

ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM SERINGUEIRA SEM O EMPREGO DE TESTES DE PROGÊNIES¹

MARIA ELIZABETH DA COSTA VASCONCELLOS² e AFONSO CELSO CANDEIRA VALOIS³

RESUMO - O presente trabalho teve como principal objetivo a estimativa de parâmetros genéticos, sem se utilizar teste de progênies, em viveiro de seringueira (*Hevea* spp) de um ano de idade. Foram calculadas as estimativas da variância genética (σ_g^2), variância ambiental (σ_e^2), herdabilidade no sentido amplo (h^2), variância residual e os valores do coeficiente b , utilizando os caracteres de altura de plantas, diâmetro do caule, número de lançamentos e produção de borracha seca. As estimativas obtidas de h^2 foram consideradas altas em relação aos métodos usuais, talvez, em decorrência da presença de correlações não isoladas. No entanto podem ser usadas em programas de melhoramento genético, em virtude da aplicação prática e ser desejável a obtenção de estimativas em estágio precoce de desenvolvimento de genótipos. A metodologia empregada é de especial importância quando espécies florestais estão sendo utilizadas, em face dos demorados testes de progênies.

Termos para indexação: variância genética, variância residual, variância fenotípica, herdabilidade.

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS IN RUBBER TREE WITHOUT USE OF PROGENIES TESTS

ABSTRACT - The objective of this work was to investigate genetic parameters without the utilization of progeny tests by using young rubber tree (*Hevea* spp) at the age of one year. The following parameters were estimated: genetic variance (σ_g^2), environmental variance (σ_e^2), heritability in broad sense (h^2), residual variance and coefficient b ; and the following characters were used: plant height, stem diameter, leaf whorls number and dry rubber production characters. The estimations of h^2 were considered high in relation to others methods, probably due to correlations that were not isolated. However, they can be used in breeding programs because of their practical application and usefulness in the obtention of estimatives in the early stages of genotypes development, particular by in forest species where the use of progenies tests would delay the program objective.

index terms: genetic variance, residual variance, phenotypic variance, heritability.

INTRODUÇÃO

Na formação de viveiro de seringueira em áreas de cultivo da Amazônia, geralmente são utilizadas sementes sexuadas advindas de seringais nativos. A possibilidade de se avaliar o potencial destas plantas jovens de modo a reduzir o tempo necessário para determinar e selecionar clones para uso comercial tem sido objetivo de estudo de vários melhoristas, tendo em vista a grande variabilidade genética desta plântula (Gonçalves et al. 1982). Esta

heterogeneidade tem sido entendida como um fator importante para a seleção de genótipos possuidores de bons valores fenotípicos (Valois et al. 1978).

Nos programas de melhoramento genético, uma base importante para a seleção de materiais consiste no conhecimento dos valores reais de estimativas de parâmetros tais como herdabilidade, correlações genéticas e variâncias dos caracteres considerados importantes na seleção. Vários métodos de estimação de parâmetros genéticos são conhecidos. Entretanto, ao se trabalhar com espécies florestais é desejável e útil o emprego de um método que seja confiável e capaz de prescindir dos demorados testes de progênies visando ao avanço positivo do processo de melhoramento genético.

Shrikhande (1957), estudando coco, desenvolveu um método de separar componentes de variância sem o emprego de progênies. Sakai & Hatakeyama (1963) expandiram este método para estimar

¹ Aceito para publicação em 8 de abril de 1986. Trabalho realizado com a participação de recursos financeiros do Contrato SUDHEVEA/EMBRAPA.

² Eng. - Agr., M.Sc. em Estatística e Experimentação Agronômica, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), Caixa Postal 319, CEP 69000 Manaus, AM. Atualmente no IAPAR, Londrina, PR.

³ Eng. - Agr., M.Sc., Dr. em Genética e Melhoramento de Plantas - Assessor da Diretoria Executiva da EMBRAPA. Caixa Postal 04.0315, CEP 70333 Brasília, DF.

a covariância genética e as correlações genéticas em espécies florestais. As estimativas das correlações genéticas por este método foram testadas para determinar sua eficiência em espécies de propagação vegetativa. Foi verificado que o componente de variância genética é próximo de zero para o caso de plantações com propagação por semente, onde a variação de fertilidade não foi considerada. O componente ambiental foi também próximo de zero (Kedharnath et al. 1969).

Hühn (1975) aperfeiçoando a metodologia proposta por Sakai & Hatakeyama (1963) introduziu no modelo o coeficiente de correlação juntamente com a variância de competição proposta por Sakai & Mukaide (1967).

No presente trabalho procurou-se estimar parâmetros genéticos através de variações metodológicas propostas por Shrikhande (1957), Sakai & Hatakeyama (1963) e Sakai & Mukaide (1967).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido com dados coletados de um viveiro composto por indivíduos de meios irmãos oriundos do clone de seringueira IAN 717, com um ano de idade, no espaçamento 1 m x 1 m, implantado no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS) no ano de 1979, em Manaus (AM). O clima é do tipo Ami, com o total pluviométrico variando em torno de 2.400 mm, enquanto que a Unidade Pedogenética é Latossolo Amarelo textura muito argilosa, com o pH em torno de 4,5.

Foram consideradas 926 plantas de onde foram tomados dados de altura da planta, diâmetro do caule, número de lançamentos e produção de borracha seca através do miniteste de produção (MTP).

Para estimação dos componentes de variância foi utilizado o método apresentado por Sakai & Hatakeyama (1963) que se constitui em uma extensão do desenvolvido por Shrikhande (1957). Consiste em se dividir uma amostra de plantas em vários grupos contínuos, cujos genótipos possuam a mesma idade, mesma origem e estejam submetidos à idênticas condições ambientais. No presente caso o terreno foi estratificado e obtidas médias de dez amostras que variaram de uma, duas, três até dez linhas contíguas de plantio, sendo dez plantas na área útil de cada linha, com utilização de bordadura simples. No emprego do método cada número de plantas num grupo foi chamado de x e o número total de grupos da amostra de C . Representando por Y_{ij} um dado caráter da j -ésima planta no i -ésimo grupo, então \bar{y}_i e \bar{y} serão a média do i -ésimo grupo e a média geral, respectivamente. Admitindo que os genótipos são distribuídos casualmente no campo e que

o total de plantas estudadas é uma amostra ao acaso de uma população infinita, tem-se:

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2 \quad (1)$$

onde p é o componente fenotípico de uma determinada planta, g o componente genético e e o componente ambiental.

Considerando-se a variância da média de um grupo (\bar{y}_i), então de (1) temos:

$$\sigma_{(\bar{p})}^2 = \sigma_{(\bar{g})}^2 + \sigma_{(\bar{e})}^2 \quad (2)$$

A variância da média da amostra de tamanho x é a relação entre a variância da população e o tamanho da amostra, logo:

$$\sigma_{(\bar{g})}^2 = \frac{\sigma_g^2}{x} \quad (3)$$

Smith (1983) mostrou que

$$\sigma_{(\bar{e})}^2 = \frac{\sigma_e^2}{x^b} \quad (4)$$

onde b é um parâmetro que varia entre zero e um, dependendo da variação da fertilidade do solo, tendendo para um na medida em que as condições edáficas apresentam-se mais heterogêneas.

$$\text{De (3) e (4) temos que: } \sigma_{(\bar{p})}^2 = \frac{\sigma_g^2}{x} + \frac{\sigma_e^2}{x^b} \text{ ou, (5)}$$

$$x \sigma_{(\bar{p})}^2 = \sigma_g^2 + x^B \sigma_e^2, \text{ onde } B = 1 - b \quad (6)$$

$$\text{Fazendo } x \sigma_{(\bar{p})}^2 = W, \sigma_g^2 = G \text{ e } \sigma_e^2 = E$$

a equação (6) fica:

$$W = G + E x^B \quad (7)$$

Onde W pode ser diretamente obtido do quadrado médio entre grupos do quadro de análise da variância (Tabela 1).

A equação (7) pode ser linearizada fazendo-se $x^B = x_1$. O valor ótimo de B é obtido pelo ajuste da equação que torna mínima a soma de quadrados do resíduo. Assim, o total de variação entre grupos estima ($\sigma_g^2 + \sigma_e^2$).

Logo, a herdabilidade (h^2) no sentido amplo de um dado caráter será:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2} \quad (8)$$

TABELA 1. Esquema de análise da variância.

F.V.	G.L.	QM	E(QM)
Entre grupos	(C - 1)	$x \sum_{i=1}^C \frac{(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{C - 1}$	$\sigma_g^2 + x \frac{\sigma_e^2}{x^b}$
Dentro de grupos	C(x - 1)	$\sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^x (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$\sigma_g^2 + \frac{x}{x-1} (1-x^{-b}) \sigma_e^2$
Total	(Cx - 1)	$\frac{\sum \sum (y_{ij} - \bar{y})^2}{Cx - 1}$	$\sigma_g^2 + \sigma_e^2$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados o esquema de análise da variância e os componentes de variância utilizados. Na Tabela 2 encontram-se estimativas das variâncias entre e dentro dos grupos de acordo com o tamanho da parcela, para os caracteres estudados e com seus respectivos graus de liberdade. As estimativas da variância genética (σ_g^2), variância residual (SQ-Resíduo) e os valores de b encontram-se na Tabela 3.

Verifica-se que para o caráter número de lançamentos a menor soma de quadrados do resíduo é para o valor de B = 0,8. Com isso obteve-se $W' = 1,802 + 0,143 x^{0,8}$ e a relação entre o componente genético e o ambiental do total da variação entre plantas é aproximadamente 12:1. A estimativa de b é 0,2. Logo, o valor da estimativa do coeficiente de herdabilidade é 0,9263.

Para o caráter altura da planta obteve-se $W' = 2938,96 + 407,68 x^{0,3}$, e a relação entre o componente genético e o ambiental do total da variação entre plantas é de 7:1. A estimativa de b é 0,3 (B = 0,7). A estimativa do coeficiente de herdabilidade é $h^2 = 0,878$. Para os caracteres diâmetro do caule e produção de borracha seca obtiveram-se $W' = 3891,58 + 93,98 x^{1,0}$ e $W' = 1323,63 + 4,89 x^{1,0}$, respectivamente. Nota-se que o valor de B para ambos os caracteres é igual a unidade, resultando numa estimativa de b igual a zero.

Verifica-se que para os quatro caracteres estudados, a estimativa da variância genética foi sempre muito alta em relação a variância ambiental. Segundo Hühn (1979) isto seria em decorrência de que as diferenças existentes são realmente causadas por fatores genéticos. Um outro motivo, segundo Hühn (1979), seria que o fator ambiental

TABELA 2. Estimativas da variância entre e dentro de grupos para os quatro caracteres.

Tamanho da parcela	NÚMERO DE LANÇAMENTOS			
	Variância entre grupos (QMW)	G.L.	Variância dentro de grupos (QMD)	G.L.
1	1,788	925	.	.
2	2,094	462	1,489	463
3	2,125	308	1,625	617
4	2,212	231	1,651	694
5	2,197	185	1,690	740
6	2,617	153	1,628	772
7	2,458	132	1,680	893
8	2,519	115	1,688	810
9	2,782	102	1,688	823
10	2,694	92	1,692	833

TABELA 2. Continuação.

ALTURA DA PLANTA				
Tamanho da parcela	Variância entre (QMW) x 10 ²	G.L.	Variância dentro (QMD) x 10 ²	G.L.
1	3161,576	925	-	-
2	3461,795	462	2855,489	463
3	3484,959	308	3995,257	617
4	3489,904	231	3047,944	694
5	3551,976	185	3059,899	740
6	3746,114	153	3041,821	772
7	3860,828	132	3041,377	793
8	3539,525	115	3104,192	810
9	3924,099	102	3063,406	823
10	3714,849	92	3096,849	833

DIÂMETRO DO CAULE				
Tamanho da parcela	Variância entre (QMW)	G.L.	Variância dentro (QMD)	G.L.
1	3371,96	952	-	-
2	3708,43	462	3029,55	463
3	3717,50	308	3194,97	617
4	3819,71	231	3218,48	694
5	3883,49	185	3240,16	740
6	4033,78	153	3236,80	772
7	4198,56	132	3230,48	793
8	3886,15	115	3295,15	810
9	4238,97	102	3260,76	823
10	4221,36	92	3274,45	833

PRODUÇÃO DE BORRACHA				
Tamanho da parcela	Variância entre (QMW) x 10 ³	G.L.	Variância dentro (QMD) x 10 ³	G.L.
1	1289,5812	925	-	-
2	1328,2752	462	1248,3626	463
3	1355,3492	308	1254,7933	617
4	1393,2645	231	1253,3299	694
5	1349,4986	185	1272,9700	740
6	1376,3063	153	1270,8292	772
7	1281,5350	132	1289,3978	793
8	1425,1482	115	1268,8475	810
9	1343,2335	102	1281,4644	823
10	1363,1450	92	1280,0069	833

ainda não teria efeito num estágio jovem de desenvolvimento das plantas. Com isso, toda constituição genética da planta se manifestaria elevando, conseqüentemente, a estimativa para os coeficientes de herdabilidade. Esta última hipótese pode ser levada em consideração uma vez que os dados utilizados foram obtidos quando as plantas se encontravam com um ano de idade.

Siqueira (1978), estudando famílias de meios irmãos resultantes de amostragens em seringais nativos obteve uma estimativa de 40% para o coeficiente de herdabilidade, referente ao caráter produção de borracha. Entretanto, este autor encontrou estimativas de variâncias genéticas muito pequenas para os caracteres diâmetro do caule, espessura de casca, altura da planta, número e tamanho de lançamentos, aos dezesseis meses de idade das plantas. Concluiu que a variabilidade genética do material amostrado era muito baixa.

Paiva (1980) encontrou estimativas de variâncias genéticas negativas para os caracteres altura de planta e tamanho do lançamento utilizando os mesmos dados de Siqueira (1978). Com relação às estimativas do coeficiente de herdabilidade, esse mesmo autor obteve valores baixos para os caracteres estudados.

Nota-se que a maior variação para a estimativa do coeficiente de herdabilidade foi para o caráter número de lançamento (Tabela 3), onde observa-se valor muito baixo (0,1112) e valor muito alto (0,9489). Segundo Hühn (1979) essas variações muito amplas indicam certas tendências, onde as principais causas não se conseguem detectar.

Para o caráter diâmetro do caule esta variação foi 0,41 a 0,97. Observa-se que para os caracteres produção de borracha seca e altura da planta considerando os diferentes tamanhos de parcela, a variação do coeficiente de herdabilidade não foi grande. Entretanto, para o caráter produção de borracha, essas estimativas se mostraram muito elevadas. Kedharnath et al. (1969) consideram que em áreas pequenas, onde o plantio é feito através de sementes, as variações de fertilidade do solo e climática são desprezíveis. Com isso toda a variação observada seria atribuída ao componente genético. Esses mesmos autores estudando *Tectona grandis* encontraram valores de B iguais a 6 e conseqüente valor de b igual a -4 considerando este o valor ótimo para b com menor soma de quadrados residual. Não consideraram o intervalo proposto por Smith (1983). Segundo Nomkoong & Squillace (1970), quando os valores de b estão próximos de 1, as variâncias genéticas e ambientais teriam idênticos efeitos sobre a variância das parcelas $\{V(x)\}$ e seriam estatisticamente indistinguíveis com $b = 1$. Assim, o método é impróprio para caracteres que tenham o valor de b próximo de 1, como pode ocorrer com caracteres que são influenciáveis pelo efeito de competição.

Um fato importante seria que apesar da estimativa que torna mínima a soma de quadrados dos erros ser não tendenciosa, o método não considera o fato de que os erros são correlacionados entre si porque as mesmas plantas são usadas nos vários cálculos da variância da parcela em função do tamanho da mesma.

TABELA 3. Estimativas de parâmetros b , σ_g^2 , σ_e^2 , h^2 e soma de quadrados residual para os quatro caracteres estudados.

NÚMERO DE LANÇAMENTOS				
b	σ_g^2	σ_e^2	h^2	SQ(Resíduo)
0,8	0,197	1,576	0,1112	0,0883
0,7	0,866	0,923	0,4843	0,0846
0,6	1,201	0,605	0,6650	0,0819
0,5	1,415	0,416	0,7731	0,0798
0,4	1,540	0,303	0,8357	0,0815
0,3	1,662	0,216	0,8853	0,0776
0,2	1,802	0,143	0,9263	0,0620
0,1	1,734	0,136	0,9275	0,1015
0,0	1,812	0,098	0,9489	0,0939

TABELA 3. Continuação.

ALTURA DA PLANTA				
b	$\sigma_g^2 \times 10^2$	$\sigma_e^2 \times 10^2$	h^2	SQ(Resíduo) $\times 10^2$
0,8	2334,87	921,78	0,717	73870,0
0,7	2938,96	407,68	0,878	43327,7
0,6	2686,32	383,57	0,882	90446,4
0,5	2905,21	306,37	0,905	125290,0
0,4	3086,92	189,64	0,942	51300,4
0,3	3150,53	139,01	0,958	97355,4
0,2	3198,74	103,55	0,969	99232,6
0,1	3236,48	78,67	0,977	102618,0
0,0	3267,05	54,36	0,984	86222,2

DIÂMETRO DO CAULE				
b	$\hat{\sigma}_g^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	h^2	SQ(Resíduo)
0,6	1027,86	1446,86	0,4121	663136,0
0,5	1685,65	944,56	0,6409	590714,0
0,4	1174,70	611,30	0,6577	563820,0
0,3	2590,07	382,10	0,8714	373515,0
0,2	2751,78	276,99	0,9085	366588,0
0,1	2889,14	200,88	0,9350	351819,0
0,0	3391,58	93,98	0,9730	138103,0

PRODUÇÃO DE BORRACHA				
b	$\hat{\sigma}_g^2 \times 10^3$	$\hat{\sigma}_e^2 \times 10^3$	h^2	SQ(Resíduo) $\times 10^3$
0,9	1085,04	227,71	0,8265	2610,58
0,8	1216,76	97,97	1,9255	2521,37
0,7	1261,02	55,75	0,9577	2515,96
0,6	1283,14	35,55	0,9730	2313,11
0,5	1296,51	24,05	0,9817	2213,84
0,4	1305,46	16,87	0,9872	2117,02
0,3	1313,26	11,70	0,9912	1882,10
0,2	1316,72	8,87	0,9933	1930,96
0,1	1320,56	6,55	0,9951	1835,83
0,0	1323,63	4,89	0,9963	1825,42

Hühn (1979) no estudo de plantações de pinheiros obteve sempre valores altos para as estimativas do coeficiente de herdabilidade. Isto porque o autor sempre obteve variâncias genéticas grandes

e uma variância ambiental muito pequena. Justificando essas estimativas como sendo causadas pela ausência da variância de competição devido as plantas se encontrarem em estágio muito jovem de

desenvolvimento. Esta, talvez, seja a justificativa para as estimativas do coeficiente de herdabilidade alto para os caracteres estudados neste trabalho.

Problemas teóricos e metodológicos com este método de estimativa ficam sempre em questionamento. Um desses problemas diz respeito a que condições a utilização dessas variáveis fenotípicas das médias das parcelas com valores absolutos ou relativos, expressos em unidades da variância genotípica total, levam a valores estimados mais exatos. Isto se verifica nas grandes oscilações de variância e, sobretudo de quocientes de variâncias. Fator importante também ressaltado por Hühn (1979) seria o fato de que as somas de quadrados do resíduo não mudam ou apresentam uma mudança mínima para os diversos parâmetros estimados, considerando os vários tamanhos de parcela. Isto pode ser observado na Tabela 2 para os caracteres número de lançamentos e produção de borracha. No cálculo das variâncias fenotípicas das médias de parcelas tem sido feitas indagações sobre o tamanho de parcela a ser usado e sobre o número de parcelas para um dado tamanho. Com valores crescentes, se obtém cada vez menor número de parcelas e com isso as variâncias das médias calculadas se tornam cada vez mais inconsistentes.

Na avaliação dos valores estimados, também as propriedades de continuidade têm importância especial, pois os parâmetros estimados deveriam mostrar uma continuidade. Entretanto, valores altos de estimativas indicam certas irregularidades cujas causas não são percebidas com facilidade. Posteriormente, os resultados da seleção deverão comprovar a importância de uma avaliação num estádio precoce de desenvolvimento.

As bases teóricas deste método de estimativa foram deduzidas sob uma série de suposições. Com isso não se conhece até quando derivações das condições supostas influenciam a exatidão dos valores obtidos.

Entretanto, apesar das limitações possíveis discutidas aqui e dos problemas matemático - estatísticos que necessitam de esclarecimentos, este método para a estimação da herdabilidade no sentido amplo é de interesse especial por causa das vantagens inicialmente apresentadas para a aplicação prática. Trabalhando-se com espécies de ciclo perene, a importância deste método está na possi-

bilidade rápida e simples de se estimar parâmetros genéticos em relação aos demorados testes de progênies.

CONCLUSÕES

1. Os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo foram mais uniformes para os caracteres altura da planta e produção de borracha seca. Esses coeficientes são considerados altos para esses caracteres. Para o caráter número de lançamento essa variação foi muito acentuada.

2. O método em estudo apresentou estimativas elevadas comparadas quando se utiliza teste de progênies. Essa superestimação pode ser devida a presença de correlação não isolada das estimativas.

3. Na teoria de estimação de parâmetros genéticos sem utilizar estudos de progênies, o problema reside no fato de que ainda não se pesquisou a precisão dessas estimativas. Com isso as estimativas obtidas neste trabalho serão consideradas sempre com restrição e de valor aproximado.

4. É por demais importante e mesmo necessário se conseguir estimativas de herdabilidade num estádio precoce de desenvolvimento de espécies florestais. Isto só é possível através desta metodologia. Portanto, mesmo que essas estimativas sejam aproximadas, os resultados deverão ser considerados num programa de melhoramento genético.

5. Em vista das altas estimativas do coeficiente de herdabilidade, pressupõe-se que a seleção neste estádio de desenvolvimento será altamente eficaz. Posteriormente, os resultados da seleção deverão comprovar esta hipótese.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. - Agr. Herbert Klein pela tradução do texto da literatura citada em alemão. Também ao Dr. Silvio Roberto Medeiros Evangelista, do Departamento de Métodos Quantitativos da EMBRAPA, pelo processamento das análises estatísticas.

REFERÊNCIAS

- GONÇALVES, P. de S.; PAIVA, J.R. de & ROSSETTI, A.G. Eficiência do miniteste de produção na seleção precoce de plantas de seringueira em relação ao teste Hamaker-Morris-Mann. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(8):1145-53, ago. 1982.
- HÜHN, M. Estimation of broad sense heritability in plant populations; an improved method. *Theor. Appl. Genet.*, 46(1):87-99, 1975.
- HÜHN, M. Heritabilitsschätzungen in Fichtenbeständen ohne Nachkommenschaftsprüfungen - Anwendungen einer verbesserten schätzmethode. *Silvae Genet.*, 28(1):13-20, 1979.
- KEDHARNATH, S.; CHETTY, C.K.R. & RAWAR, M.S. Estimation of genetic parameters in teak (*Tectona grandis*) without raising progeny. *Indian For.*, 95(4):208-45, 1969.
- NOMKOONG, G. & SQUILLACE, A.E. Problems in estimating genetic variance by Shrikande's method. *Silvae Genet.*, 19(2/3):74-7, 1970.
- PAIVA, J.R. de. Estimativas de parâmetros genéticos em seringueira (*Hevea* spp.) e perspectivas de melhoramento. Piracicaba, ESALQ, 1980. 92p. Tese Mestrado-Genética e Melhoramento de Plantas.
- SAKAI, K.I. & HATAKEYAMA, S. Estimation of genetic parameters in forest trees without raising progenies. *Silvae Genet.*, 12:1952-7, 1963.
- SAKAI, K.I. & MUKAIDE, H. Estimation of genetic environmental, and competition variances in standing forest. *Silvae Genet.*, 16(5/6):149-52, 1967.
- SHRIKHANDE, V.J. Some considerations in designing experiments on coconut trees. *J. Indian Soc. Stat.*, 1:82-98, 1957.
- SIQUEIRA, E.R. de. Estimación de parâmetros genéticos de seringueira (*Hevea* spp.) em condições de viveiro. Viçosa, UFV, 1978. 34p. Tese Mestrado-Genética e Melhoramento de Plantas.
- SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. *J. Agric. Sci.*, 28:1-23, 1983.
- 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. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 13(2):49-59, 1978.