

# EMPREGO DO COEFICIENTE DE CAMINHAMENTO EM CLONES DE SERINGUEIRA<sup>1</sup>

MARIA ELIZABETH DA COSTA VASCONCELLOS<sup>2</sup> e CLÓVIS POMPILIO DE ABREU<sup>3</sup>

**RESUMO** - Estudou-se o emprego do coeficiente de caminhamento "path-coefficient", considerando nove caracteres de clones de seringueira (*Hevea* spp.) com um ano de idade. Foram consideradas somente as estimativas dos coeficientes de correlação genética com a produção de borracha seca, avaliada através do miniteste de produção em plantas jovens. Os caracteres número de anéis de vasos laticíferos, espessura de casca e diâmetro dos vasos laticíferos apresentaram efeito direto e indireto na produção de borracha. O caráter número de anéis de vasos laticíferos apresentou uma influência marcante, tanto direta como indiretamente, na produção de borracha dos clones estudados. Constatou-se uma grande influência negativa, tanto direta como indiretamente, do caráter densidade dos vasos laticíferos em 5 mm de anel na produção de borracha.

Termos para indexação: *Hevea* spp., vasos laticíferos, correlação genética.

## PATH COEFFICIENT ANALYSIS IN RUBBER TREE CLONES

**ABSTRACT** - Considering nine characters of clones of a one-year old rubber tree clones, the use of the path coefficient was analyzed. In the analysis the estimated values of genetic correlation coefficients of yield by early microtapping test applied for young plants were considered. The characters total number of latex vessel rings, bark thickness and diameter of the latex vessel rings showed a strong influence as much direct as indirect in the yield of rubber in the studied clones. A negative influence as much direct as indirect for the density of latex vessels per 5 mm per ring in the rubber yield was observed.

Index terms: *Hevea* spp., latex vessel rings, genetic correlation.

## INTRODUÇÃO

O estudo de correlações entre caracteres de influência na produção tem sido um dos objetivos dos melhoristas de seringueira no mundo. Entretanto, esse estudo limita-se em determinar a existência de correlações significativas entre caracteres, sem procurar conhecer o interrelacionamento entre eles.

A teoria do coeficiente de caminhamento ("path coefficient"), desenvolvida por Wright (1921), baseada nas estimativas dos componentes de efeitos diretos que um caráter determina em relação a outro e os efeitos indiretos de outros caracteres a ele relacionados, permite isolar efeitos de variáveis que influem para que determinada cor-

relação seja significativa. Isto é de grande importância, pois a correlação genética entre caracteres agrônômicos, apesar de ser de grande utilidade na determinação dos componentes da produção, não dá a exata importância às influências diretas e indiretas de outros caracteres. Com isso, a prática de seleção unilateral para caracteres agrônômicos frequentemente resulta em ganhos genéticos abaixo do desejável (Bhatt 1973).

A metodologia do coeficiente de caminhamento tem sido pouco utilizada em trabalhos de melhoramento genético, e na literatura há poucos trabalhos que a enfocam, apesar de ser de muita utilidade em genética quantitativa. É um tipo especial de análise multivariada onde se trabalha com um sistema de variáveis que são linearmente relacionadas. O sistema de variáveis é geralmente de posto completo, incluindo todos os fatores básicos, as "causas" e suas variáveis resultantes, "os efeitos" (Li 1975).

Dewey & Lu (1959), em seus estudos sobre correlações e coeficientes de caminhamento, exemplificaram o uso deste último método e evidenciaram sua utilidade na análise dos coeficientes de correlação, quando se estuda o interrelacionamento de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 15 de julho de 1983.

Trabalho realizado com a participação de recursos financeiros do Convênio SUDHEVEA/EMBRAPA.

<sup>2</sup> Eng.<sup>a</sup>-Agr.<sup>a</sup>, M.Sc., EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPDS), Caixa Postal 319, CEP 69000 - Manaus, AM.

<sup>3</sup> Professor Assistente, Doutor, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Departamento de Matemática e Estatística, Caixa Postal 09, CEP 13400 - Piracicaba, SP.

caracteres agrônômicos desejáveis. Duarte & Adans (1972), estudando o efeito de cinco caracteres sobre a produção de feijão, concluíram, através do coeficiente de caminhamento, que havia uma preponderante influência direta do caráter "número de vagens" na produção de grãos, mesmo quando a seleção era feita para os caracteres "número de sementes por vagens" e "peso de sementes".

Estudando cevada, Sharma et al. (1973) demonstraram, através do coeficiente de caminhamento, que o caráter "número de rebentos" por planta, apesar de apresentar correlação positiva com a produção de grãos, apresentava também efeito direto negativo sobre a produção, mostrando que a seleção baseada neste caráter seria provavelmente tendenciosa.

Segundo Vianna et al. (1980), deve-se tomar cuidado com o jogo dos efeitos diretos e indiretos na escolha das intensidades e sentido de seleção dos vários caracteres da planta, pois efeitos positivos podem contrabalançar os negativos, tornando praticamente nula uma correlação entre dois caracteres quaisquer.

Paiva et al. (1982), estudando clones de seringueira, demonstraram, através do coeficiente de caminhamento, que existe uma influência marcante, tanto direta como indiretamente, do caráter "espessura de casca" na produção de borracha. Esta influência não é totalmente manifestada pelo coeficiente de correlação genética, por causa dos efeitos diretos e indiretos via diâmetro do caule e diâmetro dos vasos laticíferos.

Com o objetivo de desdobrar as correlações genotípicas em componentes de efeitos diretos e indiretos e demonstrar o significado desse coeficiente, procurou-se efetuar a análise do coeficiente de caminhamento neste trabalho.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Os vinte e cinco clones de seringueira utilizados neste estudo são integrantes do experimento de competição de clones do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê - CNPSD-EMBRAPA - Manaus, AM, implantado em 1979 em condições de Latossolo Amarelo textura muito argilosa. Esse experimento foi instalado em látex 5 x 5 com três repetições, com vinte plantas por parcela, sendo seis na área útil, no espaçamento de 7 m entrelinhas, e 3 m entre plantas. Quando as plantas atingiram um ano de idade, foram tomados os dados referentes ao

vigor e ao sistema laticífero. Os tratamentos utilizados no experimento são constituídos dos seguintes clones: IAN 6158, IAN 717, IAN 6717, IAN 2945, IAN 2928, IAN 4488, IAI 2925, IAN 3384, IAN 6121, Fx 3864, Fx 3925, Fx 25, Fx 4037, IAC 222, IAC 206, IAC 207, AC 53, AC 55, AC 68, RO 60, RO 54, PFB 1, PFB 4, PFB 26 e Alter do Chão.

O modelo matemático utilizado foi  $Y_{ijk} = m + t_i + b_{jk} + r_k + e_{ijk}$ , onde  $m$  é a média geral,  $t_i$ ,  $b_{jk}$  e  $r_k$  os efeitos de tratamento, bloco dentro de repetição e repetição respectivamente, e  $e_{ijk}$  o erro experimental associado a cada observação.

As estimativas dos coeficientes de correlação genética entre os caracteres estudados foram calculadas de acordo com o procedimento relatado por Kempthorne (1966) e Falconer (1972).

Considerando a natureza de um sistema fechado, o emprego prático do método do coeficiente de caminhamento é grandemente facilitado pela formulação de um diagrama mostrando as interrelações das variáveis estudadas e pelo pouco conhecimento de regressão e correlação parcial e múltipla.

No caso mais simples, de uma variável (Y) linearmente dependente de duas variáveis (X) e (Z), a equação de regressão múltipla de (Y) em relação à (X) e (Z) será:

$$Y - \bar{Y} = B(X - \bar{X}) + C(Z - \bar{Z}) + \epsilon, \quad (1)$$

onde B e C são os coeficientes de regressão e  $\epsilon$  o erro experimental,  $\epsilon \sim (0, \sigma^2)$ .

Levando-se em consideração que o coeficiente de caminhamento é um coeficiente de regressão parcial estandarizado, temos:

$$\frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_Y} = \frac{B \sigma_X}{\sigma_Y} \left( \frac{X - \bar{X}}{\sigma_X} \right) + C \frac{\sigma_Z}{\sigma_Y} \left( \frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_Z} \right) + \frac{\epsilon}{\sigma_Y}$$

onde  $\epsilon \sim N(0,1)$ .

Portanto:

$$\frac{B \sigma_X}{\sigma_Y} = P_{X,Y} \text{ e } C \frac{\sigma_Z}{\sigma_Y} = P_{Z,Y}$$

são coeficientes de caminhamento que quantificam os efeitos diretos de X e Z sobre Y, respectivamente.

Como

$$r_{YX} = \frac{\text{COV}_{YX}}{\sigma_Y \sigma_X}$$

e

$$\text{COV}(Y,X) = E \{ [Y - E(\bar{Y})] [X - E(\bar{X})] \}$$

temos que:

$$\text{COV}(Y, X) = E \left\{ [B(x - \bar{X}) + C(Z - \bar{Z}) + \epsilon] [X - \bar{X}] \right\} \quad \text{Logo:}$$

$$\text{COV}(Y, X) = B \sigma_X^2 + C \text{COV}(X, Z);$$

então,

$$\text{COV}(Y, X) = B \sigma_X^2 + C r_{X,Z} \sigma_X \sigma_Z$$

$$r_{Y,X} = P_{X,Y} + P_{Z,Y} r_{X,Z}. \quad (2)$$

De maneira análoga, temos:

$$r_{Y,Z} = P_{Z,Y} + P_{X,Y} r_{X,Z}. \quad (3)$$

De (1), temos:

$$(Y - \bar{Y})^2 = [B(X - \bar{X}) + C(Z - \bar{Z}) + \epsilon]^2.$$

Então,

$$\sigma_Y^2 = B^2 \sigma_X^2 + C^2 \sigma_Z^2 + 2 BC \text{COV}(X, Z).$$

$$1 = P_{X,Y}^2 + P_{Z,Y}^2 + P_{\epsilon,Y}^2 + 2P_{X,Y} P_{Z,Y} r_{X,Z}, \quad (4)$$

onde  $P_{\epsilon,Y}$  é o efeito residual devido a problemas de amostragem e de alguns caracteres que não se correlacionam entre si e/ou não se correlacionam com o caráter central (Y).

No presente estudo, foram utilizadas oito variáveis para se determinar os coeficientes de caminhamento, conforme o diagrama causa-efeito, que mostra as inter-relações entre os caracteres estudados (Fig. 1).

Os coeficientes de caminhamento ("path coefficients") foram obtidos através da solução dos sistemas de equações que expressam o relacionamento básico entre o efeito da correlação e seus componentes desdobrados em componentes de efeito direto e indireto (Wright 1921 e Lenka & Misra 1973).

As oito equações estabelecidas foram:

$$r_{1x} = P_{1x} + r_{12} P_{2x} + r_{13} P_{3x} + r_{14} P_{4x} + r_{15} P_{5x} + r_{16} P_{6x} + r_{17} P_{7x} + r_{18} P_{8x}$$

$$r_{2x} = r_{12} P_{1x} + P_{2x} + r_{23} P_{3x} + r_{24} P_{4x} + r_{25} P_{5x} + r_{26} P_{6x} + r_{27} P_{7x} + r_{28} P_{8x}$$

$$r_{3x} = r_{13} P_{1x} + r_{23} P_{2x} + P_{3x} + r_{34} P_{4x} + r_{35} P_{5x} + r_{36} P_{6x} + r_{37} P_{7x} + r_{38} P_{8x}$$

$$r_{4x} = r_{14} P_{1x} + r_{24} P_{2x} + r_{34} P_{3x} + P_{4x} + r_{45} P_{5x} + r_{46} P_{6x} + r_{47} P_{7x} + r_{48} P_{8x}$$

$$r_{5x} = r_{15} P_{1x} + r_{25} P_{2x} + r_{35} P_{3x} + r_{45} P_{4x} + P_{5x} + r_{56} P_{6x} + r_{57} P_{7x} + r_{58} P_{8x}$$

$$r_{6x} = r_{16} P_{1x} + r_{26} P_{2x} + r_{36} P_{3x} + r_{46} P_{4x} + r_{56} P_{5x} + P_{6x} + r_{67} P_{7x} + r_{68} P_{8x}$$

$$r_{7x} = r_{17} P_{1x} + r_{27} P_{2x} + r_{37} P_{3x} + r_{47} P_{4x} + r_{57} P_{5x} + r_{67} P_{6x} + P_{7x} + r_{78} P_{8x}$$

$$r_{8x} = r_{18} P_{1x} + r_{28} P_{2x} + r_{38} P_{3x} + r_{48} P_{4x} + r_{58} P_{5x} + r_{68} P_{6x} + r_{78} P_{7x} + P_{8x}$$

Na forma matricial, resultou o sistema

$$X'X\hat{\beta} = X'Y,$$

onde,

$$\begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} & r_{17} & r_{18} \\ r_{12} & 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} & r_{26} & r_{27} & r_{28} \\ r_{13} & r_{23} & 1 & r_{34} & r_{35} & r_{36} & r_{37} & r_{38} \\ r_{14} & r_{24} & r_{34} & 1 & r_{45} & r_{46} & r_{47} & r_{48} \\ r_{15} & r_{25} & r_{35} & r_{45} & 1 & r_{56} & r_{57} & r_{58} \\ r_{16} & r_{26} & r_{36} & r_{46} & r_{56} & 1 & r_{67} & r_{68} \\ r_{17} & r_{27} & r_{37} & r_{47} & r_{57} & r_{67} & 1 & r_{78} \\ r_{18} & r_{28} & r_{38} & r_{48} & r_{58} & r_{68} & r_{78} & 1 \end{bmatrix}$$

$X'X$  é uma matriz não-singular das correlações genéticas entre os caracteres estudados:

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} P_{1X} \\ P_{2X} \\ \dots \\ P_{8X} \end{bmatrix}$$

onde  $\hat{\beta}$  é a matriz dos coeficientes de caminamento;

$$\begin{bmatrix} r_{1X} \\ r_{2X} \\ \dots \\ r_{8X} \end{bmatrix}$$

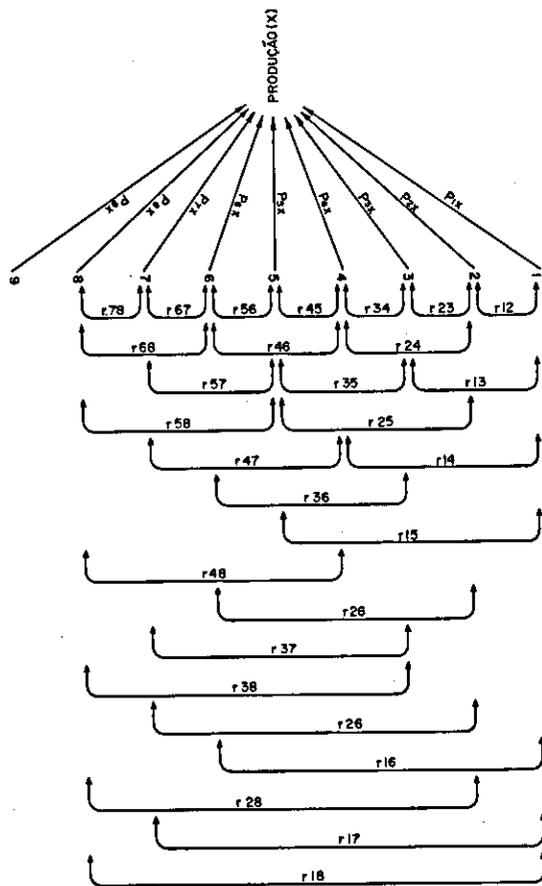


FIG. 1. Sistema de causas-efeito de nove variáveis relacionadas a caracteres da seringueira, onde 1, 2, ..., 8 são causas correlacionadas de X: 1. Altura da planta; 2. Diâmetro do caule; 3. Número de lançamentos; 4. Tamanho médio de lançamentos; 5. Número de anéis de vasos laticíferos; 6. Diâmetro dos vasos laticíferos; 7. Densidade dos vasos laticíferos; 8. Espessura de casca; 9. Efeito residual não correlacionado; X: produção de borracha seca.

$X'Y$  é matriz das correlações genéticas entre os caracteres secundários e o de maior efeito.

A solução do sistema

$$\hat{\beta} = (X'Y)^{-1} X'Y$$

nos fornece os valores dos  $P_{jk}$  na matriz que relaciona matematicamente o coeficiente de correlação e o coeficiente de caminamento.

O efeito residual  $P_{9X}$  é obtido através da equação:

$$\begin{aligned}
1 = & P_{9x}^2 + P_{1x}^2 + P_{2x}^2 + P_{3x}^2 + P_{4x}^2 + P_{5x}^2 + P_{6x}^2 + P_{7x}^2 + P_{8x}^2 + 2I_{12} P_{1x} P_{2x} + 2I_{13} P_{1x} P_{3x} + 2I_{14} P_{1x} P_{4x} + 2I_{15} P_{1x} P_{5x} + \\
& + 2I_{16} P_{1x} P_{6x} + 2I_{17} P_{1x} P_{7x} + 2I_{18} P_{1x} P_{8x} + 2I_{23} P_{2x} P_{3x} + 2I_{24} P_{2x} P_{4x} + 2I_{25} P_{2x} P_{5x} + \\
& + 2I_{26} P_{2x} P_{6x} + 2I_{27} P_{2x} P_{7x} + 2I_{28} P_{2x} P_{8x} + 2I_{34} P_{3x} P_{4x} + 2I_{35} P_{3x} P_{5x} + 2I_{36} P_{3x} P_{6x} + \\
& + 2I_{37} P_{3x} P_{7x} + 2I_{38} P_{3x} P_{8x} + 2I_{45} P_{4x} P_{5x} + 2I_{46} P_{4x} P_{6x} + 2I_{47} P_{4x} P_{7x} + 2I_{48} P_{4x} P_{8x} + \\
& + 2I_{56} P_{5x} P_{6x} + 2I_{57} P_{5x} P_{7x} + 2I_{58} P_{5x} P_{8x} + 2I_{67} P_{6x} P_{7x} + 2I_{68} P_{6x} P_{8x} + 2I_{78} P_{7x} P_{8x}
\end{aligned}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos coeficientes de caminhamento, desdobramento em componentes de efeito direto e indireto para todos os caracteres estudados juntamente com as estimativas dos coeficientes de correlações genéticas.

Para a análise do coeficiente de caminhamento, usaram-se somente as correlações genéticas, sendo a produção de borracha seca o caráter central. O componente residual ( $P_{9x}$ ), considerando independente, mede a influência direta dos fatores residuais sobre a produção de borracha (Fig. 1).

O caráter altura da planta apresentou um efeito direto baixo sobre a produção de borracha, estando de acordo com Paiva et al. (1982). Este fato vem confirmar que a seleção de plantas mais baixas nos trabalhos de melhoramento genético com seringueira devem ser considerados, pois com a redução do porte da planta, conseqüentemente o período de imaturidade do seringal, será menor, em face do maior desenvolvimento do diâmetro do caule (Hallé & Martin 1968). Por outro lado, o efeito indireto deste caráter em relação aos demais caracteres foi sempre baixo.

O efeito direto do caráter diâmetro do caule sobre a produção foi relativamente baixo e negativo, observando-se uma influência indireta maior via número de anéis de vasos laticíferos.

Valor alto e positivo foi detectado para o efeito direto do número de anéis de vasos laticíferos sobre a produção de borracha. Sua correlação genética não apresenta maior valor por causa, principalmente, dos efeitos indiretos negativos via densidade dos vasos laticíferos, circunferência e tamanho médio de lançamentos. De acordo com Narayanan et al. (1974), existe uma interrelação entre os caracteres número de anéis de vasos laticíferos, espessura de casca e diâmetro dos vasos laticíferos em seringueiras adultas, estando correlacionadas com a produção. Isto pode ser facilmente visualizado ao se estudar os efeitos indiretos deste caráter com os caracteres diâmetro dos vasos laticíferos, densidade dos vasos laticíferos e espessura de casca, onde os seus valores foram sempre altos e positivos, em relação aos demais componentes.

TABELA 1. Análise do "path coefficient", desdobramento das correlações genéticas em componentes de efeitos diretos e indiretos para os caracteres estudados.

Modo de ação	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlações (r)
<b>P x ALT</b>			
Efeito direto	0,010836074		
Efeito indireto via CIRC		-0,274032645	
Efeito indireto via NL		0,172036505	
Efeito indireto via TML		-0,001418474	
Efeito indireto via NA		0,548209758	
Efeito indireto via DVL		0,324685174	
Efeito indireto via DENS		-1,047354036	
Efeito indireto via EC		0,182811770	
Total ( $r_P \times ALT$ )			-0,0482227
<b>P x CIRC</b>			
Efeito direto	-0,350576009		
Efeito indireto via ALT		0,008470168	
Efeito indireto via NL		0,138284340	
Efeito indireto via TNL		-0,005954513	
Efeito indireto via NA		1,579669596	
Efeito indireto via DVL		0,474154003	
Efeito indireto via DENS		-1,979157588	
Efeito indireto via EC		0,348003869	
Total ( $r_P \times CIRC$ )			0,21284111
<b>P x NL</b>			
Efeito direto	0,20283401		
Efeito indireto via ALT		0,009190767	
Efeito indireto via CIRC		-0,239009090	
Efeito indireto via TML		-0,002324280	
Efeito indireto via NA		0,070385437	
Efeito indireto via DVL		0,223378752	
Efeito indireto via DENS		-0,269353150	
Efeito indireto via EC		0,082660794	
Total ( $r_P \times NL$ )			0,0777101
<b>P x TML</b>			
Efeito direto	-0,008026456		
Efeito indireto via ALT		0,001949943	
Efeito indireto via CIRC		-0,260078605	
Efeito indireto via NL		0,058736136	
Efeito indireto via NA		1,187476406	
Efeito indireto via DVL		-0,020457444	
Efeito indireto via DENS		-1,271852348	
Efeito indireto via EC		0,175034060	
Total ( $r_P \times TML$ )			-0,1375490
<b>P x NA</b>			
Efeito direto	3,252757945		
Efeito indireto via ALT		0,001942022	
Efeito indireto via CIRC		-0,170253733	
Efeito indireto via NL		0,043889236	

TABELA 1. Continuação.

Modo de ação	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlações (r)
Efeito indireto via TML		-0,002930201	
Efeito indireto via DVL		0,342556113	
Efeito indireto via DENS		-3,272632535	
Efeito indireto via EC		0,365743007	
Total ( $r_P \times NA$ )			0,42161242
P x DVL			
Efeito direto	0,744258445		
Efeito indireto via ALT		0,004727280	
Efeito indireto via CIRC		-0,233345664	
Efeito indireto via NL		0,060877787	
Efeito indireto via TML		0,000220623	
Efeito indireto via NA		1,496354850	
Efeito indireto via DENS		-1,878391940	
Efeito indireto via EC		0,502032955	
Total ( $r_P \times DVL$ )			0,7075498
P x DENS			
Efeito direto	-3,384110502		
Efeito indireto via ALT		0,003353667	
Efeito indireto via CIRC		-0,205030171	
Efeito indireto via NL		0,016144167	
Efeito indireto via TML		-0,003016582	
Efeito indireto via NA		3,241389553	
Efeito indireto via DVL		0,413110958	
Efeito indireto via EC		0,398027520	
Total ( $r_P \times DENS$ )			0,47984267
P x EC			
Efeito direto	0,540740222		
Efeito indireto via ALT		0,003663416	
Efeito indireto via CIRC		-0,225617739	
Efeito indireto via NL		0,031006480	
Efeito indireto via TML		-0,002598120	
Efeito indireto via NA		2,198190952	
Efeito indireto via DVL		0,690098047	
Efeito indireto via DENS		-2,49096550	
Total ( $r_P \times EC$ )			0,744517

O número de anéis de vasos laticíferos é uma estimativa importante que determina grande influência sobre produção, sendo que entre clones este caráter justifica cerca de 25 a 50% da variação na produção (Ho et al. 1973). Neste trabalho verificou-se uma influência marcante, tanto direta como indiretamente, do caráter número de anéis de vasos laticíferos na produção de borracha dos clones es-

tudados, estando de acordo com Narayanan et al. (1973 e 1974), Ho et al (1973) e Tan (1977), que afirmam ser este caráter o mais importante na produção do látex.

Efeito direto alto e negativo foi encontrado para o caráter densidade dos vasos laticíferos na produção, o mesmo ocorrendo para os efeitos indiretos deste caráter em relação aos demais carac-

teres, que foram sempre negativos, sendo, portanto, este caráter, de grande influência negativa na produção de borracha.

Narayanan et al. (1973), considera densidade dos vasos laticíferos um caráter de importância secundária na determinação da produção. Entretanto, observando-se os resultados, verifica-se que cuidados especiais devem ser tomados em critérios de seleção com relação a este caráter na seleção de clones, pois, mostrou-se de grande influência negativa. Vale ressaltar que Pinheiro (1981), estudando clones de seringueira na fase adulta, encontrou que o clone que apresentava maior densidade dos vasos laticíferos possuía baixa produção. Paiva et al. (1982) também encontrou que a densidade de vasos tinha efeito indireto negativo sobre quase todas as variáveis estudadas.

O caráter espessura de casca apresentou um valor moderado de seu efeito direto sobre a produção de borracha, em virtude, principalmente, do efeito indireto alto e negativo via densidade dos vasos laticíferos. Isto é de grande importância, considerando-se que sua correlação genética com a produção é alta. Paiva et al. (1982), estudando oito caracteres relacionados com a produção, verificou que a espessura da casca foi o caráter que demonstrou maior efeito direto na produção e maiores efeitos indiretos em relação aos outros caracteres. Assim, concluiu que uma seleção baseada neste caráter irá fornecer um progresso genético adicional à seleção da produção *per se*.

O fato de seu efeito direto na produção não ser alto pode ser devido à influência negativa da densidade de vasos laticíferos que está mascarando este efeito, pois o efeito indireto da espessura de casca sobre os demais caracteres foi sempre positivo e de valor moderado.

O efeito direto moderadamente alto para o caráter diâmetro dos vasos laticíferos não está de acordo com Paiva et al. (1982), que obteve valor negativo para esse efeito. Observa-se que a influência da correlação genética deste caráter com a produção é alta, concordando com Gonçalves et al. (1980), onde este caráter é um dos mais correlacionados com a produção.

O componente residual ( $P_{,x}$ ) apresentou um valor apreciável (0,618838), mostrando que alguns caracteres não se correlacionaram bem entre

si e/ou com produção de borracha seca. Admite-se, também, a possibilidade de problemas na amostragem, trazendo imperfeições nas estimativas dos coeficientes de caminhamento. Entretanto, considerou-se que a ação dos fatores aleatórios mensurados por este componente não foi suficiente para mascarar a interpretação dos resultados, mostrando, assim, que a análise do coeficiente de caminhamento fornece um quadro diferente e mais completo da análise do coeficiente de correlação genética.

### CONCLUSÕES

1. Verificou-se uma influência marcante, tanto direta como indiretamente, do caráter número de anéis de vasos laticíferos na produção de borracha dos clones estudados, reafirmando ser este caráter o mais importante na produção de látex. Entretanto, por ser de difícil mensuração, portanto muito sujeito a erros de amostragem, recomenda-se selecionar plantas para o caráter espessura de casca, por conter todos os caracteres pertencentes ao sistema laticífero, e ser menos influenciado pelo meio ambiente.

2. Através da análise do coeficiente de caminhamento, visualizou-se que o efeito do caráter altura da planta na produção foi baixo, isto como componente direto e indireto.

3. Através das estimativas do coeficiente de correlação genética, o caráter relacionado com o vigor da planta que mais contribuiu na produção de borracha foi a espessura de casca, sendo que esta observação se confirma pelo coeficiente de caminhamento. Visualizou-se, também, que, nos desdobramentos do coeficiente de correlação genotípica, através da análise do coeficiente de caminhamento, o efeito direto e indireto desse caráter na produção só perde em importância para o caráter número de anéis de vasos laticíferos.

4. Comprovou-se que o caráter densidade dos vasos laticíferos é de grande influência na produção de borracha, fato este perfeitamente visualizado através do coeficiente de caminhamento, onde o seu efeito direto na produção é negativo. Sua correlação genética é significativa, dado o efeito indireto do caráter número de anéis de vasos laticíferos.

## REFERÊNCIAS

- BHATT, G.M. Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association. *Euphytica*, 22:338-43, 1973.
- DEWEY, D.R. & LU, K.H. A correlation and path coefficient analysis of components of crested-wheat-grass seed production. *Agron. J.*, 51:515-8, 1959.
- DUARTE, R.A. & ADANS, N.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Crop. Sci.*, 12: 579-82, 1972.
- FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. Londres, Oliver & Boyd, 1972. 365p.
- GONÇALVES, P. de S.; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C. & VIÉGAS, I.J.M. de. Comportamento, estudo de correlações e herdabilidade de alguns caracteres quantitativos em clones jovens de seringueira (*Hevea* spp.). In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 3, Manaus, 1980. Anais... Manaus, SUDHEVEA, 1980. v.1. p.386-421.
- HALLÉ, F. & MARTIN, R. Étude de la croissance chez l'Hévéa (*Hevea brasiliensis* Muel-Arg. Euphorbiacées-Crotonoidées). *Adansonia. Série 2*, 8(4): 475-503, 1968.
- HO, C.Y.; NARAYANAN, R. & CHEN, K.T. Clonal nursery studies in Hevea. I. Nursery yield and associated structural characteristics and their variations. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 23(4):305-15, 1973.
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. Nova York, John Wiley, 1966. 545p.
- LENKA, D. & MISRA, B. Path coefficient analysis of yield rice varieties. *Indian. J. Agric. Sci.*, 43(4): 376-9, 1973.
- LI, C.C. Path analysis: a primer. California, Boxwood-press, 1975. 343p.
- NARAYANAN, R.; GOMES, J.B. & CHEN, K.T. Some structural factors and yield. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 23(3):285-97, 1973.
- NARAYANAN, R.; HO, C.Y. & CHEN, K.T. Clonal nursery studies in Hevea. III. Correlations between yield, structural characters, latex constituents and plugging index. *J. Rubb. Res. Inst. Malaya, Kuala Lumpur*, 24(1):1-14, 1974.
- PAIVA, J.R.; ROSSETTI, A.G. & GONÇALVES, P.S. Uso do coeficiente de caminhamento no melhoramento da seringueira. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 17(3):433-40, 1982.
- PINHEIRO, F.S.V. Comportamento de alguns clones amazônicos de seringueira (*Hevea* spp.) nas condições ecológicas de Açailândia; resultados preliminares. Viçosa, MG, UFV, 1981. 83p. Tese Mestrado.
- SHARMA, R.C.; BRATNAGAR, S.M.; BRATNAGAR, V.K. & BRARGAVA, B.D. Path coefficient analysis of grain and fodder yield, and selection index in grow barley. *Ind. J. Agric. Sci.*, 43(4):380-5, 1973.
- TAN, H. Estimates of general combining ability in Hevea breeding at the Rubber Research Institute of Malaya. I. Phases II and III a Teor. Appl. Gene., Berlin, 50:29-34, 1977.
- VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V. & MÓRO, J.R. Correlações e análises do coeficiente vetor ("path coefficient") em linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.). *Ci. e Cult.*, São Paulo, 32(9):1235-42, 1980.
- WRIGHT, S. Correlation and causation. *J. Agric. Res.*, Washington, 20:557-85, 1921.