sup> Incremento do caule, em centímetros/planta.

<sup>3</sup> Média aritmética.

tes idades, e mostrou valores mais elevados quanto ao incremento do caule com média aritmética de  $\theta = 0,65$ , vindo, a seguir, os testes de produção com  $\theta = 0,59$ . Segundo Vencovsky (1987), quando essa relação é igual ou maior que 1,0, em ensaios de progênies de milho, a condição é altamente favorável para seleção. A julgar pelos valores encontrados, pode-se depreender que a condição favorável para a seleção dentro do experimento seria relativa ao incremento do caule aos 24 e 36 meses de idade. O menor erro experimental e a maior herdabilidade, associados a essa variável, confirma essa afirmativa. É interessante enfatizar que Moreti et al. (1984) e Boock et al. (1995) utilizaram também esse índice em progênies de meios-irmãos com relação às mesmas variáveis, e obtiveram valores próximos ao obtido no presente trabalho.

Os ganhos genéticos estimados (Tabela 8) a partir das porcentagens de seleção pré-determinadas mostram valores bastante similares entre os três testes de produção. A seleção entre progênies revela estimativas de ganhos na análise combinada de  $Gs_1 = 23,69\%$  relativamente à produção e  $Gs_1 = 9,93\%$  em relação ao incremento do caule. A seleção dentro de progênies, por sua vez, prediz ganhos médios de

$Gs_2 = 20,70\%$  e  $Gs_2 = 11,10\%$  no tocante às referidas variáveis. Os ganhos totais médios previstos para a seleção combinada, entre e dentro de progênies, seriam, portanto, de  $Gs_{tot} = 44,39\%$  e  $Gs_{tot} = 21,02\%$  em relação à produção e incremento do caule, respectivamente. No geral, estabeleceu-se que os ganhos esperados com a seleção dentro de progênies, com relação às diferentes idades, foram semelhantes aos ganhos estimados na seleção entre progênies relativamente à produção, e superiores quanto ao incremento do caule. Da forma como foram estimados os ganhos genéticos com relação às diferentes idades das duas variáveis, percebe-se que esses ganhos previstos não poderão ser obtidos simultaneamente, já que as variáveis foram determinadas independentemente. Essas informações servirão de base para o procedimento na continuidade do melhoramento genético em questão. Entretanto, com base nos dados da Tabela 8, considerando-se os grandes avanços genéticos verificados no tocante a incremento do caule, conclui-se que a seleção dentro de progênies entre idades deve ser mais centrada aos 12 meses de idade, onde ocorreu  $Gs = 18,73\%$  de ganho.

TABELA 8. Progresso esperado e porcentagens de ganho genético entre ( $Gs_1$ , %), dentro de ( $Gs_2$ , %) e total ( $Gs_{tot}$ ) de três produções precoces e incremento anual do caule de progênies de meios-irmãos de seringueira, da Estação Experimental de Votuporanga, SP.

Variáveis	Idade	Progresso esperado			Ganho genético		
		$Gs_1$	$Gs_2$	Total	$Gs_1\%$	$Gs_2\%$	Total
Produção (testes) <sup>1</sup>	40	0,1308	0,1267	0,2575	28,1104	27,2313	55,3417
	43	0,1684	0,1605	0,3289	27,9626	26,6661	54,6887
	46	0,1870	0,1552	0,3422	20,1960	16,7652	36,9612
	Combinada	0,1574	0,1375	0,2949	23,6941	20,6995	44,3936
	Incremento do caule <sup>2</sup>	12	0,5238	0,7942	1,3180	12,3567	18,7346
	24	0,7659	0,9265	1,6924	14,3686	17,3804	31,7491
	36	0,9072	1,1338	2,0410	10,7156	13,3914	24,1070
	48	1,0589	1,1754	2,2343	11,9816	13,2998	25,2814
	Combinada	0,6669	0,7455	1,4124	9,9263	11,0963	21,0226

<sup>1</sup> Produção obtida pelo teste precoce HMM modificado, em gramas de borracha seca/planta/sangria/teste.

<sup>2</sup> Incremento do caule, em centímetros/planta.



## CONCLUSÕES

1. A natureza genética aditiva, observada quanto à produção e ao incremento do caule, sugere que a seleção fenotípica dos parentais é eficiente, o que justifica o método de melhoramento atualmente utilizado em relação a essas variáveis.

2. As estimativas de ganhos genéticos indicam maiores ganhos de seleção entre progênies com relação à produção, enquanto que, no que diz respeito ao incremento do caule, o maior ganho apresentado foi no tocante à seleção dentro de progênies.

3. Os altos valores da herdabilidade obtidos em plantas individuais no que tange à produção e ao incremento do caule sugerem que a seleção massal pode ser conduzida em qualquer idade.

4. A inexistência de interações significativas da produção x testes e incremento do caule x idades revela que a seleção de indivíduo ou de progênies pode ser conduzida com base em teste precoce de produção ou por avaliação de vigor, independentemente da idade.

## AGRADECIMENTOS

À Sra. Lígia Regina Lima Gouvêa, do Programa Seringueira do Instituto Agronômico de Campinas, pelos trabalhos relativos à digitação.

## REFERÊNCIAS

- ALIKA, J.E. Heritability and genotypic gain from selection rubber (*Hevea brasiliensis*). *Silvae genética*, 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.
- BOOCK, M.V.; GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.5, p.673-681, 1995.
- FISHER, R.A.; YATES, F. *Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia medicina e agricultura*. São Paulo: EDUSP/Polígono, 1971. 150 p.
- GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; BORTOLETTO, N. Redução do ciclo de melhoramento e seleção na obtenção de cultivares de seringueira (*Hevea* spp). *O Agrônomo*, Campinas, v.40, n.2, p.112-130, 1988.
- 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 dos componentes do crescimento em progênies jovens de uma população de clones de *Hevea*. *Bragantia*, Campinas, v.51, n.2, p.161-171, 1992.
- GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N.; TANZINI, M.R. Estimates of genetics parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated progenies of *Hevea*. *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v.19, n.1, p.105-111, 1996.
- HAMRICK, J.L. The distribution of genetics variation within and among natural populations. In: SHONEWALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.M.; THOMAS, W.L. (Eds.). *Genetics and conservation*. London: The Benjamin Cummings, 1983. p.335-348.
- HILL, B.M. Inference about variance components in the one-way model. *Journal of the American Statistical Association*, v.60, p.806-825, 1965.
- KAGEYAMA, P.Y. *Variação genética em progênies de uma população de Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 125 p. Tese de Doutorado.
- KAGEYAMA, P.Y.; DIAS, I. de S. Aplicação de genética em espécies florestais nativas. *Silvicultura em São Paulo*, v.16a, n.2, p.782-791, 1982.
- 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.

- MORETI, D.; GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E.P.; MARTINS, A.L.M.; BORTOLETTO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.7, p.1099-1109, 1994.
- NGA, B.M.; SUBRAMANIAN, S. Variation in *Hevea brasiliensis*. I. Yield and girth data of the 1937 hand pollinated seedlings. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, v.24, p.69-74, 1974.
- ORTOLANI, A.A. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SERINGUEIRA NO ESTADO DE SÃO PAULO, 1986, Piracicaba. *Anais...* Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.11-32.
- PAIVA, J.R. de. Estimativas de parâmetros genéticos em seringueira e perspectivas de melhoramento. Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 92p. Dissertação de Mestrado.
- PAIVA, J.R. de; GONÇALVES, P. de S.; VALOIS, A.C.C. Avaliação preliminar do comportamento de novos clones de seringueira em Manaus. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.2, p.147-158, 1983.
- 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.
- SIMMONDS, N.W. Genetical bases of plant breeding. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, v.21, p.1-10, 1969.
- SIQUEIRA, G.R. Estimativas de parâmetros genéticos de seringueira (*Hevea* spp.) em condições de viveiro. Viçosa: UFV, 1978. 34p. Dissertação de Mestrado.
- TAN, H. Assessment of parental performance for yield in *Hevea* breeding. *Euphytica*, v.27, p.521-528, 1978a.
- TAN, H. Estimates of general combining ability in *Hevea* breeding at the Rubber Research Institute of Malaysia I. Phases II and III A. *Theoretical Applied Genetics*, v.50, p.29-34, 1977.
- TAN, H. Estimates of parental combining abilities in Rubber (*Hevea brasiliensis*) based on young seedling progeny. *Euphytica*, v.27, p.817-823, 1978b.
- 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, 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 analysis 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.; PINHEIRO, E.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; SILVA, M.N.C. Competição de porta-enxertos de seringueira (*Hevea* spp.) e estimativas de parâmetros genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.13, n.2, p.49-54, 1978.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. (Org.). *Melhoramento e Genética*. São Paulo: Melhoramentos, 1969. cap.1, p.17-59.
- 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.; BARRIGA, P. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.