

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM CLONES DE GUARANAZEIRO¹

FIRMINO JOSÉ DO NASCIMENTO FILHO², TEREZINHA BATISTA GARCIA³ e
COSME DAMIÃO CRUZ⁴

RESUMO - Foram estimados a variabilidade genética e o coeficiente de determinação genotípica de 26 caracteres relacionados à parte aérea e sistema radicular em mudas de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). Os clones apresentaram alta variabilidade para todos os caracteres avaliados. O coeficiente de determinação genotípica esteve acima de 70% para 22 caracteres estudados, demonstrando que a aplicação do uso de métodos simples de melhoramento poderão resultar em bons ganhos de seleção.

Termos para indexação: coeficiente de determinação genotípica, variabilidade fenotípica, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*.

ESTIMATE OF GENETIC PARAMETERS IN CLONES OF GUARANÁ TREE

ABSTRACT - The genetic variability and the genotypic determination coefficient of 26 characters related to aerial part and root system in guaraná seedlings (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) were estimated. The clones showed high variability for all characters evaluated. The genotypic determination coefficient was superior to 70% for majority of the characters demonstrating that application of simple breeding methods can result in good selection gains.

Index terms: genotypic determination coefficient, genetic phenotypic variability, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*.

INTRODUÇÃO

O programa de melhoramento genético do guaraná (*Paullinia cupana* H.B.K. var. *sorbilis*) vem sendo desenvolvido com base na seleção de clones produtivos e resistentes à antracnose (*Colletotrichum guaranicola* Albuquerque) e ao superbrotamento (*Fusarium decemcellulare* Brick).

Recentemente, tem-se dado ênfase em conhecer os parâmetros genéticos que auxiliam na avaliação da viabilidade da seleção de indivíduos promissores. Um dos parâmetros de grande importância para o estudo de caracteres quantitativos em plantas propa-

gadas vegetativamente é o coeficiente de determinação genotípica (" h^2 "), o qual é utilizado em sentido análogo ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (h^2) que no presente estudo, é específico a um conjunto de genótipos.

A importância desses coeficientes em programas de melhoramento genético reside no fato de expressar a validade do valor fenotípico como representante do valor genotípico de uma população ou de um conjunto de genótipos (Falconer, 1972).

De modo geral, o ganho genético substancial, obtido por recombinação de indivíduos superiores, somente acontece quando o caráter selecionado é altamente herdável e determinado por ação gênica aditiva. Entretanto, no caso de plantas propagadas vegetativamente, a ação gênica dominante também é importante, visto que essas plantas (ortetes) geralmente transferem às suas filhas (rametes) todo seu patrimônio genético. Sob tal situação, a seleção é mais efetiva, e a resposta, rápida e contínua (Vencovsky, 1978).

¹ Aceito para publicação em 28 de julho de 1993.

² Eng.-Agr., M.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental (CPAA), Caixa Postal 319, CEP 69048-660 - Manaus, AM.

³ Eng.-Agr., M.Sc. em Fitotecnia, EMBRAPA-CPAA.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D. em Genética e Melhoramento de Plantas. Dep. de Biologia Geral, Univ. Fed. de Viçosa, CEP 36570-000 Viçosa, MG.

Neste trabalho, estimou-se a variabilidade genética e os coeficientes de determinação e variação genotípicas para 26 caracteres da parte aérea e do sistema radicular, os quais darão um indicativo da facilidade relativa de seleção e da viabilidade da inclusão do material disponível em programas de melhoramento genético do guaranazeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos envolveram 36 clones de guaraná, avaliados em relação a 26 caracteres agrônômicos, em mudas de estacas enraizadas de oito meses de idade. As plantas foram selecionadas em populações existentes na estação experimental do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental (CPAA/EMBRAPA), localizada no Km 30 da Rodovia AM-010, Manaus-Itacoatiara, no Estado do Amazonas, numa latitude de 02° 52' S, longitude de 59° 59' W. Gr. e altitude de 50m em relação ao nível do mar (IPEAAOC, 1972). O clima, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo tropical chuvoso tipo Af, com temperatura média do mês mais frio, superior a 18°C, e uma precipitação superior a 60mm no mês mais seco (Boletim Agrometeorológico, 1984). As mudas desenvolveram-se em substrato composto de 80% de terço (camada superficial do solo de mata) e 20% de areia lavada, resultando em um pH de 4,6.

Os caracteres avaliados foram: peso fresco e seco da estaca remanescente (PFer e PSEr), do ramo (PFR e PSR), do pecíolo (PFP e PSP), e da folha (PFF e PSF); peso seco da raiz e da parte aérea (PSRZ e PSPA); peso da raiz secada ao ar (PRSA) e peso seco total (PST); área foliar (AF); número de gemas no ramo (NG); número de folhas (NF); número de folíolos (NFL); comprimento do ramo (CR); comprimento médio das raízes (CPMR); diâmetro médio das raízes (DMR); diâmetro do ramo na parte basal (D^1), mediana (D^2), e apical (D^3); diâmetro médio do ramo (DMRA); índice de área da raiz (IAR); número de raízes (NR) e volume da raiz (VR). As descrições pormenorizadas desses caracteres e seus processos de medições encontram-se em Nascimento Filho (1988).

Os tratamentos foram conduzidos em delineamentos de blocos casualizado com cinco repetições, onde as parcelas eram representadas por dez plantas de cada clone.

Para a análise dos caracteres, estimaram-se os seguintes parâmetros: variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variância genotípica (\hat{I}_g^2) e variância experimental ($\hat{\sigma}_e^2$); o coeficiente de

variação genotípica (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_e), coeficiente de determinação genotípica a nível de média de parcela (" h^2 ") e o erro da estimativa do coeficiente de determinação genotípica ($S \ "h^2_x"$).

Os dados foram submetidos a análise de variância (Tabela 1), a partir da qual se estimou o coeficiente de determinação genotípica, expresso por:

$$"h^2" = \frac{\hat{I}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

onde: \hat{I}_g^2 = componente quadrático que expressa a variabilidade genética entre clones;

$\hat{\sigma}_f^2$ = variância fenotípica entre médias dos clones.

O erro associado às estimativas do coeficiente de determinação genotípica de acordo com Vello & Vencovsky (1974) foi determinado através da seguinte fórmula:

$$S("h^2_x") = \left(\frac{2}{n_1 + 2} + \frac{2}{n_2 + 2} \right) (1 - "h^2_x")$$

onde: $n_1 = c - 1$ (grau de liberdade dos tratamentos)
 $n_2 = (r - 1)(c - 1)$ (grau de liberdade do erro)

O coeficiente de variação genética (CV_g %) foi calculado por:

$$\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_g^2}{\bar{x}}} \cdot 100$$

Analogamente, foram estimados os coeficientes de variações fenotípica e ambiental, onde \bar{x} representa a média geral correspondente a cada caráter.

Com o fim de detectar a variabilidade genética dos caracteres na população, foi utilizada o índice (\hat{b}), fórmula empregada por Paiva (1980) como $\hat{b} = (CV_g / CV_e)$, que representa a razão entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, não influenciado, portanto, pela média do caráter. Segundo Vencovsky (1978), esse índice é utilizado para determinar as chances de sucesso na seleção o qual dependerá de sua magnitude, principalmente para os casos em que for igual ou superior a um (1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificaram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os clones para todos os caracteres estudados (Tabela 2), revelando um alto nível de variabilidade.

O maior coeficiente de variação experimental foi 74,84% referente ao volume da raiz. Apesar desse alto coeficiente, constatou-se, ainda, diferença significativa entre os clones, o que demonstra que, para o referido caráter, existe uma alta variância genotípica.

TABELA 1. Esquema de análise de variância (quadrados médios e esperanças dos quadrados médios) para cada variável estudada. CPAA/EMBRAPA. Manaus, AM. 1991.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	r - 1	-	-
Clones	c - 1	QM ₁	$\sigma_e^2 + rI_g^2$
Erro	(r - 1)(c - 1)	QM ₂	σ_e^2

$$r = 5, \quad c = 36$$

$$\text{onde: } \hat{I}_g^2 = \frac{QM_1 - QM_2}{r}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QM_2}{r}$$

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{I}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

De maneira geral, obtiveram-se altos coeficientes de determinação genotípica para todos os caracteres (Tabela 3), o que demonstra tratar-se de uma população de grande diversidade genética, onde a aplicação do uso de métodos simples de melhoramento poderão resultar em bons ganhos de seleção.

Para avaliar a precisão das estimativas dos coeficientes de determinação genotípica, calcularam-se as estimativas do erro a eles associados, como se verifica na Tabela 3. Assim, a maior precisão encontrada foi para o caráter peso seco total, de mais ou menos 2,90%. A menor precisão foi para o caráter diâmetro médio das raízes, de mais ou menos 14,64%, o que indica que além de esse caráter ter apresentado baixo coeficiente de determinação genotípica ($\hat{h}^2 = 43,97\%$), também apresentou baixa precisão. Esse fato evidencia que esses altos ou baixos coeficientes de determinação apresentados na maioria dos caracteres são influenciados pelo nível de precisão experimental. Isso garante uma boa consistência dos coeficientes de determinação genotípica para a maioria dos caracteres.

Entre os coeficientes de variação genotípica obtve-se uma amplitude de 31,88%, sendo que o menor valor foi referente ao número de gemas no ramo, de 8,09%, e o maior valor, para o volume da raiz, de 39,97% (Tabela 3).

Os valores de variação genotípica e experimental referente ao número de folhas (1,94 e 0,39, respectivamente) e comprimento do ramo (196,53 e 45,38,

TABELA 2. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises individuais da variância de vinte seis caracteres avaliados em clones de guaraná. CPAA/EMBRAPA. Manaus, 1991.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio das variáveis							
		PFEr (g)	PSEr (g)	PFR (g)	PSR (g)	CR (cm)	NG (ud)	D ₁ (cm)	D ₂ (cm)
Blocos	4	280,586	28,003	551,929	51,566	144,632	4,992	0,599	0,072
Clones	35	126,763**	21,887**	427,318**	78,144**	1209,540**	15,657**	0,095**	0,037**
Resíduo	140	23,749	4,604	62,577	12,310	226,905	5,919	0,023	0,009
\bar{x}		20,89	8,83	38,73	22,29	44,07	17,26	1,12	0,75
CV (%)		23,32	24,29	20,42	15,74	34,18	14,10	13,68	12,48

PFEr = Peso fresco da estaca remanescente; PSEr = Peso seco da estaca remanescente; PFR = Peso fresco do ramo; PSR = Peso seco do ramo; CR = Comprimento do ramo; NG = Número de gemas no ramo; D₁ = Diâmetro da parte basal do ramo; D₂ = Diâmetro da parte mediana do ramo.

TABELA 2. Continuação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio das variáveis							
		D ₃ (cm)	DMRA (cm)	PFP (g)	PSP (g)	NF (ud)	NFL (ud)	PFF (g)	PSF (g)
Blocos	4	0,010	0,147	20,695	8,918	3,092	56,766	1045,609	784,172
Clones	35	0,014**	0,039**	108,483**	16,266**	11,673**	243,821**	1953,514**	395,374**
Resíduo	140	0,005	0,012	12,836	2,484	1,957	46,878	315,094	61,379
\bar{x}		0,47	0,78	13,76	4,80	8,62	39,21	67,73	30,62
CV (%)		15,20	13,92	26,04	32,82	16,23	17,46	22,21	25,59

D₃ = Diâmetro parte apical do ramo; DMRA = Diâmetro médio do ramo; PFP = Peso fresco do pecíolo; PSP = Peso seco do pecíolo; NF = Número de folhas; NFL = Número de folíolos; PFF = Peso fresco da folha; PSF = Peso seco da folha.

TABELA 2. Continuação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio das variáveis				
		AF (dm ²)	NR (ud)	CPMR (cm)	DMR (cm)	PRSA (g)
Blocos	4	157,074	4,128	1108,031	0,074	1284,262
Clones	35	354,080**	12,446**	229,786**	0,023**	665,630**
Resíduo	140	54,070	2,914	29,748	0,013	77,824
\bar{x}		27,81	6,64	54,89	6,45	33,01
CV (%)		26,45	25,69	9,94	24,69	26,73

AF = Área foliar; NR = Número de raízes; CPM = Comprimento médio das raízes; DMR = Diâmetro médio das raízes; PRSA = Peso da raiz seca ao ar.

TABELA 2. Continuação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio das variáveis				
		VR (ml)	IAR (dm ²)	PSRZ (g)	PSPA (g)	PST (g)
Blocos	4	7786,211	37,997	813,318	1042,391	3397,938
Clones	35	2684,339	20,639	374,932	936,982	2347,986
Resíduo	140	1106,214	2,537	46,991	120,057	260,433
\bar{x}		44,44	594	22,12	57,7	7,82
CV (%)		74,84	26,8	30,99	18,99	20,22

VR = Volume da raiz; IAR = Índice de área da raiz; PSRZ = Peso seco da raiz; PSPA = Peso seco da parte aérea; PST = Peso seco total.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

respectivamente) (Tabela 3) foram semelhantes aos valores encontrados por Escobar (1986) em clones de guaraná na fase juvenil, aos seis meses de idade. Isso mostra, por um lado, que as avaliações feitas a nível

TABELA 3. Estimativas obtidas para as variâncias fenotípica (σ^2_f), genética (σ^2_g) e do erro experimental (σ^2_e), os coeficientes de variação genética (CV_g%) e ambiental (CV_e%), o coeficiente de determinação genotípica (" $h^2_{\bar{x}}$ "), as estimativas do erro associado ao coeficiente de determinação genotípica (" $s^2_{h^2_{\bar{x}}}$ ") e índice (\hat{b}). CPAA/EMBRAPA. Manaus, AM. 1991.

Caracteres	σ^2_f	σ^2_g	σ^2_e	CV _g %	CV _e %	" $h^2_{\bar{x}}$ "	S" $h^2_{\bar{x}}$ "	\hat{b}
Peso Fresco da Estaca Remanescente (PFer)	25,35	20,60	4,75	21,72	23,32	0,81	±4,90	0,93
Peso Seco da Estaca Remanescente (PSer)	4,38	3,46	0,92	21,05	24,29	0,79	±5,49	0,87
Peso fresco do Ramo (PFR)	85,46	72,95	12,52	22,05	20,42	0,85	±3,83	1,08
Peso Seco do Ramo (PSR)	15,63	13,17	2,46	16,28	15,74	0,84	±4,12	1,03
Comprimento do Ramo (CR)	241,91	196,53	45,38	31,81	34,18	0,81	±4,90	0,93
Número de Gemas no Ramo (NG)	3,14	1,95	1,18	8,09	14,10	0,62	±9,88	0,57
Diâmetro da Parte Basal do Ramo (D1)	0,01888	0,01431	0,00458	10,81	13,68	0,76	±6,34	0,79
Diâmetro da Parte Mediana do Ramo (D2)	0,00745	0,00571	0,00174	10,12	12,48	0,77	±6,10	0,81
Diâmetro da Parte Apical do Ramo (D3)	0,00282	0,00181	0,00101	9,10	15,20	0,64	±9,37	0,60
Diâmetro Médio do Ramo (DMRA)	0,00789	0,00554	0,00235	9,55	13,92	0,70	±7,80	0,69
Peso Fresco do Pecíolo (PFP)	21,69	19,13	2,57	31,79	26,04	0,88	±3,09	1,22
Peso Seco do Pecíolo (PSP)	3,26	2,76	0,50	34,57	32,82	0,85	±3,99	1,05
Número de Folhas (NF)	2,33	1,94	0,39	16,17	16,23	0,83	±4,38	1,00
Número de Foliolos (NFL)	48,77	39,39	9,38	16,01	17,46	0,81	±5,03	0,92
Peso Fresco da Folha (PFF)	390,7	327,68	63,02	26,73	26,21	0,84	±4,22	1,02
Peso Seco da Folha (PSF)	79,07	66,89	12,28	26,70	25,59	0,84	±4,06	1,04
Área Foliar (AF)	70,81	60,00	10,81	27,86	26,45	0,85	±3,99	1,05
Número de Raízes (NR)	2,49	1,91	0,58	20,78	25,69	0,77	±6,12	0,81
Comprimento Médio das Raízes (CPMR)	45,96	40,01	5,95	11,52	9,94	0,87	±3,39	1,16
Diâmetro médio das Raízes (DMR)	0,00452	0,00199	0,00253	9,78	24,69	0,44	±14,60	0,40
Peso da Raiz Seca ao Ar (PRSA)	133,12	117,56	15,58	32,85	26,73	0,88	±3,06	1,22
Volume da Raiz (VR)	536,88	315,63	221,24	39,97	74,84	0,59	±10,77	0,53
Índice de área da Raiz (IAR)	4,13	3,62	0,51	32,02	26,80	0,88	±3,21	1,20
Peso Seco da Raiz (PSRZ)	74,99	65,59	9,40	36,61	30,99	0,87	±3,28	1,18
Peso Seco da Parte Aérea (PSPA)	187,40	163,39	24,01	22,15	18,99	0,87	±3,35	1,17
Peso Seco Total (PST)	469,59	417,51	52,09	25,60	20,22	0,89	±2,90	1,27

de viveiro, pelo menos para os dois caracteres aqui discutidos, foram coincidentes de certo modo com as avaliações feitas nas condições de campo, até seis meses de idade. Por outro lado, isso mostra a representatividade alcançada da população, através dos 36

clones envolvidos no presente estudo (18% da população base).

A maioria dos caracteres estudados apresentou valores do índice \hat{b} superiores ou igual a um (1) (Tabela 3), que de acordo com Vencovsky (1978),

testando progênies de milho, obteve valores semelhantes, tendo neste caso uma situação muito favorável para seleção. A vantagem desse índice é fornecer a grandeza real da possibilidade de incremento genético do caráter, para um conjunto de indivíduos em estudo.

Denotou-se, também, que para os caracteres com coeficiente de determinação genotípica maior que 0,83, o índice \hat{b} foi maior ou igual a um (1). O uso desses caracteres poderá resultar em maiores ganhos na seleção, pois os valores do índice \hat{b} superiores a um (1) devem-se a alta variância genética dos mesmos, provavelmente, pouco influenciados pelo ambiente, indicando grande possibilidade e sucesso na seleção de clones mais promissores.

CONCLUSÕES

1. Existe ampla variabilidade genética para todos os caracteres estudados, tanto da parte aérea como do sistema radicular, em mudas de guaraná. Esses caracteres podem ser explorados em programas de melhoramento considerando os altos valores do coeficiente de determinação genotípica e do índice \hat{b} .

2. Os coeficientes de determinação genotípica apresentaram altas magnitudes em todas as variáveis estudadas, indicando uma grande possibilidade de seleção através de métodos simples de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Manaus: EMBRAPA-UEPAE Manaus, 1984.
- ESCOBAR, J.R. **Relatório de atividades de pesquisa, convênio IICA-EMBRAPA/UEPAE Manaus. 1981-86.** Manaus: IICA/EMBRAPA, 1986. 117p.
- FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics.** London: Oliver and Boyd, 1972. 365p.
- IPEAAOc. BOLETIM TÉCNICO. Manaus, n.1, 1972.
- NASCIMENTO FILHO, F.J. **Coefficientes de caminhamento entre caracteres da parte aérea e do sistema radicular em guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*).** Piracicaba: ESALQ, 1988. 101p. Tese de Mestrado.
- PAIVA, J.R. **Estimativa de parâmetros genéticos em seringueira (*Hevea* spp.) e perspectivas de melhoramento.** Piracicaba: ESALQ, 1980. 92p. Tese de Mestrado.
- VELLO, N.A.; VENCOVSKY, R. Variâncias associadas às estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. **Relatório Científico do Instituto de Genética**, Piracicaba, n. 8, p. 238-248, 1974.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1978. p. 122-201.