

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM CACAUEIROS SEM UTILIZAÇÃO DE TESTES DE PROGÊNIES¹

AFONSO CELSO CANDEIRA VALOIS e JOSÉ CARLOS NASCIMENTO²

RESUMO - O objetivo do trabalho foi a estimação de parâmetros genéticos em cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) com três anos de idade, sem utilizar teste de progênies, em uma população híbrida oriunda de cruzamentos IMC 67 x Catongo. Foram estimadas as variâncias, covariâncias e correlações genéticas e fenotípicas e os coeficientes de herdabilidade usando os caracteres de altura de plantas e diâmetro do caule. A herdabilidade e os coeficientes de correlação e de determinação foram altos para altura e baixos para diâmetro. Esses resultados foram comparados com dados advindos de esquemas usuais, atestando a validade do método para o cacauzeiro.

Termos para indexação: *Theobroma cacao*, melhoramento genético.

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS IN CACAO TREE WITHOUT RAISING PROGENIES TESTS

ABSTRACT - The objective of this work was to estimate genetic parameters in cacao tree (*Theobroma cacao* L.) with three years of age, using a hybrid population from IMC 67 x Catongo crosses. Estimates of variances, covariances, genetic and phenotypic correlations and the coefficient of heritability were obtained by using plant height and stem diameter characters. The coefficients of heritability, correlation and determination were high for plant height and low to stem diameter. These results were compared with others from usual schemes, showing applicability of the method to cacao tree.

Index terms: *Theobroma cacao*, plant breeding.

INTRODUÇÃO

O cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.), da família Esterculiaceae, componente de populações panmíticas, autóctone da região amazônica é uma planta perene de grande importância econômica, que geralmente começa a produzir frutos aos três anos de idade. O Brasil é um dos principais produtores mundiais de cacau, que se coloca como um importante produto de exportação.

Entretanto, os plantios brasileiros enfrentam danos causados principalmente por condicionantes biológicos, como é o caso das doenças fitopatogênicas "vassoura-de-bruxa" e "podridão-parda", causadas pelos fungos *Crinipellis pernicioso* e *Phytophthora palmivora*, que ocorrem, respectivamente, na Amazônia e na Bahia-principal Estado produtor brasileiro de cacau. Essas enfermidades reduzem a produção final de frutos de maneira significativa, daí a necessidade imperiosa do desenvolvimento de programas de melhoramento

genético do cacauzeiro visando à obtenção de indivíduos resistentes e produtivos.

No entanto, os avanços genéticos com o emprego de esquemas de melhoramento em espécies perenes são demorados, principalmente quando são levados em consideração testes de progênies para estimar parâmetros genéticos como variâncias, covariâncias e correlações genéticas e fenotípicas, e coeficientes de herdabilidade.

Objetivando acelerar os trabalhos de melhoramento genético de espécies perenes através da predição de parâmetros, sem empregar testes de progênies, alguns autores desenvolveram estudos, destacando-se Shrikhande (1957), Sakai & Hatakeyama (1963), Sakai & Mukaide (1967), Kedhar-nath et al. (1969), Hühn (1979) e Vasconcellos & Valois (1986). Relacionado ao presente assunto, não foi encontrada, na literatura, citação de trabalhos específicos com o cacauzeiro.

Seguindo a metodologia proposta por Sakai & Hatakeyama (1963), o presente trabalho mostra resultados de estimação de parâmetros genéticos em relação aos caracteres de altura de plantas e diâmetro de caule de cacauzeiros com três anos de idade, sem a necessidade da utilização dos testes de progênies.

¹ Aceito para publicação em 3 de junho de 1986.

² Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA, SCS, Quadra 8, Bloco B, nº 50, Supercenter Venâncio 2.000, 9º andar, Caixa Postal 04.0315, CEP 70333 Brasília, DF.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com a utilização de 630 cacauzeiros híbridos, oriundos de cruzamentos IMC 67 x Catongo, estabelecidos no campo experimental pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado no km 30 da rodovia AM-010, em Manaus, AM. O plantio foi efetuado pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), no espaçamento de 3 m x 3 m, em condições de Latossolo Amarelo de textura muito argilosa, com pH em torno de 4,5. O clima da região é do tipo Am, que se caracteriza por apresentar precipitação pluvial inferior a 60 mm em, pelo menos, um mês do ano. A temperatura média do ar é de 27°C, enquanto a quantidade de chuva anual é de cerca de 2.400 mm, a umidade relativa de 85%, e a altitude de 50 m acima do nível do mar.

Para a estimação dos parâmetros pelo método apresentado por Sakai & Hatakeyama (1963), que corresponde a uma extensão do preconizado por Shrikhande (1957), foram utilizados genótipos cultivados dentro das exigências concebidas primordialmente. Assim, as plantas possuíam a mesma idade, estavam submetidas à mesma equidistância de plantio e sem influência de danos de ordem natural ou artificial.

Antes da obtenção dos dados de altura de plantas e diâmetro de caules a 30 cm do solo, foi elaborado o mapeamento da área experimental para efeito de visualização e ordenação da divisão estratificada do terreno de modo a se proceder à coleta das amostras de plantas em vários grupos contínuos, conforme preconizado originalmente pelo método. Depois, fizeram-se as medições dos dois caracteres e foram ordenados os valores em amostragens que variaram de uma a seis linhas (parcelas), com 30 plantas na área útil da unidade experimental.

Em seguida, foram calculadas as variâncias (σ_y^2) para cada caráter dentro das amostras, sendo que da amostra dois (duas linhas contíguas de plantas) à amostra seis, os cálculos foram realizados com os valores médios das plantas vizinhas estabelecidas em diferentes linhas de plantio. Também foram calculadas as covariâncias ($C\hat{o}v_{x,y}$), com a utilização das médias dos diferentes agrupamentos de indivíduos.

De posse dos dados, foram utilizados os seguintes modelos, visando estimar as variâncias genética ($\hat{\sigma}_G^2$), ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$) e fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$):

x	$X \sigma_Y^2$	$\sigma_G^2 + X^b \cdot \sigma_E^2$
1	$1. \sigma_Y^2(1)$	$\sigma_G^2 + 1^b \sigma_E^2$
2	$2. \sigma_Y^2(2)$	$\sigma_G^2 + 2^b \sigma_E^2$
3	$3. \sigma_Y^2(3)$	$\sigma_G^2 + 3^b \sigma_E^2$
4	$4. \sigma_Y^2(4)$	$\sigma_G^2 + 4^b \sigma_E^2$
5	$5. \sigma_Y^2(5)$	$\sigma_G^2 + 5^b \sigma_E^2$
6	$6. \sigma_Y^2(6)$	$\sigma_G^2 + 6^b \sigma_E^2$

Sendo para cada caráter: X o tamanho da amostra; b o coeficiente que permite corrigir o efeito ambiental e varia de zero e um, de acordo com a variação do solo, tendendo para um na proporção em que os fatores edáficos se mostram mais heterogêneos.

Com base nos modelos apresentados, as variâncias genética e ambiental foram estimadas, utilizando-se o método dos quadrados mínimos (MQM). Partindo do sistema $XB = Y$, dado a seguir, os parâmetros foram estimados pela resolução de $X'XB = X'Y$ ou $\hat{B} = (X'X)^{-1} X'Y$.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1^b \\ 1 & 2^b \\ 1 & 3^b \\ 1 & 4^b \\ 1 & 5^b \\ 1 & 6^b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_G^2 \\ \sigma_E^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1. \sigma_Y^2(1) \\ 2. \sigma_Y^2(2) \\ 3. \sigma_Y^2(3) \\ 4. \sigma_Y^2(4) \\ 5. \sigma_Y^2(5) \\ 6. \sigma_Y^2(6) \end{bmatrix}$$

Os sub-índices (1), (2), (3), (4), (5), (6), referem-se aos diversos tamanhos das amostras.

Em decorrência de o MQM não permitir calcular os valores de b, foi utilizado o processo das aproximações sucessivas, fazendo-se b igual a 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 1,00 para o caráter de altura de planta e b igual a 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95 e 1,00 para o caráter de diâmetro do caule, em virtude de esses valores melhor se ajustarem aos modelos propostos. Para cada valor de b foi empregado o MQM e estimados os valores de $\hat{\sigma}_G^2$ e $\hat{\sigma}_E^2$. Em seguida, foram recalculados os valores esperados do modelo $\sigma_G^2 + X^b \sigma_E^2$, e comparados com os valores observados $X \sigma_Y^2$ através dos coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2). Depois, foram utilizados os valores de $\hat{\sigma}_G^2$ e $\hat{\sigma}_E^2$ na estimação dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo ($h^2 = \sigma_G^2 / (\sigma_G^2 + \sigma_E^2)$) e tomados como verdadeiros aqueles que corresponderam aos maiores r^2 para cada caráter.

Para o caso das estimativas das covariâncias genética ($C\hat{o}v_G$), ambiental ($C\hat{o}v_E$) e fenotípica ($C\hat{o}v_F$), foi empregada a mesma metodologia utilizada para os cálculos das variâncias, substituindo os valores de $\hat{\sigma}^2$ pelos de $C\hat{o}v$ nos modelos indicados, sendo que os valores de b, nas aproximações sucessivas, foram 0,60; 0,70; 0,80; 0,90 e 1,00.

Conhecidos os valores das variâncias genética e ambiental para os dois caracteres e das covariâncias, foram calculados os coeficientes de correlação genética (r_G) e fenotípica (r_F) e coeficientes de determinação genética (r_G^2) e fenotípica (r_F^2) entre os caracteres em estudo, de acordo com as fórmulas apresentadas a seguir:

$$r_G = \text{Cov}_{G(X,Y)} / \sqrt{\sigma_G^2(X) \cdot \sigma_G^2(Y)}$$

$$r_F = \text{Cov}_{F(X,Y)} / \sqrt{\sigma_F^2(X) \cdot \sigma_F^2(Y)}$$

$$\text{sendo } \sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2 \text{ e } \text{Cov}_F = \text{Cov}_G + \text{Cov}_E$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 estão mostrados os resultados obtidos para os caracteres de altura de plantas e diâmetro do caule, a seguir apresentados.

Altura de plantas

Para este caráter, o valor de $b = 0,90$ foi aquele que melhor explicou a correlação ($r = 0,90$) entre as variâncias observadas e as esperadas, cujo coeficiente de determinação (r^2) indicou uma interdependência de 81%, conforme mostrado na Tabela 1. Com isso, o coeficiente de herdabilidade $h^2 = 0,77$ foi tomado como o ideal para o presente caso, cujo valor pode ser considerado alto, de acordo com a classificação apresentada por Venovsky (1973).

Para efeito de comparação com dados obtidos

através de métodos experimentais comumente utilizados, o valor de h^2 foi confrontado com o calculado a partir dos dados de Mariano (1966). Este autor trabalhou com populações de cacaueiros híbridos oriundos de seleções amazônicas e trinitárias, dentro de delineamentos estatístico-genéticos usuais, cuja análise da variância dos dados permitiram encontrar $h^2 = 0,62$, pouco inferior ao verificado neste trabalho.

Esse valor de h^2 no sentido amplo, mesmo levando-se em conta a variação genética total, explica que a altura do cacaueiro — caráter geralmente oligogênico — é pouco influenciada pelo meio ambiente, indicando que métodos simples de melhoramento genético podem ser eficientes na alteração deste caráter. De fato, determinada a intensidade de seleção, os maiores valores do coeficiente de herdabilidade conduzem à obtenção de maiores progressos por ciclo de seleção (Dudley & Moll 1969). Aliás, a altura de cacaueiros tem-se mostrado como um caráter importante na seleção para vigor de genótipos jovens (Ascenso 1963), bem como na seleção precoce de plantas com grande capacidade produtiva (Mariano 1966).

TABELA 1. Estimativas das variâncias genética (σ_G^2) e ambiental (σ_E^2) e dos coeficientes de correlação (r), determinação (r^2) e de herdabilidade no sentido amplo (h^2), para valores variáveis de b . Altura da planta em cacaueiro.

b	σ_G^2	σ_E^2	r	r^2	h^2
0,40	0,046	0,237	0,877470	0,769954	0,1625
0,50	0,108	0,175	0,882353	0,778547	0,3816
0,60	0,152	0,133	0,873239	0,762547	0,5333
0,70	0,181	0,104	0,882883	0,779482	0,6351
0,80	0,206	0,082	0,875000	0,765625	0,7153
0,90	0,223	0,066	0,900000	0,810000	0,7716
1,00	0,235	0,054	0,862069	0,743163	0,8131

TABELA 2. Estimativas das variâncias genética (σ_G^2) e ambiental (σ_E^2) e dos coeficientes de correlação (r), determinação (r^2) e de herdabilidade no sentido amplo (h^2), para valores variáveis de b . Diâmetro do caule em cacaueiro.

b	σ_G^2	σ_E^2	r	r^2	h^2
0,75	0,104	1,273	0,635713	0,404132	0,0755
0,80	0,224	1,146	0,635631	0,404026	0,1635
0,85	0,331	1,034	0,635715	0,404134	0,2425
0,90	0,427	0,935	0,635653	0,404055	0,3135
0,95	0,509	0,848	0,635696	0,404110	0,3751
1,00	0,585	0,770	0,635662	0,404066	0,4317

TABELA 3. Estimativas das covariâncias genética (Cov_G) e ambiental (Cov_E) e do coeficiente de correlação (r), para valores variáveis de b . Altura da planta e diâmetro do caule em cacauieiro.

b	Cov_G	Cov_E	r
0,60	0,069	0,413	0,6192
0,70	0,094	0,352	0,6186
0,80	0,159	0,284	0,6188
0,90	0,205	0,233	0,6187
1,00	0,244	0,192	0,6186

Diâmetro do caule

O valor de $b = 0,85$ foi o que melhor se adequou para o caso do diâmetro do caule em virtude de corresponder ao maior valor do coeficiente de correlação ($r = 0,636$) que explicou uma associação de 40,4% entre as variâncias observadas e esperadas, conforme o cálculo de r^2 (Tabela 2). Esse fato permitiu considerar o valor de $h^2 = 0,24$ como o mais adequado no presente estudo, que pode ser considerado baixo na classificação mostrada por Vencovsky (1973). Esse valor, quando comparado com o resultado de h^2 , obtido dos dados de Mariano (1966), demonstrou-se inferior. A discrepância observada pode ter sido decorrência de erros aleatórios, aos quais estão sujeitos os diferentes métodos utilizados.

O diâmetro do caule é um caráter muito importante na seleção de cacauieiros, por conduzir à seleção de genótipos com grande potencial de produção (Jones & Maliphant 1958, Bridgland 1960, Longworth & Freeman 1963). Esse caráter, quando tomado a 30 cm do solo, é o que melhor se cor-

relaciona com a capacidade produtiva e altura do cacauieiro (Mariano 1966). No entanto, para a obtenção de ganhos genéticos consideráveis no processo de seleção para esse caráter, os métodos de melhoramento devem fundamentar-se em esquemas mais efetivos no controle ambiental, de acordo com o dado do coeficiente de herdabilidade encontrado. Em outras espécies perenes, o diâmetro do caule também tem-se mostrado bem mais influenciado pelo meio ambiente do que a altura (Valois 1974). Isso pode ser confirmado pela análise das Tabelas 1 e 2, onde o diâmetro do caule apresenta maiores valores de σ_E^2 em relação a σ_G^2 para todos os valores de b , o que não ocorre com a altura de plantas, onde σ_E^2 só foi superior para $b = 0,40$ e $b = 0,50$.

Correlações entre os caracteres

Para o cálculo das correlações genéticas e fenotípicas, foram encontrados os valores de covariâncias entre os dois caracteres em estudo (Tabela 3). Conforme pode ser observado, o valor de $b = 0,60$ foi o que melhor se ajustou às condições do trabalho, em decorrência de originar r com magnitude superior. Isso conduziu à utilização dos valores $Cov_G = 0,069$ e $Cov_E = 0,413$ nos cálculos das correlações, de acordo com o apresentado na Tabela 4.

O coeficiente de correlação genética ($r_G = 0,25$), apesar de não ser estatisticamente significativo, explica a possível interdependência entre os caracteres de apenas 6,45%, de acordo com o resultado de r_G^2 . Para o caso do coeficiente de correlação fenotípica ($r_F = 0,77$), significativo ao nível de 10% de probabilidade, demonstra a existência de

TABELA 4. Resultados das análises de variância e de covariância e coeficientes de correlação e de determinação* para os caracteres de altura e diâmetro do caule de cacauieiros.

Caracteres	σ_G^2	σ_E^2	σ_F^2	$Cov_{G(x,y)}$	$Cov_{e(x,y)}$	$Cov_{F(x,y)}$	$r_{G(x,y)}$	$r_{F(x,y)}$
Altura de plantas (x)	0,223	0,066	0,289					
Diâmetro do caule (y)	0,331	1,034	1,365	0,069	0,413	0,482	0,2540 ns (0,0645)	0,7674** (0,5889)

* Valores entre parênteses.

** Significativo ao nível de 10% de probabilidade.

ns = Não-significativo

uma associação de 59% entre a altura e diâmetro do caule do cacaueteiro. O valor de r_F mostra-se superior ao r_G , por incluir a variância ambiental; daí o r_G ser de maior interesse para a predição de parâmetros genéticos de interesse.

Dada a baixa correlação genética encontrada para os dois fatores, o melhor caminho para a obtenção de bons progressos parece ser a seleção em tandem (caráter por caráter), em virtude da baixa resposta correlacionada que poderá ser observada no processo seletivo. Após isso, os indivíduos eleitos devem ser testados para o caráter de resistência às doenças referidas, onde o processo mais recomendado é a aplicação da fitopatometria visando à melhor exploração da resistência horizontal, preferível para o caso das plantas perenes.

O valor de r_F encontrado neste trabalho tem magnitude semelhante aos encontrados por Ascensão (1963) e Mariano (1966) trabalhando com diferentes populações de cacaueteiros em delineamentos estatístico-genéticos usualmente empregados.

Discussão geral

De acordo com os resultados alcançados, o método proposto de estimação de parâmetros genéticos sem o teste de progênies parece ter validade prática para auxiliar na seleção de cacaueteiros para vigor e produção, em face do considerável progresso que poderá ser obtido em espaço de tempo relativamente curto. No entanto, o método poderá apresentar inconveniências de aplicação se não forem seguidas as exigências já referidas quanto à mesma idade dos genótipos, idêntica equidistância de plantio e sem efeito ambiental danoso.

Um aspecto importante refere-se ao cuidado do modo de estratificação do terreno para a obtenção das amostras em grupos contínuos, pois, se mal executado, as parcelas poderão ocupar diferentes faixas do terreno e conduzir ao mascaramento dos dados em decorrência de erros de cunho ambiental. A forma de evitar isto é a utilização de solo o mais homogêneo possível, apesar de o coeficiente b , de certa forma, concorrer para a correção do gradiente edáfico. Os caracteres mais influenciados pelo meio ambiente poderão ser os mais prejudicados na predição dos parâmetros.

Outro cuidado a considerar é a escolha da população, que deve ter identidade genética seme-

lhante para justificar o emprego do MQM conforme sugerido, onde se parte da premissa da igualdade da σ_G^2 , ficando a variação ocorrendo por conta da σ_E^2 . A maneira de evitar a ocorrência de descontinuidades é principalmente pela utilização de clone, ou, mesmo, pelo emprego de população híbrida, como no caso presente.

A predição de parâmetros genéticos sem a utilização do teste de progênies apresenta, ainda, uma alternativa de análise, útil para casos dessa natureza. Após a divisão da área em parcelas e obtenção dos dados experimentais, pode ser realizada a análise da variância em vez de ser seguido o processo do MQM, conforme aqui indicado. Para isso, as fontes de variação são definidas como "entre grupos" e "dentro de grupos", sendo o coeficiente b também usado. A principal diferença reside no fato de que os coeficientes de correlação não são empregados e sim a soma de quadrados (SQ) residual, sendo aquela de menor magnitude a indicadora dos melhores valores de σ_G^2 e σ_E^2 para o cálculo de h^2 . A SQ residual serve, ainda, para auxiliar no ajuste de equações para controle dos efeitos ambientais e no cálculo dos coeficientes de herdabilidade. Hühn (1979) e Vasconcellos & Valois (1986) aplicaram o método com sucesso trabalhando com pinheiro (*Pinus* spp) e seringueira (*Hevea* spp), respectivamente. Essa metodologia de análise parece também ser adequada para trabalhos envolvendo o cacaueteiro.

CONCLUSÕES

1. O processo de estimação de parâmetros genéticos sem o emprego dos testes de progênies mostrou-se adequado para o cacaueteiro. Esse fato é vantajoso, por permitir progressos genéticos em menor espaço de tempo em programas de melhoramento, considerando que se trata de planta perene.

2. Para o uso adequado do método há necessidade de seguir corretamente as exigências preconizadas originalmente, visando evitar a ocorrência de erros experimentais aleatórios associados às variâncias, principalmente quando forem utilizados caracteres poligênicos, bastante influenciados pelo meio ambiente.

3. A estimativa do coeficiente de herdabilidade indicou alto valor para o caráter de altura total do cacauero e baixo para o diâmetro do caule, explicando ser mais fácil a obtenção de avanços genéticos em esquema de seleção para o primeiro caráter.

4. O coeficiente de correlação fenotípica entre os caracteres de altura e diâmetro do caule do cacauero apresentou valor alto, enquanto o coeficiente de correlação genética, mais importante, mostrou baixo valor, indicando a existência de pouca associação entre os dois caracteres. Isso explica que o processo seletivo em esquemas de melhoramento deve ser individualizado para cada caráter.

REFERÊNCIAS

- ASCENSO, J.C. Inheritance and relationships among growth characters of young cacao seedlings. Lisboa, Junta de Investigações do Ultramar, 1963. 89p.
- BRIDGLAND, L.A. Cacao improvement programme. Papua New Guinea Agric. J., 12(4):149-67, 1960.
- DUDLEY, J.W. & MOLL, R.H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. Crop Sci., 9:257-61, 1969.
- HÜHN, M. Heritabilitätsschätzungen in Fichtenbeständen ohne Nachkommenschaftsprüfung; Anwendungen einer verbesserten Schätzmethode. Silvae Genet., 28(1):13-20, 1979.
- JONES, T.A. & MALIPHANT, G.K. High yields in cocoa field experiments and their significance in future cacao research. Trop. Agric., Trinidad, 35(4):272-5, 1958.
- 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.
- LONGWORTH, J.F. & FREEMAN, G.H. The use of trunk girth as a calibrating variate for field experiments on cacao trees. J. Hort. Sci., 38:61-7, 1963.
- MARIANO, A.H. Relaciones entre algunas medidas de vigor y producción en cacao. Turrialba, IICA - Cent. Enseñanza Invest., 1966. 41p. Tese Mestrado.
- 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 forests. Silvae Genet., 16 (5/6):149-52, 1967.
- SHRIKHANDE, V.J. Some considerations in designing experiments on coconut trees. J. Indian Soc. Agric. Stat., 1:82-98, 1957.
- VALOIS, A.C.C. Competição de clones de seringueira e predição de parâmetros genéticos. B. téc. Inst. Pesq. Agropec. Amaz. Ocid., 4:1-9, 1974.
- VASCONCELLOS, M.E. da C. & VALOIS, A.C.C. Estimación de parâmetros genéticos em seringueira sem o emprego de testes de progênies. Pesq. agropec. bras., Brasília, 21(7):731-8, 1986.
- VENCOVSKY, R. Princípios de genética quantitativa. Piracicaba, ESALQ/USP - Dep. Genét., 1973. 97p. (Publicação didática)