

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM PLANTAS JOVENS DE GUARANAZEIRO E POSSIBILIDADES DE MELHORAMENTO¹

FIRMINO JOSÉ DO NASCIMENTO FILHO², COSME DAMIÃO CRUZ³ e TEREZINHA BATISTA GARCIA⁴

RESUMO - Um total de 36 clones de guaraná *Paullinia cupana* var. *sorbilis* H.B.K. foi observado em fase de viveiro, em relação a 25 caracteres agrônômicos, com objetivo de avaliar a possibilidade de obter ganhos, por seleção. Além disso, procurou-se identificar os progenitores a serem incluídos em programas de melhoramento genético, envolvendo hibridações, e também os materiais promissores para a propagação vegetativa. Verificou-se a existência de variabilidade genética significativa ($P \leq 0,01$) entre os clones e coeficiente de determinação genotípica acima de 80%, para a maioria dos caracteres estudados. Ficou evidenciada a superioridade do clone 416 pela magnitude dos valores dos caracteres da parte aérea ou sistema radicular. Foram identificados os clones 206, 222, 224, 225, 343 e 636 como os mais divergentes em relação ao clone 416, sendo, portanto, recomendado aos cruzamentos biparentais ou múltiplos, entre eles, para fins de melhoramento populacional. Os clones 217 e 413 foram os mais similares em relação ao 416. A propagação vegetativa desses clones possibilita a obtenção de populações uniformes, evitando que a base genética das plantas cultivadas se restrinja a uma única fonte.

Termos para indexação: variabilidade genética, análise multivariada, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*, clone, guaraná, coeficiente de determinação genotípica.

GENETIC DIVERGENCE IN YOUNG PLANTS OF GUARANÁ AND POSSIBILITIES OF BREEDING

ABSTRACT - Thirty six clones of "guaraná" (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* H.B.K.) were studied at the nursery stage, with respect to 25 agronomic characters, to evaluate the possibilities of obtaining gains through selection for some of the characters analysed. Additionally the identification of progenitors to use in breeding programs was pursued as well as of the promising materials to be used in vegetative propagation. A significant genetic variability ($P \leq 0,01$) was found among the clones. The genotypic determination coefficient was above 80% for the majority of the characters studied. The superiority of the clone 416 was highlighted both for the aerial part and roots. The clones 206, 222, 224, 225, 343 and 636 were the most divergent in relation to clone 416, being therefore recommended for biparental or multiple crossing among them. The clones 217 and 413 were the most similar to 416 so that they can provide uniform populations through vegetative propagation while avoiding that the genetic base be restricted to a single genotype.

Index terms: genetic variability, multivariate analysis, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*, clones, genotypic determination coefficient.

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores da baixa produtividade do guaraná relaciona-se à grande desuniformidade no aspecto geral das plantas. Vários fatores contribuem para essa desuniformidade. O principal deles é, sem dúvida, a falta de seleção das plantas cultivadas.

O sistema de propagação por sementes não

¹ Aceito para publicação em 20 de março de 1992.

² Eng.-Agr., M.Sc. em Genét. e Melhoram. de Plantas, EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agroflor. da Amazônia Ocidental (CPAA), Caixa Postal 319, CEP 69091 Manaus, AM.

³ Eng.-Agr., Ph.D. em Genét. e Melhoram. de Plantas, Dep. de Biol. Geral, Univ. Fed. de Viçosa, CEP 36570 Viçosa, MG.

⁴ Engr.-Agr., M.Sc. em Fitot., EMBRAPA/CPAA.

melhoradas, aliado ao fato de o guaraná ser uma espécie intermediária, com graus variados de polinização cruzada e apresentar geitonogamia, aumenta a heterogeneidade das populações (Escobar et al. 1984). Por outro lado, resultados apresentados por vários pesquisadores (Okawa et al. 1969, Castro 1971, Gonçalves 1971, Souza & Almeida 1972, Castro & Ferreira 1973 e Corrêa & Stolberg 1981) levaram a um consenso de que o guaraná pode ser propagado vegetativamente pelo método de estaquia. Comprova, assim, a possibilidade de obter materiais produtivos e uniformes, a partir da propagação assexuada de clones superiores.

O melhoramento da cultura do guaraná pode ser alcançado por duas estratégias básicas. A primeira, diz respeito ao emprego de técnicas de melhoramento populacional, com vistas à obtenção de variedades, linhagens ou híbridos superiores, em gerações segregantes de cruzamento entre clones selecionados. A segunda, diz respeito à obtenção de plantas superiores por propagação vegetativa dos materiais promissores.

A identificação de progenitores a serem incluídos em programas de melhoramento genético que envolvam hibridações tem sido comumente feita nas diversas culturas através da avaliação do potencial "per se" dos materiais disponíveis, bem como pela capacidade combinatória. Uma maneira alternativa é selecionar, para cruzamentos, os progenitores com bom desempenho e grande divergência genética. Espera-se, no cruzamento entre progenitores divergentes, um grande efeito heterótico na população híbrida e maior possibilidade de recuperação de genótipos superiores nas gerações segregantes.

A estimação da divergência genética na cultura do guaraná apresenta uma dupla vantagem: a identificação de progenitores com máxima divergência genética, destinados a cruzamentos, e a identificação de progenitores produtivos com máxima similaridade e que serão propagados vegetativamente, resultando em populações uniformes e de alto rendimento. Para evitar a vulnerabilidade genética a principais doenças e pragas, deverá ser utilizada uma mistura de, no

mínimo, 15 clones portadores de diferentes genes para resistência equivalente ao uso de multilinhas (Russel 1978).

Pelas razões expostas, este trabalho tem como objetivos avaliar a possibilidade do melhoramento de um grupo de materiais genéticos com relação a uma série de características agrônomicas, bem como identificar clones para programas de melhoramento genético envolvendo hibridação e grupos de clones adequados à propagação vegetativa. A identificação dos progenitores é feita pelo grau de dissimilaridade ou similaridade genética, quantificada pela distância euclidiana, obtida a partir dos primeiros componentes principais estabelecidos por 25 características agrônomicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os tratamentos envolveram 36 clones de guaraná avaliados em relação a 25 caracteres agrônomicos, em mudas de oito meses de idade. As plantas foram selecionadas em populações existentes no campo 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 03°08'S, longitude de 59°52'W.Gr. e altitude 50 m em relação ao nível do mar. 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 60 mm no mês mais seco (Boletim Agrometeorológico 1984). As mudas desenvolveram-se em substrato composto de 80% de terriço (camada superficial do solo da mata) e 20% de areia lavada, resultando em um pH de 4,6.

Os caracteres avaliados foram: peso seco e fresco da estaca remanescente (PSEr e PFEr), do ramo (PSR e PFR), do pecíolo (PSP e PFP) e da folha (PSF e PFF); peso seco da raiz e parte aérea (PSRZ e PS-PA); índice de área da raiz (IAR); peso seco da raiz seca ao ar (PRSA); volume de raízes (VR); área foliar (AF); comprimento médio da raiz (CPMR) e do ramo (CR); diâmetro médio da raiz (DMR), do ramo (DMRA), da base (D1), da porção mediana (D2) e do ápice (D3) do ramo; número de gemas no ramo (NG), de folhas (NF), de folíolos (NFL) e de raízes (NR). As descrições pormenorizadas dessas características e seus processos de medições encontram-se

em estudos realizados por Nascimento Filho (1988).

Os tratamentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados com cinco repetições e dez mudas de cada clone por parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância, segundo o esquema apresentado na Tabela 1 e a partir da qual estimaram-se os coeficientes de determinação genotípica (Falconer 1972), expresso por:

$$h^2 = \frac{\hat{V}_g}{\hat{V}_g + \hat{\sigma}_e^2/r}$$

\hat{V}_g = Quadrados médios dos efeitos de clone;

$\hat{\sigma}_e^2$ = Variância residual.

O coeficiente de determinação genotípica é análogo ao coeficiente de herdabilidade (h^2). Este, é aplicado somente para efeitos aleatórios (Fonseca 1978), e aquele, para efeitos fixos, no caso de um conjunto de cultivares geneticamente diferentes não representam uma população (Gonçalves et al. 1983, Vasconcelos 1982 e Ribeiro 1983).

Além disso, foi feita a análise da divergência genética e da conglomeração dos clones, adotando-se como medida de dissimilaridade a distância euclidiana média, estimada a partir dos escores dos primeiros componentes principais, envolvendo um mínimo de 85% da variação total.

Como procedimento para agrupamento dos tratamentos, utilizou-se a técnica do vizinho mais próximo ("Single Linkage Method") e a técnica proposta por Tocher citado por Rao (1952). Essas análises estatísticas foram realizadas conforme sugere Rao (1952) e Dunteman (1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise de variância dos 25 caracteres avaliados e as estimativas dos respectivos coeficientes de variação e de determinação genotípicas. Detectaram-se diferenças altamente significativas ($P < 0,01$) entre efeitos de tratamentos quanto a todos os caracteres analisados, inclusive àquele cuja precisão experimental foi relativamente baixa, como em comprimento do ramo (CR), peso seco do pectolo (PSP), volume de raiz (VR) e peso seco da raiz (PSRZ), com coeficientes de variação superiores a 30%.

TABELA 1. Esquema de análise de variância e esperanças de quadrados médios, para cada característica analisada. EMBRAPA-CPAA, Manaus, AM, 1991.

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos	r - 1	-	$\hat{\sigma}_e^2 + r \hat{V}_g$
Clones	c - 1	QM2	$\hat{\sigma}_e^2$
Erro	(r - 1)(c - 1)	QM1	$\hat{\sigma}_e^2$

r = 5, c = 36.

$$\text{Onde: } \hat{V}_g = \frac{(QM2 - QM1)}{r} e,$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QM1}{r}$$

A significância demonstrada pelos quadrados médios dos tratamentos mostra a existência de um alto nível de variabilidade genética entre os materiais avaliados, sugerindo que métodos simples de melhoramento possam ser utilizados, proporcionando ganhos consideráveis à cultura do guaraná.

A proporção da variabilidade total, associada aos efeitos genéticos e com base na média das parcelas, foi quantificada pelo coeficiente de determinação genotípica. A maioria dos caracteres apresentou um coeficiente de determinação acima de 80%; apenas para o diâmetro médio (DMR) e o volume de raiz (VR), as estimativas ficaram abaixo de 60%. Tal fato confirma a proposição de que o material estudado é um grupo não homogêneo, onde a possibilidade de melhor desenvolvimento e uniformidade, quer por seleção em populações segregantes ou por propagação vegetativa de clones superiores, deva ser considerada.

Na avaliação da divergência entre os tratamentos estudados, adotou-se como medida de similaridade a distância euclidiana média, obtida a partir dos escores dos primeiros componentes principais, envolvendo um mínimo de 85% da variação total. Pela análise dos componentes principais, constatou-se que a utilização dos quatro primeiros componentes foi satisfatória.

TABELA 2. Resultados da análise de variância de vinte e cinco características de mudas de guaraná, na fase de viveiro referente ao quadro médio de clones (QC) e resíduos (QMR), e os coeficientes de variação experimental (CV%) e de determinação genotípica ("h²"). CPAA/EMBRAPA Manaus, AM. 1991.

Caracteres	QMC	QMR	CV(%)	"h ² "
PFEr	126,76**	23,75	23,32	0,81
PSEr	21,89**	4,60	24,29	0,79
PFR	427,32**	63,58	20,42	0,85
PSR	78,14**	12,31	15,74	0,84
CR	1209,54**	226,91	34,18	0,81
NG	15,66**	5,92	14,10	0,62
D1	0,09**	0,02	13,68	0,76
D2	0,04**	0,01	12,48	0,77
D3	0,02**	0,01	15,20	0,64
DMRA	0,04**	0,01	13,92	0,70
PFP	108,48**	12,84	26,04	0,88
PSP	12,27**	2,48	32,82	0,85
NF	11,67**	1,96	16,23	0,83
NFL	243,82**	46,88	17,46	0,81
PFF	1953,51**	315,09	26,21	0,84
PSF	395,37**	61,38	26,45	0,84
AF	354,37**	54,07	26,45	0,85
NR	12,45**	2,91	25,69	0,76
CPMR	229,79**	29,75	9,94	0,87
DMR	0,02**	0,01	24,69	0,50
PRSA	665,63**	77,82	26,73	0,88
VR	2684,34**	1106,21	74,84	0,59
IAR	20,64**	2,54	26,80	0,87
PSRZ	374,64**	46,99	30,99	0,87
PSPA	936,98**	120,06	18,99	0,89

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

ria para o objetivo do estudo, pois a quantidade de variação explicada pelo 1º, 2º, 3º e 4º componente foi, respectivamente, de 62%, 12%, 8% e 5%, perfazendo um total de 87%.

A conglomeração dos tratamentos, por meios de técnicas do vizinho mais próximo ("Single Linkage Method") e pelo método proposto por Tocher citado por Rao (1952), está representada, respectivamente, na Fig. 1 e na Tabela 3. A utilização das duas técnicas de

TABELA 3. Grupos similares de clones de guaraná estabelecidos pelo método de agrupamento proposto por Tocher (citado por Rao 1952), baseado na avaliação de caracteres quantitativos da fase de viveiro. CPAA/EMBRAPA. Manaus, AM. 1991.

Grupo	Tratamentos
I	4; 6; 7; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 18; 19; 20; 25; 29; 30; 31; 32; 34; 35; 36.
II	2; 3; 17; 24; 26; 33.
III	8; 27; 28.
IV	1; 22.
V	5; 23.
VI	21.

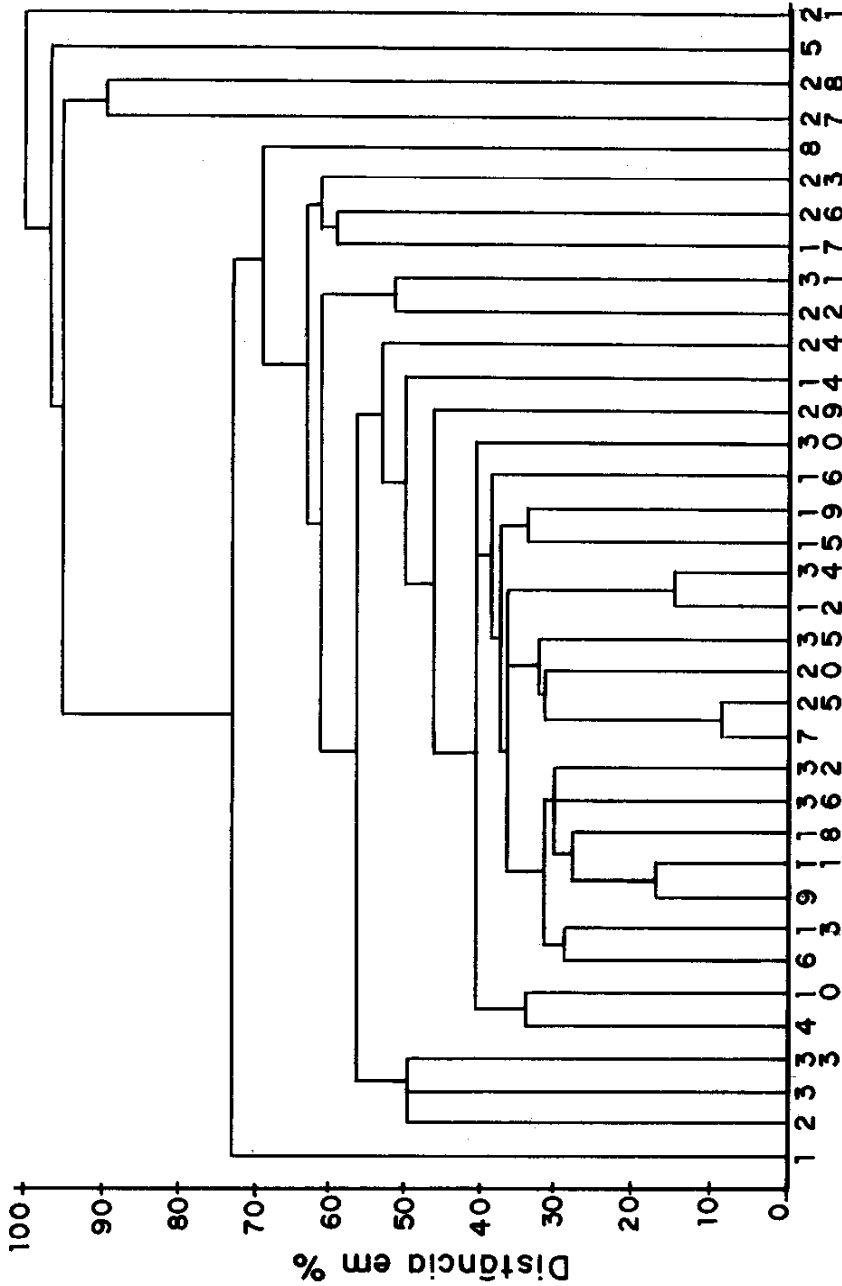
agrupamentos deveu-se ao fato da ocorrência de certa instabilidade no padrão de agrupamento quando se aplicam diferentes metodologias de conglomeração. Assim, considerou-se ser mais conveniente tirar conclusões apenas nos casos de concordância nos dois resultados.

Interpretando-se os resultados da análise de conglomeração, verifica-se que a maior divergência pode ser encontrada entre os tratamentos 5 e 21, pertencentes ao grupo V e VI, respectivamente, ou mesmo entre o tratamento 28, do grupo III, com os tratamentos do grupo I.

Como o tratamento 28 apresenta características de parte aérea e sistema radicular bastante favoráveis, verificado na Tabela 4, recomenda-se, para fins de melhoramento populacional, a obtenção de gerações segregantes, a partir de cruzamentos biparentais entre o tratamento 28 e os tratamentos 7, 8 ou 9, 11, 12 e 25 ou 34 ou a partir de cruzamentos múltiplos entre eles.

Em relação aos seis tratamentos citados como mais divergentes em relação ao tratamento 28, deve ser ressaltado que os pares 7 e 25, 12 e 34 e 8 ou 9 e 11 são bastante similares, podendo-se, em caso de restrição de cruzamentos, eliminar um tratamento de cada par.

Para fins de propagação vegetativa, recomenda-se a utilização do tratamento 28, devido a suas características agrônomicas superiores, na fase de viveiro e os tratamentos 8 ou 9 e 27 que lhes são mais similares. A utilização desses



CLONES

FIG. 1. Conglomeração de trinta e seis clones de guaraná, obtido pelo método do vizinho mais próximo.

TABELA 4. Média de trinta e seis clones de guaraná referentes aos caracteres área foliar (AF), volume de raiz (VR), peso seco de raiz (PSRZ) e peso seco da parte aérea (PSPA) na fase de viveiro. CPAA/EMBRAPA. Manaus, AM. 1991.

Tratamentos	Clones	AF(dm) ²	VR(ml)	PSRZ(g)	PSPA(g)
01	138	13,58	11,52	5,76	34,07
02	140	8,42	11,47	5,21	21,71
03	142	11,85	12,53	6,04	27,43
04	183	22,50	34,56	17,43	44,75
05	187	27,71	38,05	18,74	54,23
06	189	33,33	57,28	32,73	69,15
07	206	29,11	43,01	22,99	65,52
08	217	38,47	36,72	21,20	66,69
09	222	32,19	51,28	27,88	65,99
10	223	24,93	43,76	23,35	50,43
11	224	31,96	43,68	22,15	69,99
12	225	33,39	65,09	34,27	68,36
13	227	34,24	57,89	34,15	70,29
14	228	29,56	59,73	34,25	69,23
15	229	29,40	39,31	23,23	64,24
16	250	27,57	31,01	17,40	57,16
17	251	19,21	21,81	11,47	48,39
18	275	27,33	39,52	21,96	54,34
19	276	30,06	51,97	27,04	60,89
20	280	27,79	50,69	25,68	54,51
21	287	35,50	45,65	24,88	65,35
22	287	28,44	36,75	17,87	53,93
23	288	30,99	40,24	21,94	61,21
24	340	20,00	25,71	15,70	51,95
25	343	29,18	40,05	24,61	28,26
26	348	26,11	29,23	15,25	55,78
27	413	36,33	44,80	23,60	64,49
28	416	51,12	125,12	38,83	82,89
29	431	21,13	20,80	11,96	49,69
30	447	28,51	102,64	33,16	64,01
31	497	29,19	76,75	18,99	58,18
32	507	26,09	42,69	22,23	56,91
33	514	7,90	14,32	8,71	24,13
34	636	31,56	62,96	35,12	69,95
35	637	32,89	51,20	27,66	71,69
36	678	33,4	39,65	22,83	63,55

três tratamentos como fonte de materiais para propagação vegetativa possibilitará obtenção de população com desenvolvimento vegetativo bastante uniforme e sem que a base genética seja restrita a uma única fonte, reduzindo os riscos encontrados comumente em culturas de propagação assexuada.

CONCLUSÕES

1. O clone 416 apresentou características da parte aérea e do sistema radicular favoráveis. Seu uso é recomendado na obtenção de gerações segregantes a partir de cruzamentos biparentais entre os clones 206, 217 ou 222, 224, 225, 343 ou 636, ou a partir de cruzamentos múltiplos entre eles.

2. Os clones 217 e 413 foram os mais similares ao 416. A propagação vegetativa por estaca desses clones possibilita a obtenção de populações uniformes, evitando que a base genética no material não seja restrita a uma única fonte.

REFERÊNCIAS

- BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO. Manaus: EMBRAPA-UEPAE Manaus, n° 6, 1984.
- CASTRO, A.M.G. Diagnóstico da cultura de guaraná em Manaus: subsídios para o seu desenvolvimento. Manaus: ACAR-AM, 1971. 33p.
- CASTRO, A.M.G.; FERREIRA, N.A. Enraizamento de estacas de guaraná. Manaus: ACAR-AM, 1973. 21p.
- CORRÊA, M.P.F.; STOLBERG, A.G. Propagação vegetativa do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) Mart Ducke. Manaus: EMBRAPA-UEPAE Manaus, 1981. 4p. (EMBRAPA-UEPAE Manaus. Pesquisa em Andamento, 23).
- DUNTEMAN, G.M. Introduction to multivariate analysis. Beverly Hills: Sage Publications, 1984. 237p.
- ESCOBAR, J.R.; CORRÊA, M.P.F.; AGUILERA, F.P. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.5, p.615-622, 1984.
- FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. London: Oliver & Boyd, 1972. 365p.
- FONSECA, T.C. Estimativa de parâmetros visando a seleção de híbridos artificiais de amoreira (*Morus alba*, L.). Piracicaba: ESALQ, 1978. 51p. Tese de Mestrado.

- GONÇALVES, J.R.C. **A cultura do guaraná**. Belém: IPEAN, 1971. 13p. (IPEAN. Série Culturas da Amazônia, v.2, n.1).
- GONÇALVES, P. de S.; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C.; VIÉGAS, I. de J. Coeficiente de determinação genotípica e estimação de outros parâmetros em clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.5, p.527-532, 1983.
- NASCIMENTO FILHO, F.J. de. **Coeficientes de caminhamento entre caracteres da parte aérea e do sistema radicular em guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 101p. Tese de Mestrado.
- OKAWA, K.; SILVA, J.L. da; SOUZA, W.M. **Exposição preliminar de problemática do guaraná**. Manaus: SEPROR, 1969. 8p.
- RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometrics research**. New York: J. Wiley, 1952. 390p.
- RIBEIRO, S.I. **Comportamento de clones de seringueira (*Hevea* spp) em Porto Velho**. Lavras: ESAL, 1983. 59p. Tese de Mestrado.
- RUSSEL, G.E. **Plant breeding for pest and disease resistance**. London: Butterworths, 1978. 463p. (Studies in the agricultural and food Science).
- SOUZA, A.F.; ALMEIDA, L.C. **Cultura do guaraná: alguns aspectos sobre a formação de mudas de guaranazeiro através de sementes em condições de ripado**. Manaus: IPEAAOc, 1972. 16p. (IPEAAOc. Circular, 1).
- VASCONCELLOS, M.E. da C. **Análise do coeficiente de caminhamento ("Path coefficient") e estimativas de parâmetros genéticos em clones de seringueira (*Hevea* spp)**. Piracicaba: ESALQ, 1982. 77p. Tese de Mestrado.