CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES NO ESTÁDIO ADULTO
E POSSIBILIDADE DE SELEÇÃO PRECOCE EM HÍBRIDOS
DE CACAU (*Theobroma cacao* L.)

CAIO MÁRCIO VASCONCELLOS CORDEIRO DE ALMEIDA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração - Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Janeiro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

A447c Almeida, Caio Márcio Vasconcellos Cordeiro de
Correlações entre caracteres no estágio adulto
e possibilidade de seleção precoce em híbridos de
cacau (Theobroma cacao L.). Piracicaba, 1991.
194 p.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Cacau - Melhoramento 2. Cacau - Potencial ge
nético - Avaliação 3. Cacau híbrido - Seleção 1. Es
cola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Pira-
cicaba.

CDD 633.74

CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES NO ESTÁDIO ADULTO
E POSSIBILIDADE DE SELEÇÃO PRECOCE EM HÍBRIDOS
DE CACAU (*Theobroma cacao* L.)

CAIO MÁRCIO VASCONCELLOS CORDEIRO DE ALMEIDA

Aprovado em 19.03.91

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Gerhard Bandel	ESALQ/USP
Prof. Dr. Paulo Sodero Martins	ESALQ/USP
Dr. Paulo de Souza Gonçalves	IAC/EMBRAPA
Dr. Luiz Roberto Martins Pinto	CEPEC/CEPLAC

Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho
- Substituto do Orientador -

À minha esposa, Maria Tereza e
aos meus filhos, Márcio José,
Priscila e Adriana, por terem
me aturado durante este perí
do,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC e a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, que possibilitaram a realização deste curso.
- Ao Prof. Dr. Roland Vencovsky, pela orientação, ensinamentos e estímulos recebidos durante o desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Dr. Teklu Andebrhan, Chefe da Coordenadoria de Pesquisa (COPES) da CEPLAC na Amazônia e ao Dr. Francisco Ilton de Oliveira Morais e Engº Agrº Paulo Fernandes Rodrigues Machado, ex-chefes da COPES, pelas facilidades concedidas durante a condução dos experimentos.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.
- Ao Engº Agrº Augusto Olímpio da Silva Santos, Chefe da Divisão Executiva de Pesquisa - DEPEs, pela presteza e eficiência na resolução dos problemas surgidos durante a realização desta pesquisa.
- Ao Engº Agrº Dário Ahnert, Chefe da Divisão de Genética, pelo apoio na execução deste trabalho e ao Téc. Agrícola Benedito Evaldo Baia de Macêdo, pela instalação do experimento em viveiro.
- Ao Dr. Basil G.D. Bartley, convênio IICA/CEPLAC, pelo planejamento do trabalho, inspeção das plantas em campo e checagem dos dados originais.
- Aos Engºs Agrºs Elpídio Francisco Neto e Miguel Guilherme Martins Pina e demais funcionários da Estação Experi-

mental Paulo Dias Morelli, pela condução e execução dos experimentos.

- Ao Prof. Dr. Cosme Damião Cruz, da Universidade Federal de Viçosa, Prof. João Maurício Araújo Neto, da Universidade Federal do Ceará e Engº Agrº Antônio Lourenço Guidoni, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, pelo inestimável auxílio na realização das análises estatístico-genéticas.
- Ao Prof. Dr. Antônio Augusto Lucchesi, do Departamento de Botânica da ESALQ/USP, pela valiosa orientação na obtenção dos dados de crescimento juvenil e ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho, do Departamento de Genética da ESALQ/USP, pelas sugestões apresentadas.
- À Srtª Profª Maria das Graças Souto do Nascimento, pela revisão do texto.
- Às Srªs. Nilce Terezinha Puga e Terezinha J. L. Barrete pelo auxílio na revisão bibliográfica e serviços de datilografia, respectivamente.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	xvi
SUMMARY.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	07
2.1. Breve histórico do programa de melhoramento genético do cacauzeiro no Brasil.....	07
2.2. Rendimento e componentes de rendimento em <u>ca</u> <u>cau</u>	10
2.3. Estimativas de coeficientes de herdabilidade	13
2.4. Correlação entre caracteres.....	15
2.4.1. Correlação entre caracteres de plan- tas jovens e adultas de cacau.....	18
2.4.2. Correlação entre caracteres de plan- tas juvenis de cacau.....	26
2.4.3. Correlação entre caracteres juvenil- adultos em cacau.....	28
2.5. Coeficientes de caminhamento.....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1. Características do local de estudo.....	35
3.2. Estádio adulto.....	36
3.2.1. Obtenção do material experimental....	36
3.2.2. Instalação e manutenção dos experimen- tos.....	37
3.2.3. Delineamento experimental.....	38
3.2.4. Variáveis estudadas e suas quantifica- ções.....	39
3.3. Estádio juvenil.....	43
3.3.1. Obtenção do material experimental....	43
3.3.2. Instalação e condução do experimento em viveiro.....	44
3.3.3. Delineamento experimental.....	45

3.3.4. Variáveis estudadas e suas quantificações.....	46
3.4. Análises estatístico-genéticas.....	49
3.4.1. Análises da variância para plantas adultas e juvenis.....	49
3.4.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros afins.....	54
3.4.3. Correlações fenotípicas, ambientais e genotípicas.....	56
3.4.4. Análises pelos coeficientes de caminhamento.....	58
3.4.5. Seleção precoce para produção com base em caracteres quantitativos de crescimento em plantas juvenis.....	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
4.1. Estádio adulto.....	67
4.1.1. Análises da variância.....	67
4.1.2. Avaliação agronômica dos híbridos biclonais.....	75
4.1.3. Estimativas de parâmetros genéticos..	93
4.1.4. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente.....	99
4.1.5. Coeficiente de caminhamento.....	107
4.2. Estádio juvenil.....	119
4.2.1. Análises da variância.....	119
4.2.2. Avaliação agronômica dos híbridos biclonais.....	122
4.3. Seleção precoce para produção com base em caracteres quantitativos de crescimento em plantas juvenis.....	145
5. CONCLUSÕES.....	156
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	161
APÊNDICES.....	187

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1	Esquema de ANAVA conjunta de experimentos em blocos casualizados com alguns tratamentos comuns..... 50
2	Esquema de ANAVA conjunta de experimentos em blocos casualizados com alguns tratamentos comuns, em diferentes anos..... 50
3	Esquema de ANAVA, a nível de plantas individuais, de experimentos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e as esperanças dos quadrados médios $[E(QM)]$, considerando-se fixos os efeitos de tratamentos e épocas.. 52
4	Esquema de ANAVA, a nível de médias de parcelas por planta, de experimentos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e as esperanças dos quadrados médios $[E(QM)]$, considerando-se fixos os efeitos de tratamentos e épocas..... 53
5	Valores dos quadrados médios obtidos para o caráter ALTF referente à análise da variância do ano de 1986 e para os caracteres PSUP, PSSP, PSUF, PSSF, PISU, INSE e NFCP, referentes a análises da variância do ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.. 69

Tabela

Página

6	Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres NFSP, NSFR, FTCV, PSFR, INFR, DIAT, PFCCE PUFR, referentes a análises da variância do ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	70
7	Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres PSUP, PSUF, NFCP, NFSP, DIAT e PFCC, referentes a análises da variância do ano de 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	71
8	Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres PSUP, PSUF, NFCP, NFSP, DIAT e PFCC, referentes a análises da variância conjunta dos anos de 1987 e 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	72
9	Médias ajustadas (exceto testemunhas) para o caráter ALTF, referente ao ano de 1986 e para os caracteres PSUP, PSSP, PSUF, PSSF, PISU, INSE, NFCP e NFSP, referentes ao ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental de Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	76

Tabela	Página
10 Médias ajustadas (exceto testemunhas) para os caracteres NSFR, FTCV, PSFR, INFR, DIAT, PFCC e PUFR, referentes ao ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	78
11 Médias ajustadas (exceto testemunhas) para os caracteres PSUP, PSUF, NFCP, NFSP, DIAT e PFCC, referentes ao ano de 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	79
12 Totais obtidos para peso das sementes úmidas (PSU), número de frutos colhidos (NFC) e número de frutos sadios (NFS) e porcentagem de frutos inaproveitáveis (%FI), nos anos de 1987 e 1988, referentes a 12 híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.	81
13 Estimativas obtidas para coeficientes de variação genética (CV_g), variância do erro experimental dentro de experimento (σ^2_e), variância devido ao efeito fixo de tratamentos ($\hat{V}_T$) e coeficientes de determinação genotípica para médias de tratamentos ($\hat{b}_m$) referentes ao caráter ALTF no ano de 1986 e aos caracteres PSSP, PSSF, PISU, INSE, NSFR, FTCV, PSFR, INFR e PUFR no ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1987. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, Pa.....	94

Tabela

Página

- 14 Estimativas obtidas para coeficientes de variação genética (CV_g), variância do erro experimental dentro de experimento ($\hat{\sigma}^2$), variância devido ao efeito fixo de tratamentos ($\hat{V}_T$) e coeficientes de determinação genotípica para médias de tratamento ($\hat{b}_m$), referentes aos caracteres DIAT, PSUP, NFSP, NFSP, PSUF e PFCC, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA. 95
- 15 Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica (r_G), fenotípica (r_F) e de ambiente (r_E) entre dez caracteres de plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA 102
- 16 Análise de caminhamento: desdobramento das correlações genotípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de nove caracteres agronômicos sobre o PSSP, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987..... 108
- 17 Análise de caminhamento: desdobramento das correlações genotípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de quatro caracteres agronômicos sobre a PSSP, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987.... 112

Tabela

Página

18	Análise de caminhamento: desdobramento das <u>cor</u> relações genotípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da <u>dia</u> gonal) de quatro caracteres agronômicos sobre o PSSF, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987	112
19	Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres ALTP, DIAC, PMST e IAF, a nível de plantas individuais e para os caracteres TAL, TCR, RAF e TPMS, a nível de médias de parcelas, coeficientes de variação experimental aos ní-veis de parcela ($CV_{ea}\%$) e subparcela ($CV_{eb}\%$) e média geral referentes a plantas juvenis de hí-bridos biclonais de cacau, segundo o delinea-mento em blocos casualizados, com parcelas sub-divididas no tempo. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	120
20	Médias ($\bar{X}$) e desvios padrões fenotípicos den-tro de parcelas (s) referentes ao caráter altu-ra da plântula (cm), obtidos em diferentes ida-des de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Mo-relli, Medicilândia, PA, 1988	123
21	Médias ($\bar{X}$) e desvios padrões fenotípicos den-tro de parcelas (s) referentes ao caráter diâ-metro do caule (mm), obtidos em diferentes ida-des de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	126

Tabela	Página
22 Médias ($\bar{X}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter peso da matéria seca total (g) por planta, obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.....	128
23 Médias de percentagem do peso das diferentes partes secas da planta em relação ao peso da matéria seca total, referentes a plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988...	130
24 Médias ($\bar{X}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter índice de área foliar, obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	132
25 Médias referentes ao caráter taxa de assimilação líquida ($\text{mg.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	135
26 Médias referentes ao caráter taxa de crescimento relativo ($\text{mg.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	138
27 Médias referentes ao caráter razão de área foliar ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de	

Tabela

Página

	plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	140
28	Médias referentes ao caráter taxa de produção de matéria seca ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988	143
29	Valores médios observados do caráter PSUP ($\bar{Y}$), obtidos na fase adulta e dos caracteres ALTP ($\bar{X}_1$), DIAC ($\bar{X}_2$), PMST ($\bar{X}_3$), IAF ($\bar{X}_4$), TAL ($\bar{X}_5$), TCR ($\bar{X}_6$), RAF ($\bar{X}_7$), e TPMS ($\bar{X}_8$), obtidos na fase juvenil, em híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA	147
30	Equações de regressão múltipla ($\bar{Y}$), coeficientes de correlação múltipla (R), coeficientes de determinação (R^2), coeficientes de determinação ajustados (R_{aj}^2) e quadrados médios dos desvios da regressão (QM_{Desvios}) para diferentes combinações entre PSUP ($\bar{Y}$) na fase adulta e ALTP ($\bar{X}_1$), DIAC ($\bar{X}_2$), PMST ($\bar{X}_3$), IAF ($\bar{X}_4$), TAL ($\bar{X}_5$), TCR ($\bar{X}_6$), RAF ($\bar{X}_7$) e TPMS ($\bar{X}_8$) na fase juvenil, em híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.	149
31	Valores médios observados ($\bar{Y}$) e esperados ($\hat{\bar{Y}}$) do peso das sementes úmidas por planta (em kg) de dois anos de colheita, para nove híbridos biclonais de cacau, pelas equações de regressão múltipla 1,4 e 17 (respectivamente, $\hat{\bar{Y}}_1$, $\hat{\bar{Y}}_4$,	

Tabela	Página
e $\hat{Y}_{17}$ e suas classificações (entre parênteses). Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA	153

CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES NO ESTÁDIO ADULTO
E POSSIBILIDADE DE SELEÇÃO PRECOCE EM HÍBRIDOS
DE CACAU (*Theobroma cacao* L.)

Autor: CAIO MÁRCIO V.C. DE ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

x RESUMO

Utilizando-se doze híbridos biclonais de cacau no estágio adulto, avaliou-se o potencial agronômico e genético e estimaram-se as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre dez caracteres agronômicos, correlações estas desdobradas, posteriormente, com base nos efeitos diretos e indiretos pela análise de caminhamento. Em nove híbridos biclonais, dos doze citados inicialmente, avaliou-se o potencial agronômico na fase juvenil e analisou-se a possibilidade de realizar seleção precoce para elevado rendimento, utilizando-se modelos de regressão linear múltipla.

A avaliação na fase adulta foi realizada aos nove (23 colheitas) e dez anos (18 colheitas) após o estabelecimento dos híbridos em campo, em dois experimentos instalados em áreas contíguas, de acordo com o delineamen

to em blocos casualizados, com sete repetições e doze plantas por parcela. Na fase juvenil, a avaliação foi conduzida em viveiro telado, aos 93, 125, 156 e 186 dias após a semeadura, de acordo com o delineamento em blocos casualizados e parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições e 36 plântulas por parcela.

Os melhores desempenhos agronômicos foram observados para POUND 7 x SIAL 505 e SCA 6 x ICS 1, que revelaram um potencial produtivo superior a 2.700 kg de cacau seco/ha/ano, enquanto na fase juvenil SCA 6 x ICS 1 apresentou o maior valor médio de taxa de assimilação líquida.

Detectou-se suficiente variabilidade genética entre híbridos e elevados coeficientes de determinação genotípica para a obtenção de ganhos genéticos relativamente altos por seleção, para os principais caracteres componentes de produção.

Existem elevadas correlações positivas genotípicas entre peso das sementes secas por planta e número de frutos sadios por planta. Todavia, em termos genéticos, à medida que ocorre o aumento do número de frutos produzidos por planta, verifica-se redução do índice de semente, peso das sementes secas por fruto, peso do fruto e fator de conversão do peso das sementes úmidas para peso da matéria seca das sementes. Evidenciou-se que o tamanho da semente pode ser aumentado sem afetar o número destas no fruto.

Os resultados mostraram que o número de frutos sadios por planta e o peso das sementes secas por fruto constituem os principais componentes na avaliação do potencial produtivo de híbridos biclonais de cacau, enquanto o número de sementes por fruto e o índice de semente são os responsáveis pelo peso das sementes secas por fruto e devem ser considerados como componentes secundários de produção.

O caráter, taxa de assimilação líquida avaliado na fase juvenil, foi suficiente para explicar cerca de 69,0% da variação do peso das sementes úmidas por planta no estágio adulto, evidenciando a possibilidade de utilização da seleção precoce em cacau. Entretanto, a influência exercida por outras variáveis não contempladas neste estudo pode contribuir para diminuir a acurácia na predição da produção futura de híbridos biclonais de cacau.

CORRELATIONS BETWEEN TRAITS AT THE ADULT
STAGE AND POSSIBILITY OF EARLY SELECTION
IN HYBRIDS OF CACAO

(Theobroma cacao L.)

Author: CAIO MÁRCIO V.C. DE ALMEIDA

Adviser: Prof. Dr. ROLAND VENCOVSKY

SUMMARY

Twelve biclonal hybrids of cacao were used for their agronomic and genetic evaluation and for estimation of phenotypic, genotypic and environmental correlation between combinations of ten traits; the correlations were further splitted on the basis of direct and indirect effects following the path analysis. In nine of the biclonal hybrids the agronomic potential was studied in the juvenile phase and the possibility of early selection was investigated by using multiple linear regression models.

The evaluation at the adult phase was done at the ninth (23 harvests) and tenth years (18 harvests) after planting in two experiments established in contiguous areas, according to the completely randomized block design with seven replications and twelve plants per plot. At the juvenile phase the evaluation was done in the nursery at 93,

125, 156 and 186 days after sowing, following a completely randomized block design with split-plot in time with four replications and 36 plants per plot.

The best agronomic performances were observed for hybrids POUND 7 x SIAL 505 and SCA 6 x ICS 1 with yielding potential over 2.700 kg/ha/year of dry cocoa, while in the juvenile phase hybrid SCA 6 x ICS 1 showed the highest mean for net assimilation rate.

The genetic variability among hybrids and the genotypic coefficient of determination were sufficiently high to assure expressive gains from selection for the main yield components.

A high and positive genotypic correlation was found between dry seed weight and number of normal (non-damaged) fruits per tree. Genetically, however, the increase in the number of fruits per plant leads to a decrease in the bean weight, in the weight of beans per fruit, fruit weight and conversion factor of the seed wet weight to dry weight. There are evidences that seed size can be increased without affecting the number of beans per fruit.

General results led to conclude that the number of fruits per plant and dry weight of beans per fruit are the main components for the evaluation of yield potential in biclonal hybrids of cacao, while the number of seeds per fruit and bean weight are components of the weight of beans per fruit and are then secondary yield components.

The net assimilation rate evaluated in the

juvenile phase was sufficient to explain about 69.0% of the variation wet seed weight per plant in the adult phase, thereby showing the possibility of early selection in cacao. Nevertheless, the effect of other variables not included in this study may contribute to a lower accuracy in predicting yield of biclonal hybrids of cacao.

1. INTRODUÇÃO

O cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) é uma planta de polinização entomófila, pertencente à ordem Malvales e família Esterculiaceae.

Existem 22 espécies classificadas no gênero *Theobroma*, as quais podem ser encontradas de forma espontânea e dispersas no Continente Americano, entre os paralelos 18°N e 15°S (CUATRECASAS, 1964). No entanto, a espécie *T. cacao* é a única explorada economicamente com a finalidade de fabricação de chocolate e derivados, respondendo por todo o cacau comercial produzido no mundo.

A cultura do cacaueiro no Brasil ocupa uma área em torno de 640.000 hectares, com uma produção de 485.800 toneladas anuais, equivalentes a 24% da produção mundial (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA - CEPLAC, s.d.). Os seguintes Estados da Federação, em ordem decrescente de produção, cultivam o cacaueiro em caráter econômico e tecnificado: Bahia, Rondônia, Pará, Espírito Santo, Amazonas, Mato Grosso, Acre, Maranhão e São Paulo. O Estado da Bahia participa com 86% da produção nacional, seguido dos Estados da Amazônia com 11%, dentre os quais se destacam Rondônia com 6% e Pará com 4%.

Atualmente, a cacauicultura brasileira é considerada a mais desenvolvida e tecnificada no mundo, apresentando uma produtividade média de 740 kg de amêndoas secas por hectare em um período de um ano (CEPLAC, 1987).

A ocorrência de elevado grau de alogamia é uma característica desta espécie, a qual pode apresentar taxas de cruzamento natural variando de 50 a 100%. Este fato contribui para que as populações formadas a partir de sementes obtidas sem controle de polinização apresentem elevado grau de heterogeneidade (VELLO & NASCIMENTO, 1971; TOXOPEUS, 1972).

Nos programas de melhoramento envolvendo culturas perenes, o melhorista, normalmente, se defronta com os seguintes problemas: a) longo ciclo de vida das plantas; b) longo tempo decorrente na avaliação de experimentos de rendimento de cultivares, variedades, clones e progênies; c) correlações juvenil-adultos não satisfatórias; d) necessidade de áreas extensas para estudos de avaliação e e) alta rotatividade de recursos humanos especializados (SINGH & SINGH, 1958; ZOBEL & TALBERT, 1984; SHARMA, 1986).

Nos trabalhos de melhoramento em cacau, alguns desses problemas são comuns e vários experimentos têm sido estabelecidos objetivando conhecer melhor sua natureza e determinar estratégias para contorná-los ou mesmo superá-los.

O cacaueiro apresenta característica de perenidade, cujo ciclo de vida pode ultrapassar 100 anos, enquanto a vida econômica de uma plantação pode variar de 25 a 50 anos (TOXOPEUS, 1972). A busca de variedades precoces, nesse caso, torna-se uma estratégia de grande importância, pois proporciona um retorno mais rápido do capital investido nesse tipo de empreendimento. Neste sentido, as pesquisas têm evidenciado que as variedades de cacau não selecionadas produzem normalmente seus primeiros frutos em idade de quatro a cinco anos, enquanto progê-nies híbridas com clones Amazônicos começam a produzir frutuos aos 18 meses de idade (SORIA & ESQUIVEL, 1970).

Existe grande número de trabalhos científicos sobre as relações entre diferentes caracteres e rendimento em cacau. Contudo, tais trabalhos, em sua maioria, são restritos à investigação do grau de associação entre caracteres estudados num mesmo estágio de desenvolvimento da planta ou entre caracteres estudados nas fases de planta jovem (fase esta correspondente, geralmente, aos três primeiros anos de estabelecimento em campo) e adulta (de modo geral, a partir do sexto ano do plantio). Além disso, os resultados obtidos não são satisfatórios no sentido de tornar a seleção na fase de planta jovem como uma prática rotineira na cultura do cacau. Os estudos comparando o desempenho de progênes, cultivares, clones e variedades em viveiro com o desempenho posterior no campo

são escassos na literatura especializada e carecem de investigação mais acurada. A predição do potencial de produção de plantas adultas de cacau com base na análise quantitativa de crescimento de plantas juvenis (fase esta correspondente, em geral, aos seis primeiros meses após a semeadura) se vislumbra como uma ferramenta que pode proporcionar economia de tempo, de áreas experimentais e de recursos humanos e financeiros. Nesse caso, a utilização da regressão múltipla, indicada quando a variável dependente é influenciada por diversas variáveis independentes (STEEL & TORRIE, 1980), poderá fornecer informações importantes sobre as associações entre rendimento (variável dependente) e caracteres juvenis mais importantes (variáveis independentes).

O rendimento em cacau, como na maioria das culturas, é um caráter de natureza complexa que depende da influência de caracteres de expressão agrônômica variável. Os seguintes componentes são considerados como os mais importantes na determinação do rendimento: a) número de frutos por planta; b) número de sementes por fruto; c) peso das sementes úmidas ou secas por fruto e por planta; e d) peso da semente individual (SORIA, 1977, 1978). O conhecimento das correlações simples entre diferentes caracteres e das causas envolvidas nessas associações, através do desdobramento das correlações estimadas em efeitos diretos e indiretos de cada componente sobre o caráter prin

cipal, é importante para aumentar as chances de sucesso de um programa de melhoramento. Esse tipo de estudo é denominado de análise dos coeficientes de caminhamento (WRIGHT, 1921, 1934) e tem sido realizado em diferentes culturas. Em cacau a literatura especializada não tem registrado trabalhos dessa natureza.

Outro problema, muito comum nos trabalhos de melhoramento de cacau, refere-se à elevada variabilidade existente entre os indivíduos de um mesmo híbrido biclonal (produto do cruzamento entre dois clones geneticamente distintos), quando se analisam diferentes caracteres. Com a adoção da hibridação em cacau, os melhoristas passaram a se defrontar com progênies segregantes oriundas de cruzamentos entre clones selecionados. Dependendo do grau de heterozigosidade dos clones progenitores, tais progênies apresentam variabilidade com relação ao tamanho das plantas, frutos e sementes, ao tipo de arquitetura de copa, ao rendimento da planta, entre outros caracteres. O conhecimento dessa variação é importante no desenvolvimento de procedimentos de seleção (BARTLEY, 1970).

Considerando os problemas focalizados, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

a) Avaliar o potencial agronômico e genético dos híbridos biclonais de cacau, para orientação do programa de melhoramento genético do cacaueiro;

b) Estimar as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres estudados.

típicas e de ambiente entre caracteres de plantas adultas mais importantes agronomicamente;

c) Estimar os efeitos diretos e indiretos sobre o rendimento, de diferentes caracteres dos híbridos em estudo no estágio adulto, utilizando o método dos coeficientes de caminhamento;

d) Analisar a possibilidade de avaliar o potencial de produção econômica de híbridos biclonais de cacau, através do grau de associação juvenil-adulto entre caracteres mais importantes, visando sua utilização em processo de seleção precoce.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Breve histórico do programa de melhoramento genético do cacaueiro no Brasil, com especial ênfase à Amazônia brasileira

O programa de melhoramento genético do cacaueiro no Brasil teve início na década de 1930, na Bahia, através de trabalhos realizados pelo Instituto de Cacau da Bahia (MIRANDA & CARLETTI, 1958). Por diversas razões, esse programa somente tomou impulso na década de 1950, com os trabalhos de seleção de materiais genéticos realizados pelas Estações Experimentais de Juçari e Uruçuca, na Bahia e de Goitacazes, no Espírito Santo. Tais seleções propiciaram o estabelecimento de plantações comerciais até o ano de 1964 e constituíram o material básico para o desenvolvimento de um novo programa de melhoramento genético, elaborado e executado pelo Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), a partir de sua criação, em 1963, pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) (VELLO et alii, 1969; CEPEC, 1981).

Nessa ocasião, visando dispor de maior variabilidade genética da espécie, o CEPEC adotou dois procedimentos básicos: a) introdução de cultivares promisso-

res de outros países e b) coleta de cacau silvestre em populações naturais da Amazônia brasileira (VELLO et alii, 1969). Foi estabelecido também, um amplo programa de hibridação entre seleções locais e clones introduzidos de outros países, visando obter combinações híbridas de características agronômicas superiores (MARIANO & BARTLEY, 1981).

Na Amazônia brasileira, a CEPLAC iniciou suas atividades em 1965, em Belém, no Pará, através do estabelecimento de um programa básico de experimentação em área do antigo Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte (IPEAN) (ÁLVARES-AFONSO, 1975), atualmente Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Essas atividades foram bastante ampliadas, posteriormente, com a criação de unidades de pesquisas em Cametá, no Pará (1970), em Manaus, no Amazonas (1970), em Ouro Preto d'Oeste, em Rondônia (1971), em Medicilândia, no Pará (1975), em Santa Inês, no Maranhão (1976) e em Alta Floresta, no Mato Grosso (1977).

O programa de melhoramento genético do cacauero na Amazônia brasileira remonta ao início das atividades da CEPLAC nessa região. Contudo, somente tomou vulto em 1976, quando foi planejado o estabelecimento de 160 mil hectares de cacaueros (CEPLAC, 1977), fato este que exigia a necessidade de variedades melhoradas adaptadas a diferentes condições ecológicas da Amazônia.

No início desse programa, a ênfase residiu na hibridação entre clones Scavina (vide Apêndice 5) e seleções provenientes das coletas exploratórias realizadas em 1965 e 1967, em populações da Amazônia brasileira, face a aparente resistência dos Scavina à enfermidade vas-soura-de-bruxa [*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer]. O aparecimento da doença e de características indesejáveis nas progênies híbridas, motivaram a utilização de novos progenitores de outros países, em cruzamentos com materiais genéticos amazônicos, assim como, com seleções realizadas na Bahia. A partir de 1983, a ênfase foi dirigida para cruzamentos entre materiais genéticos amazônicos promissores e clones autocompatíveis e de boa capacidade geral de combinação, uma vez que não são bem conhecidas as relações entre fatores de auto-incompatibilidade e rendimento em cacau (MACHADO et alii, 1983)*.

Atualmente, o melhoramento genético do ca-caueiro na Amazônia, compreende, basicamente, um amplo programa de coleta, introdução, manutenção, avaliação e caracterização dos recursos genéticos, assim como, de avaliação de 382 combinações híbridas em diferentes estádios

* MACHADO, P.F.R.; BARRIGA, J.P.; ALMEIDA, C.M.V.C.; ALMEIDA, C.F.G. Melhoramento genético do cacaueiro (*Theobroma cacao* L.) na região Amazônica. Trabalho apresentado na 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Belém, 1983).

de desenvolvimento, estabelecidas em diversas estações experimentais da região (AHNERT et alii, 1989; MACHADO et alii, 1989).

2.2. Rendimento e componentes de rendimento em cacau

Nos centros de pesquisas que desenvolvem trabalhos com cacau, a ênfase no melhoramento tem sido, principalmente, a maximização da produtividade das novas plantações.

As bases da pesquisa organizada com cacau foram estabelecidas no Imperial College of Tropical Agriculture (ICTA), em Trinidad, em 1930, sob o patrocínio da Comunidade Britânica (BARTLEY, 1969). Nesse período, foram propostos os princípios básicos para seleção de genótipos de alto rendimento, que consistiam na obtenção de dados, durante dois ou três anos, sobre a produção total de frutos, peso das sementes úmidas ou secas, índice de fruto e índice de semente (POUND, 1932; POUND, 1933; CHEESMAN & POUND, 1934). O índice de fruto foi definido como o número de frutos necessários para constituir uma libra (453,6 g) de cacau seco e o índice de semente como o peso médio de uma amêndoa seca. Posteriormente, os centros de pesquisas passaram a adotar tais critérios de seleção, levando-se em consideração as peculiaridades regionais referentes à unidade de peso adotada, a variabilidade disponível para o programa de melhoramento, assim como, a neces-

sidade de aperfeiçoamento dos referidos critérios.

Desse modo, SORIA (1966) propôs a utilização do método do índice de seleção e a obtenção de dados dos caracteres de interesse, durante dois a três anos, da dos esses que eram utilizados para o estabelecimento dos limites de seleção, através de métodos estatísticos ou cri térios do melhorista. Este método foi utilizado na seleção de novos clones nas áreas experimentais de Turrialba e La Lola, na Costa Rica. No Brasil, PINTO et alii (1969) ao realizarem seleção de genótipos superiores nos cacauais da Bahia, consideraram, principalmente, os seguintes fatores: a) média anual de produção de sementes secas; b) média anual de produção de frutos sadios; c) índice de fruto e d) percentagem média de frutos infectados. Na Nigéria, TOXOPEUS & JACOB (1970) adotaram o fator denominado valor do fruto, definido como a quantidade de cacau se co produzido por um fruto, resultante do produto entre nú mero médio de sementes por fruto e peso médio da semente seca.

Dentre os componentes de rendimento, a pro dução anual de sementes úmidas por planta, o peso médio da semente e o fator peso do conteúdo do fruto/peso do fruto são considerados os mais importantes na seleção de progenitores promissores de cacau (RUINARD, 1961, 1964). O valor do fruto e a produção anual de frutos são considerados por JACOB & TOXOPEUS (1971), ATANDA (1972a), JACOB &

ATANDA (1973) e ATANDA & JACOB (1975) como os caracteres de maior relevância. No entanto, SORIA (1977, 1978) considera que os mais importantes são: a) número de frutos por planta; b) número de sementes por fruto; c) peso das sementes úmidas ou secas por fruto e por planta e d) peso da sementes individual.

O rendimento em cacau é considerado um ca-ráter de natureza quantitativa e altamente influenciado pelas condições ambientais, apresentando elevada variabilidade entre indivíduos de uma mesma combinação híbrida (ESQUIVEL & SORIA, 1967; SORIA, 1977, 1978).

Nos ensaios para avaliar capacidade de produção de genótipos de cacau, é comum a utilização de dados obtidos em anos sucessivos de colheita, normalmente acumulados em mais de dez anos. Existem evidências de que dois ou três anos sucessivos de observações são suficientemente confiáveis para se proceder essa avaliação (SORIA & ESQUIVEL, 1967); que a produção de frutos acumulada do segundo até o quinto ano é suficiente para predizer o rendimento do potencial de um cultivar (ATANDA, 1972b) e que a obtenção de dados consistentes de produção, em cada geração, deve transcorrer entre cinco e seis anos de idade (ENRIQUEZ & SORIA, 1981). Contudo, BARTLEY (1969) adverte sobre as distribuições irregulares de rendimento de plantas de cacau nos primeiros anos de produção e sua influência na redução das correlações entre produção precoce e produção nos estádios posteriores. Naturalmente, que a

ocorrência de períodos climaticamente atípicos, o estabelecimento em locais que apresentem condições edafoclimáticas pouco apropriadas para o cultivo e/ou uma manutenção deficitária dos ensaios podem contribuir para mascarar ou retardar a expressão da potencialidade produtiva dos genótipos em estudo, necessitando-se, em decorrência, de um maior período de avaliação.

2.3. Estimativas de coeficientes de herdabilidade

A herdabilidade é definida por FALCONER (1987) como a proporção da variância total que é atribuída ao efeito médio dos genes, e este é que determina o grau de semelhança entre indivíduos aparentados. O papel preditivo da herdabilidade expressando o valor fenotípico do indivíduo como um indicador do valor genético, constitui sua função mais importante. Portanto, o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético é que determina o sucesso da seleção fenotípica.

A herdabilidade de um caráter representa um parâmetro dinâmico, pois depende da população avaliada, das circunstâncias ambientais às quais os indivíduos estão sujeitos, assim como do tipo de amostragem realizada (FALCONER, 1987). FEHR (1987) menciona os seguintes fatores que influenciam a magnitude das estimativas de herdabilidade: quantidade de variância genotípica presente para a característica na população estudada; tipo de amos

tra de genótipos avaliados; método utilizado para cálculo; amplitude de avaliação dos genótipos (dados de plantas individuais ou médias de progênies, número de repetições, de plantas por parcela, de locais e anos), desequilíbrio de ligação e acurácia na condução do experimento.

O conhecimento das estimativas de herdabilidade tem papel relevante na determinação do progresso esperado por seleção. DUDLEY & MOLL (1969) mencionam os fatores mais importantes em um programa de melhoramento e, dentre estes, destacam-se os seguintes: como o material genético deve ser avaliado (em termos de repetições, locais e anos) e qual método de melhoramento será mais eficaz, em termos de ganho genético. A base para tais decisões, será o conhecimento das estimativas de variância genética e de herdabilidade dos caracteres de interesse agrônomico.

As pesquisas desenvolvidas por diversos autores (ATANDA & TOXOPEUS, 1971; ATANDA 1972a; ATANDA, 1973; SORIA et alii, 1974; BAEZ, 1984; ENGELS, 1985; MORA, 1987; PARDO & ENRIQUEZ, 1988; PEREIRA et alii, 1988) têm possibilitado a obtenção de estimativas de herdabilidade e repetibilidade de vários caracteres em cacau. Tais estimativas apresentam, frequentemente, para um mesmo caráter, grande variação, evidenciando a influência de diferentes fatores.

O caráter número médio de frutos produzidos

por planta, correspondente às colheitas de dez a dezenove anos, em diferentes materiais genéticos (clones, progê-nies autofecundadas e híbridos) foi analisado por ATANDA & TOXOPEUS (1971) e ATANDA (1972a, 1973), cujos resultados apresentaram estimativas de repetibilidade variando de 61,5% a 89,77%.

SORIA et alii (1974) estimaram em 17,0% a herdabilidade no sentido restrito para peso das sementes úmidas por parcela, obtido de 48 híbridos biclonais durante três anos de colheitas, revelando a elevada participação de fatores ambientais na expressão deste caráter. Dentre outras estimativas de herdabilidade no sentido restrito ($h^2\%$) e no sentido amplo ($ha^2\%$), para diferentes caracteres em cacau, destacam-se as seguintes: a) número de sementes por fruto - $\hat{h}^2\%$ variando de 10,2 a 64,1 e $\hat{ha}^2\%$ variando de 26,9 a 96,2 e b) peso das sementes úmidas por fruto - variando de 13,0 a 89,0 e de 37,0 a 91,0 para $\hat{h}^2\%$ e $\hat{ha}^2\%$, respectivamente (SORIA et alii, 1974; BAEZ, 1984; ENGELS, 1985; MORA, 1987; PEREIRA et alii, 1988).

2.4. Correlação entre caracteres

Na pesquisa biológica, é muito comum o interesse pelo conhecimento do grau de associação entre caracteres de importância, objetivando tornar os métodos de seleção mais efetivos, principalmente quando se deseja o melhoramento simultâneo de várias características. Esse ti-

po de pesquisa pode proporcionar também, economia de tempo e de recursos financeiros na experimentação, especialmente quando se deseja melhorar um caráter da fase adulta com base em caracteres da fase juvenil, assumindo maior relevância, quando é direcionada para plantas perenes, as quais, exigem, via de regra, áreas extensas e longo tempo de avaliação.

A maioria dos caracteres de importância econômica, como produtividade apresenta herança complexa e pode envolver vários caracteres. Isto significa que a seleção para um dado caráter pode provocar mudança simultânea em um ou mais caracteres (ROBINSON et alii, 1951).

De modo geral, o melhoramento genético de uma dada espécie reside no aprimoramento simultâneo de um conjunto de caracteres e não de caracteres isolados (VENCOVSKY, 1987). Se o caráter morfológico ou fisiológico de interesse para o melhoramento não estiver correlacionado com o caráter principal, o trabalho de seleção não terá valor prático. (FEHR, 1987).

A existência de associação entre caracteres depende de dois fatores: o genético e o de ambiente. O pleiotropismo, propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, é o principal responsável pela correlação genética, enquanto as ligações gênicas constituem uma causa transitória de correlação, particularmente, em populações originadas de cruzamentos entre materiais di-

vergentes. Quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições de ambiente, o efeito total de todos esses fatores, torna-se a causa da correlação de ambiente (FALCONER, 1987).

Em algumas situações, a existência de correlações desfavoráveis impede que se atinja o objetivo desejado. Nessas circunstâncias, métodos ou procedimentos genéticos podem ser utilizados visando sua prevenção ou eliminação. A utilização da correlação fenotípica como um método auxiliar de um programa de seleção deve ser vista com reservas, pois pode levar a erros devido sua constituição compreender uma fração genética e outra ambiental (GOLDENBERG, 1968). Segundo FALCONER (1987), o conhecimento da proporção da correlação fenotípica que tem causa genética ou de ambiente é necessário em estudos dessa natureza. A correlação fenotípica é explicada, principalmente, pela correlação de ambiente, quando ambos os caracteres têm baixas herdabilidades. A correlação genética torna-se a causa principal, quando ambos os caracteres apresentam altas herdabilidades.

Frequentemente, as correlações genéticas e de ambiente são muito diferentes em magnitude, e, às vezes, diferentes em sinal. A diferença de sinal entre duas correlações significa que as causas de variação genética e de ambiente afetam os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos (FALCONER, 1987).

Em alguns casos, é conveniente o emprego da seleção indireta, com base na resposta correlacionada, ou seja, seleção aplicada a outro caráter que não seja o que se deseja melhorar, quando o caráter principal é difícil de ser identificado e medido com precisão e/ou apresenta baixa estimativa do coeficiente de herdabilidade. Nesse particular, a seleção indireta será mais efetiva que a direta, quando o caráter secundário apresentar herdabilidade substancialmente superior, em relação ao caráter desejado e a correlação genética entre os dois for alta ou a intensidade de seleção no caráter secundário for bem maior do que no caráter desejado (FALCONER, 1987).

2.4.1. Correlação entre caracteres de plantas jovens e adultas de cacau

As pesquisas relativas ao grau de associação entre caracteres agronômicos e rendimento e seus componentes têm sido desenvolvidas em vários centros de pesquisas, contemplando diversos estádios de desenvolvimento do cacaueiro. Alguns desses resultados são contraditórios, evidenciando a influência dos materiais genéticos considerados, das condições ambientais sobre as características em estudo e mesmo, da metodologia adotada.

O caráter diâmetro do tronco ou circunferência do tronco obtido em diferentes idades e alturas do tronco tem sido muito utilizado em pesquisas visando a se

leção antecipada em cacau. JONES & MALIPHANT (1958) obtiveram coeficientes de correlação positivos e significativos entre circunferência do tronco, obtida ao nível do solo aos três anos e meio e rendimento médio (kg de cacau seco por acre), referente a três períodos de colheita (entre quatro e sete anos do plantio). Os rendimentos obtidos nessa fase estavam fortemente condicionados por fatores que atuaram durante o período de estabelecimento das plantas e que se refletiam sobre a circunferência do tronco, aos três anos e meio. Coeficientes de correlação positivos e significativos, entre diâmetro do tronco a 30 cm do solo, obtido em diferentes idades (de um ano e meio a três anos e meio) e produção de frutos, acumulada até três anos e meio, foram obtidos também por SORIA & ESQUIVEL (1969, 1970), os quais evidenciaram que as mais altas correlações ocorriam entre o segundo e o terceiro anos de idade. Os caracteres rendimento de cacau úmido por planta e número de frutos por planta estão também positivamente correlacionados com o diâmetro do tronco, a 30 cm do solo (MOSES & ENRIQUEZ, 1981). Resultados semelhantes foram obtidos também por MARIANO (1966), BESSE (1969) e GARCIA & NICOLELLA (1985).

As pesquisas realizadas por GLENDINNING (1960) evidenciaram coeficientes de correlação positivos e significativos, entre produção total, aos cinco anos e alguns caracteres de crescimento, como: diâmetro do tron-

co (no primeiro e quinto anos) e taxa de incremento do diâmetro, em diferentes períodos. O ritmo de crescimento diminuiu quando as plantas começaram a produzir. O autor enfatizou que a correlação existente entre taxa de crescimento, antes do início de produção e produção total, aos cinco anos de idade, era devido, pelo menos em parte, às variedades de rápido crescimento que começavam a produzir precocemente, não significando uma relação entre taxa de crescimento e rendimento a longo prazo. Posteriormente, GLENDINNING (1966) observou que o caráter rendimento, apresentava correlação mais estreita com a diferença entre taxa de incremento do diâmetro do tronco, quando a planta estava em produção e o mesmo caráter no período pré-produção. Outros trabalhos evidenciaram que com o aumento da idade das plantas, as correlações entre rendimento e circunferência do tronco tendiam a diminuir (LONGWORTH & FREEMAN, 1963; SORIA, 1964; ATANDA, 1972b) e que o diâmetro, obtido a 30 cm do solo, entre dois e três anos de idade, constituía-se na melhor medida para predição de rendimento futuro de plantas de cacau (SORIA, 1964; MARIANO, 1966).

A possibilidade de realizar seleção precoce em cacau vem sendo analisada também, através da utilização do caráter altura do tronco ou do fuste do cacaueiro. Em plantas jovens, SORIA (1964) detectou coeficientes de correlação positivos e significativos, entre altura média do fuste e rendimento médio, em número de frutos. A altura

variou muito pouco depois dos dois anos de idade. Quando os mesmos caracteres foram avaliados com dados individuais, os coeficientes de correlação foram positivos, porém, sem significância, indicando que a altura do fuste, nas idades estudadas (aos dois, três e quatro anos e meio), não era uma medida apropriada de vigor. Pesquisas posteriores (MARIANO, 1966) revelaram coeficientes de correlação baixos e negativos em muitos casos, não alcançando nível de significância, quando associaram altura do fuste e produção parcial e acumulada, correspondente aos três primeiros anos de colheita. A justificativa para tais resultados reside no fato de que a altura do fuste do cacaueiro alcança seu máximo desenvolvimento praticamente no primeiro ano de idade da planta, enquanto a produção aumenta gradualmente de ano para ano. MOSES & ENRIQUEZ (1981), utilizando dados obtidos aos dez anos após o plantio, obtiveram correlações baixas, positivas e não significativas ao associarem altura do fuste e rendimento de cacau úmido por planta.

Existem evidências experimentais de que a alta capacidade de produção dos híbridos biclonais de cacau está associada à presença de plantas de elevado rendimento, em maior percentagem, desde os primeiros anos de estabelecimento. ESQUIVEL & SORIA (1967) encontraram 10% a 14% de plantas de elevada capacidade produtiva e que o alto rendimento dependia do rápido crescimento inicial das plantas e da precocidade na produção, a qual se manifes-

tou, em plantas híbridas, a partir do segundo ano de plantio. As correlações entre número de frutos produzidos e peso das sementes úmidas por planta, acumulados em 27 meses, de vários cultivares de cacau, foram positivas e significativas. O caráter número de frutos por planta é recomendado como uma medida confiável da capacidade produtiva de progênie melhoradas. As pesquisas desenvolvidas por MOSES & ENRIQUEZ (1981) permitiram também conclusões semelhantes.

O rendimento em cacau, em termos de número de frutos produzidos por planta ou de peso das sementes úmidas ou secas por planta, obtido durante vários anos, tem revelado, através das análises de correlação, contemplando diversos períodos, resultados interessantes do ponto de vista de seleção antecipada. SORIA & ESQUIVEL (1967), por exemplo, analisaram o caráter número de frutos produzidos por planta, obtido durante oito anos, a partir do sexto ano do plantio e evidenciaram a existência de correlações positivas e significativas entre produção para diferentes períodos e produção total acumulada. Para evitar influências climáticas de ano para ano e obter maior confiabilidade, os autores recomendam utilizar dados obtidos em períodos sucessivos de dois ou três anos.

BARTLEY (1968) analisou rendimentos médios de cacau seco de plantas individuais, obtidos durante nove anos, correspondentes a três diferentes períodos de prog

dução. Os coeficientes de correlação entre rendimentos médios para cada período, foram positivos, e, em sua maioria, significativos. As correlações nas populações clonais foram semelhantes àsquelas dos híbridos biclonais, indicando que grande parte da associação entre períodos poderia ser atribuída a causas não genéticas; foi também evidenciado que a seleção fenotípica nos primeiros anos de produção não era satisfatória como uma medida de comportamento futuro das plantas. Recomenda-se a obtenção de dados durante vários anos, visando conhecer a natureza de distribuição de rendimento dos cultivares. Posteriormente, BARTLEY (1970), utilizando o peso médio de cacau úmido por planta, confirmou esses resultados e destacou que é mais conveniente ignorar os rendimentos antes de oito anos de plantio e realizar a seleção com base na combinação de rendimento de vários anos, depois do oitavo ano de implantação, a fim de minimizar os efeitos anuais.

As pesquisas desenvolvidas por ATANDA & TOXOPEUS (1971) e ATANDA (1972b) constituem-se em poucas investigações a longo prazo, com referência ao estudo das correlações entre determinados caracteres em cacau. Os coeficientes de correlação foram positivos e significativos, entre circunferência do tronco, obtida aos seis anos do plantio e peso total das sementes úmidas dos cinco primeiros anos de produção (do quinto ao nono ano após o plantio) ou produção total de frutos, acumulados durante 23

anos. As correlações entre produção total de frutos acumulados e produção de frutos, em qualquer ano ou produção de frutos acumulados em um dado ano, foram positivas e significativas, aumentando de 0,759 para valores superiores a 0,900, no quinto ano de frutificação. Recomenda-se a utilização do rendimento acumulado de frutos, dos dois a cinco primeiros anos de produção, como suficiente para prever o potencial produtivo de uma variedade de cacau.

BARTLEY et alii (1982) analisaram os caracteres produção de cacau úmido por planta e peso médio do fruto em três experimentos com híbridos biclonais de cacau, considerando o grau de associação entre diferentes períodos de obtenção de dados, quais sejam: a) períodos de 3 a 5 anos, de 7 a 9 anos e de 10 a 12 anos; b) períodos de 4 a 7 anos e de 9 a 11 anos; c) períodos de 5 a 7 anos, 9 a 11 anos e de 12 a 14 anos. As correlações para ambos caracteres foram positivas e significativas, variando de 0,61 a 0,94, indicando que nas condições desse trabalho, a seleção poderá ser realizada numa determinada fase da vida da planta, com relativa segurança.

Os caracteres inerentes ao fruto e sementes de cacau têm sido também objeto de muitas pesquisas, visando aprimorar os métodos de seleção de materiais genéticos melhorados. Existem evidências experimentais da ocorrência de correlações positivas, entre os seguintes caracteres: a) peso do fruto e peso médio das sementes úmidas

ou secas por fruto (KUPPERS, 1953; RUINARD, 1961; ATANDA, 1972b; JACOB & ATANDA, 1973; ESKES et alii, 1977; ENGELS, 1983; MORA, 1987; PEREIRA et alii, 1988), número de sementes por fruto (JACOB & ATANDA, 1973; ESKES, et alii, 1977) e peso individual da semente úmida (RUINARD, 1961; CASTRO & BARTLEY, 1983); b) peso das sementes úmidas por fruto e peso das sementes secas por fruto (WESSEL & TOXOPEUS, 1969; ATANDA 1972b; JACOB & ATANDA, 1973, CASTRO & BARTLEY, 1983; ENGELS, 1983), número de sementes por fruto (WESSEL & TOXOPEUS, 1969; ENGELS, 1985; MORA, 1987) e peso individual da semente úmida (RUINARD, 1961; ENGELS, 1985; MORA, 1987); c) peso das sementes secas por fruto e número de sementes por fruto (KUPPERS, 1953; TOXOPEUS & WESSEL, 1970; ESKES et alii, 1977) e índice de semente (KUPPERS, 1953). Contudo, não se evidenciou associação entre peso médio das sementes secas por fruto e número de sementes por fruto (WESSEL & TOXOPEUS, 1969; TOXOPEUS & WESSEL, 1970) e as correlações foram muito baixas ou negativas, entre peso do fruto e número de sementes por fruto (RUINARD, 1961; ATANDA, 1972b; ENGELS, 1983; PEREIRA et alii, 1988) ou negativa, entre peso das sementes úmidas por fruto e número de sementes por fruto (ENGELS, 1983), conflitando com resultados apresentados anteriormente. Por outro lado, foram obtidas correlações negativas entre: a) índice de fruto e peso de fruto, número de sementes por fruto, peso das sementes úmidas por fruto (ENGELS, 1983;

MORA, 1987) e índice de semente (MORA, 1987); b) número de sementes por fruto e peso das sementes úmidas ou secas por fruto (ESKES et alii, 1977; ENGELS, 1983; PEREIRA et alii, 1988).

2.4.2. Correlação entre caracteres de plantas juvenis de cacau

As pesquisas relativas ao grau de associação entre caracteres de plantas juvenis de cacau contemplam, geralmente, a análise de diferentes fases de crescimento da plântula e os seguintes caracteres: altura da plântula, diâmetro do caule, peso da semente, área foliar e peso da matéria seca total da plântula. A influência exercida pelo tipo de material genético em estudo, pelas condições ambientais da experimentação e mesmo, pela natureza dos dados analisados, conduz, às vezes, a resultados conflitantes.

Os resultados de pesquisas têm revelado coeficientes de correlação positivos e significativos, na maioria dos casos, entre peso das sementes e altura e diâmetro do caule, obtidos aos 30, 63, 80, 90, 98, 105, 120 e 150 dias, após a semeadura (ASCENSO, 1963; VELLO, 1963; ASCENSO & BARTLEY, 1966; SOUZA et alii, 1982) e positivos e significativos, em alguns casos, entre peso das sementes e incremento em altura (ASCENSO, 1963). Com o aumento

da idade das plântulas, o grau de associação entre peso da semente e altura e diâmetro do caule, tendeu a diminuir, sugerindo que a vantagem inicial, proporcionada pelo maior peso das sementes, tornou-se menos aparente mais tarde; o grau de associação entre peso da semente e altura da plântula, utilizando médias de parcela, foi mínimo, aos 90 dias e quase inexpressivo, aos 150 dias após a semeadura (VELLO, 1963). ASCENSO & BARTLEY (1966) evidenciaram que até aos 98 dias, o crescimento em altura da plântula é determinado, em grande parte, pelo tamanho da semente que lhe deu origem, mas que esta influência tendia a desaparecer com a idade. Contudo, ROMERO (1971) revelou, que o peso das sementes exerceu influência sobre a altura da plântula, em determinados cruzamentos, até aos 42 dias após a semeadura.

O caráter altura da plântula apresentou também coeficientes de correlação positivos e significativos, na maioria dos casos, nas seguintes associações: a) altura da plântula, aos 80 dias após a semeadura e altura e diâmetro, aos 105 dias e incremento em altura; b) altura da plântula, aos 63 dias após a semeadura e altura, aos 98 dias e incremento em altura; c) altura e diâmetro, obtidos aos 90, 98, 105, 120 e 150 dias após a semeadura (ASCENSO, 1963; VELLO, 1963; ASCENSO & BARTLEY, 1966; SOUZA et alii, 1982). As associações entre altura e diâmetro do caule aumentaram com a idade da plântula, sendo mais al-

tas, aos 150 dias após a semeadura. A utilização dos caracteres altura da plântula e diâmetro do caule foi considerada confiável em processo de seleção precoce.

Nos seguintes pareamentos entre caracteres de crescimento obtiveram-se também coeficientes de correlação positivos e significativos: a) área foliar e produção total de matéria úmida, em plântulas de cacau aos 98 dias após a semeadura (ASCENSO, 1963); b) área foliar e produção total de matéria seca, em plântulas com idade entre 28 e 168 dias (OYEBADE, 1972); c) produção total de matéria seca e altura da plântula, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, comprimento vertical da raiz pivotante, peso da matéria seca do caule e peso da matéria seca da raiz, em plântulas de até quase um ano de idade (ATANDA, 1972b); d) produção total de matéria seca e produção total de matéria úmida, em plântulas com idade entre 132 e 149 dias (DAKWA, 1977); e) área foliar e número de folhas, altura da plântula e idade, em plântulas com idade entre 14 e 154 dias (ADENIKINJU, 1977).

2.4.3. Correlação entre caracteres juvenil-adultos em cacau

Os resultados de pesquisas visando a análise do grau de associação entre caracteres juvenil-adultos em cacau são escassos na literatura especializada. Parte desses trabalhos, restringe-se a inferir, com base na aná

lise quantitativa de crescimento de plantas juvenis, sobre as possíveis relações entre comportamentos juvenil e futuro dos híbridos biclonais, cultivares e variedades de cacau.

O trabalho de ALVIM & GRANGIER JR. (1966) constitui uma das poucas investigações nesse sentido. Foi realizada análise de crescimento em plântulas provenientes de cacau Comum, Catongo e do híbrido Catongo x Comum, entre o 50º e 100º dias após a semeadura e observado que o cultivar Catongo e o citado híbrido, devido à sua capacidade para desenvolver uma superfície foliar em taxas mais rápidas do que o Comum, tinham uma maior potencialidade de rendimento do que este último. Os autores observaram, que esta conclusão estava consentânea com as observações do campo, sobre o rendimento de plantas adultas de cacau.

Com o objetivo de conhecer se a seleção juvenil interferia na produção futura da plantação, ENRIQUEZ & SORIA (1981) constituíram três grupos de plântulas de cacau, com base no diâmetro do caule, conforme a seguir: a) plântulas com caule grosso; b) plântulas com caule fino e c) plântulas com caule não selecionado ou testemunha, e as estabeleceram em campo. Os resultados de nove anos de produção, mostraram que os tratamentos (três híbridos biclonais) do grupo a, produziram, em média, quase 100 kg de cacau seco por hectare por ano, mais que os

tratamentos do grupo b (diferença não significativa) e quase 300 kg, mais que os tratamentos do grupo c, (diferença significativa). Argumenta-se que a seleção precoce para diâmetro do caule possibilita à planta competir em condições de igualdade e ter um desenvolvimento mais uniforme, desde o estabelecimento da plantação, permitindo, desse modo, a expressão completa de seu potencial genético, de acordo com as condições ambientais.

Segundo MONTE (1983), os resultados experimentais obtidos em casa de vegetação, com plântulas de quatro cultivares de cacau, entre 68 e 126 dias após a semeadura, evidenciaram índices elevados de área foliar associados a taxas crescentes de produção de matéria seca, indicando que o cacaueiro é uma planta resistente ao sombreamento. Discute-se sobre a possibilidade de elevar a produção de cacaueiros, através do aumento do índice de área foliar, desde que se forneçam condições ideais de crescimento no campo.

O grau de associação entre matéria seca acumulada na fase juvenil e produção de plantas adultas de híbridos biclonais de cacau foi determinado por ALMEIDA et alii (1987). A matéria seca total da planta foi obtida em 17 coletas realizadas em intervalos regulares de 15 dias, sendo a primeira efetuada 15 dias após a emergência. A produção, em termos de cacau úmido por planta, foi obtida de dois períodos: a) peso médio de sete anos de colheitas, pa

ra sete dos dez híbridos estudados e b) peso médio de cinco anos de colheitas, para três híbridos. A correlação entre as citadas variáveis foi baixa ($r = 0,43$) e não significativa. Os autores argumentam que a produção depende da partição de fotossintetizados na planta, entre as partes reprodutiva e vegetativa e que fatores externos como baixa temperatura, deficiência hídrica ou nutricional, dentre outros, podem limitar a força dos drenos.

A possibilidade de realizar seleção precoce em plântulas de cacau foi investigada também por TONDJE & BENGONO (1988). Foram identificados, em ensaios de campo, dois grupos de cacaueiros híbridos contrastantes, com relação à produção de frutos por planta, durante as cinco primeiras colheitas. Sob condições de viveiro, tais híbridos foram avaliados, entre a décima primeira e a vigésima semana após a semeadura, utilizando os seguintes caracteres: altura da plântula, diâmetro do caule, número de folhas e número de nódulos de crescimento. Os híbridos mais produtivos em campo apresentaram melhor crescimento juvenil e desvio-padrão relativamente menores, possibilitando estabelecer uma nítida diferença entre os dois grupos, por meio dos coeficientes de variação. As correlações entre o número médio de frutos produzidos por planta, durante as cinco primeiras colheitas e os coeficientes de variação, para os caracteres altura e diâmetro do caule das plantas juvenis, foram significativas e de sinal negativo. Recomenda-se, em

processo de seleção precoce para rendimento, utilizar materiais genéticos apresentando médias mais elevadas para crescimento apical e cambial e, ao mesmo tempo, menores coeficientes de variação.

2.5. Coeficientes de caminhamento

Na investigação de um caráter de natureza complexa como rendimento, o qual é determinado, via de regra, pela inter-relação de vários fatores, as estimativas de correlação não fornecem uma visão exata das influências diretas e indiretas de cada componente primário sobre esta variável (BHATT, 1973). Para um entendimento mais apropriado das causas de associação entre caracteres, WRIGHT (1921, 1934) propôs a análise dos coeficientes de caminhamento, que permite desdobrar os coeficientes de correlação em efeitos diretos e indiretos, uma vez que a correlação entre duas variáveis é o resultado da soma dos valores de todos os efeitos associados às duas variáveis (LI, 1977).

O coeficiente de caminhamento é definido como o produto do coeficiente de regressão parcial pela relação entre o desvio padrão de um efeito, devido a uma dada causa, e o desvio padrão total do efeito, isto é, se Y é o efeito e X a causa, o coeficiente de caminhamento da causa X para o efeito Y é $\beta_{yx} \sigma_x / \sigma_y$ (SINGH & CHAUDHARY, 1979).

Esse método, considerado como generalização

da análise de regressão parcial padronizada, consiste no estudo de um sistema de variáveis múltiplas, relacionadas linearmente, que contempla os fatores básicos (causas) e suas variáveis resultantes (efeitos). A construção de um diagrama de causa e efeito, indicando as inter-relações entre as variáveis, de acordo com a hipótese que se pretende testar, é indispensável no emprego prático do método (LI, 1956, 1977).

As seguintes propriedades do coeficiente de caminhamento foram definidas por WRIGHT (1934) e LI (1956, 1977): a) sendo um tipo de coeficiente de regressão, é direcional, pode ser positivo ou negativo e pode ser maior ou menor que a unidade; b) sendo um tipo de coeficiente de regressão padronizado, pode ser utilizado para comparar unidades diferentes; c) não tendo unidade física, se assemelha a um coeficiente de correlação e d) em algumas situações, se comporta como um coeficiente de correlação simples.

O método dos coeficientes de caminhamento tem mostrado ser um instrumento proveitoso para revelar a verdadeira natureza das inter-relações de causa e efeito, entre rendimento e seus componentes primários. Existem inúmeros trabalhos sobre a sua utilização, em várias espécies de vegetais de importância econômica, dentre os quais, os seguintes: arroz (RANGEL, 1979; MORAIS, 1980); batata (PINTO, 1979); batata-doce (MIRANDA et alii, 1988a); cevada (SHAR-

MA et alii, 1973); feijão (DUARTE & ADAMS, 1972); guaraná (NASCIMENTO FILHO, 1988); milho (VIANA et alii, 1980); pimentão (CRUZ et alii, 1988); seringueira (PAIVA et alii, 1982; VASCONCELOS, 1982); soja (ALMEIDA, 1979) e trigo (DEWEY & LU, 1959; BHATT, 1973; SOUZA, 1985; EHDAIE & WAINES, 1989). A literatura especializada não registra trabalhos dessa natureza contemplando o cacau.

× 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido na Estação Experimental Paulo Dias Morelli - ESPAM (base física da CEPLAC) em duas fases distintas de crescimento da planta: estágio adulto e estágio juvenil.

3.1. Características do local de estudo

A ESPAM situa-se no Km 100 da rodovia Transamazônica, sentido Altamira-Itaituba, município de Medicilândia, Estado do Pará, nas proximidades do ponto onde o meridiano de $52^{\circ}58'30''\text{W}$ intercepta o paralelo de $3^{\circ}30'30''\text{S}$. Dada a sua proximidade de Altamira (altitude de 80 m), as condições climáticas prevaescentes são idênticas às desta localidade, que se caracteriza pelo clima do tipo Aw da classificação de Köppen (clima tropical com temperatura média mensal sempre superior a 18°C). O regime pluviométrico compreende chuvas de verão-outono, concentrando 89% do total anual das chuvas neste período. A temperatura média anual é de $25,9^{\circ}\text{C}$, com médias das máximas e das mínimas de $30,8^{\circ}\text{C}$ e $21,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A média anual da umidade relativa do ar é de 86% (PEREIRA & RODRIGUES, 1971).

Nos Apêndices 1, 2 e 3 são apresentadas informações climatológicas obtidas no Posto Meteorológico da ESTAL, instalado aproximadamente a 2 km do local dos experimentos.

Os materiais genéticos eleitos para execução deste trabalho na fase adulta foram estabelecidos em solo classificado como terra roxa estruturada eutrófica textura muito argilosa (Tropudalf), de acordo com NEVES et alii (1981). No Apêndice 4 constam os resultados das análises químicas dos solos dos locais dos experimentos.

3.2. Estádio adulto

3.2.1. Obtenção do material experimental

Em 1977 foram produzidos no CEPEC, localizada no Km 22 da rodovia Ilhéus-Itabuna, no município de Ilhéus, Estado da Bahia, através de polinização artificial, 38 híbridos biclonais de cacau destinados ao estabelecimento de dois experimentos que objetivavam analisar o comportamento de tais híbridos nas condições edafoclimáticas da região de Altamira, Estado do Pará. Os referidos experimentos foram estabelecidos em áreas contíguas na ESTAL.

Dentre os materiais genéticos estabelecidos, foram eleitos para este trabalho 12 híbridos biclonais, sendo seis estabelecidos no experimento denominado D-1, qua-

tro no experimento denominado D-2 e dois híbridos comuns aos mesmos.

Os materiais genéticos eleitos para este trabalho estão relacionados a seguir:

Experimento D-1

1. IMC 67 x CA 4

2. POUND 7 x SIAL 505

3. POUND 7 x BE 10

4. POUND 12 x BE 10

5. PA 150 x SIC 328

6. SCA 6 x BE 10

A. IMC 67 x CATONGO (test.1)

B. SCA 6 x ICS 1 (test.2)

Experimento D-2

7. POUND 12 x SIAL 505

8. POUND 12 x SIC 329

9. PA 121 x SIC 329

10. PA 150 x BE 10

A. IMC 67 x CATONGO (test. 1)

B. SCA 6 x ICS 1 (test. 2)

Os critérios utilizados na escolha dos citados materiais genéticos consistiram, basicamente, em contemplar cruzamentos de natureza genética bastante distinta e que apresentassem melhores condições agronômicas para avaliação em campo.

No apêndice 5 são apresentadas informações sobre o significado, origem, tipo genético e compatibilidade dos cultivares utilizados nos referidos cruzamentos.

3.2.2. Instalação e manutenção dos experimentos

A instalação desses experimentos foi realizada

da em maio de 1978 adotando-se as seguintes recomendações técnicas preconizadas para a cultura do cacau na Região Amazônica: a) espaçamento de cacaueiro - 3,0 x 3,0 m e b) espaçamento do sombreamento definitivo - 24,0 x 24,0 m com uma planta na diagonal. Como sombreamento definitivo utilizou-se a *Erythrina poeppigiana* (eritrina) no experimento D-1 e a *Plathymenia foliolosa* (vinhático) no D-2. Tais sombreamentos encontravam-se irregulares, devido à morte de plantas, por ocasião da obtenção de dados deste trabalho. A manutenção dos referidos experimentos foi realizada também de acordo com as últimas informações tecnológicas (SANTOS et alii, 1980; GARCIA et alii, 1985), destacando-se: a) poda dos cacaueiros em outubro e novembro de 1987 e b) adubação química dos cacaueiros em fevereiro e junho de 1988, utilizando-se 210 gramas entre quatro plantas (9 m²) da fórmula (NPK) 11.30.17.

3.2.3. Delineamento experimental

Ambos os experimentos foram estabelecidos de acordo com o delineamento em blocos casualizados, com sete repetições e 12 plantas por parcela distribuídas em três linhas e quatro colunas. Não adotou-se bordadura entre parcelas nem entre repetições; isto foi feito somente entre os referidos experimentos e ao redor da área que compreendia os mesmos (duas filas de cacaueiros).

Antes do início da obtenção de dados deste

trabalho foi realizada, em campo, inspeção planta a planta a fim de confirmar a legitimidade genética dos materiais em estudo. Algumas plantas foram consideradas como duvidosas, ou seja, provavelmente como não pertencentes ao material genético da parcela. Tais plantas foram identificadas e não utilizadas na obtenção de dados.

3.2.4. Variáveis estudadas e suas quantificações

Os caracteres eleitos para análise e os procedimentos de obtenção são apresentados a seguir:

a) Altura do fuste do cacaueiro - foi obtida em julho de 1986, medindo-se do colo da planta até o verticilo da copa, utilizando-se régua milimétrica;

b) Diâmetro do tronco - as plantas foram marcadas previamente no tronco, a 30,0 cm do colo da planta, onde mediu-se a circunferência com fita milimétrica. Tais medidas foram obtidas no mês de julho dos anos de 1987 e 1988 e transformadas, posteriormente, para diâmetro do tronco através da fórmula $D = S/\pi$ (BEZERRA, 1971), sendo:

D: diâmetro do tronco;

S: perímetro ou circunferência do tronco;

$\pi = 3,1416$.

c) Localização do fruto na planta - independentemente de o fruto ser sadio ou inaproveitável, determinou-se sua localização na planta de acordo com a seguinte estratificação: copa e tronco;

d) Número de frutos sadios e inaproveitáveis - registrou-se planta a planta, o número de frutos sadios e inaproveitáveis. Foi considerado como inaproveitável todo fruto que apresentava sintomas de vassoura-de-bruxa (*C. perniciosa*), podridão parda [*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl.] ou outras enfermidades, como também frutos danificados por animais silvestres e apresentando sementes germinadas. Os frutos parcialmente aproveitáveis foram considerados como inaproveitáveis;

e) Peso das sementes úmidas - foi registrado planta a planta, utilizando-se balanças com graduações de 20 gramas.

As variáveis descritas nas alíneas c, d e e foram obtidas durante os anos de 1987 e 1988, em colheitas programadas quinzenalmente. No entanto, devido a fatores operacionais, realizaram-se 23 colheitas em 1987 e 18 colheitas em 1988.

Em duas épocas do ano climaticamente distintas (maio/junho e setembro/outubro ou nas proximidades destes períodos, em conformidade com a disponibilidade de frutos), realizaram-se amostragens de frutos, planta a planta, considerando-se mínimo de dois frutos e máximo de cinco frutos, e obtiveram-se as seguintes variáveis: f) peso dos frutos; g) número de sementes por fruto e h) peso de 50 sementes secas. Essas épocas climaticamente distintas compreenderam: i) maio/junho - período cujos frutos colhi-

dos desenvolveram-se tendo excedente hídrico e ii) setembro/outubro - período cujos frutos colhidos desenvolveram-se tendo déficit hídrico.

Os procedimentos adotados para a amostragem são descritos a seguir:

f) Peso dos frutos - nas colheitas quinzenais realizadas nos períodos de amostragem, retirou-se ao acaso, evitando-se, contudo, frutos imperfeitos por danos físicos ou mecânicos, mínimo de dois frutos ou máximo de cinco frutos por planta, conforme a disponibilidade, e registrou-se o peso individual desses, utilizando-se balança com graduações de 0,1 grama;

g) Número de sementes por fruto - dos frutos eleitos para a amostragem registrou-se, individualmente, o número de sementes normais e defeituosas (chochas, mal formadas e achatadas);

h) Peso de 50 sementes secas - desses frutos amostrados, retiraram-se, ao acaso, 50 sementes normais por planta, determinou-se o peso da matéria úmida, e, posteriormente, o peso da matéria seca. Esta última variável foi determinada após a retirada da mucilagem das sementes com o uso de liquidificador e posterior secagem em estufa de circulação de ar quente a 150°C, durante 24,0 horas (BAEZ, 1984), utilizando-se para isso balança com graduações de 0,1 grama.

As variáveis obtidas através da amostragem foram registradas durante os períodos retromencionados no decorrer dos anos de 1987 e 1988.

Além dessas variáveis citadas, outros caracteres de interesse para o melhorista de cacau foram gerados com base nos dados obtidos, conforme a seguir:

i) Peso das sementes úmidas por fruto - calculado através da relação peso das sementes úmidas por planta: número de frutos sadios por planta;

j) Peso das sementes secas por fruto - determinado pela multiplicação entre peso das sementes úmidas por fruto e fator de conversão, sendo o produto dividido por 100;

k) Peso das sementes secas por planta - obtido pela multiplicação entre peso das sementes úmidas por planta e fator de conversão, sendo o produto dividido por 100;

l) Peso individual da semente úmida - estimado através da relação peso das sementes por fruto: número de sementes normais por fruto;

m) Índice de semente - calculado através da relação peso das sementes secas: número de sementes amostradas (geralmente 50);

n) Índice de fruto - obtido através da relação $1.000 : \text{peso das sementes secas por fruto}$;

o) Fator de conversão do peso das sementes úmidas para peso da matéria seca das sementes ou simplesmente, fator de conversão - determinado através da relação $(100 \cdot \text{peso das sementes secas}) : \text{peso de 50 sementes úmidas}$;

p) Produto utilizável em relação ao fruto - estimado através da relação $(100 \cdot \text{peso das sementes secas por fruto}) : \text{peso do fruto}$.

As variáveis descritas nas alíneas f, g, m, n e o representam a média dos dois períodos do ano climaticamente distintos, já mencionados e aquelas descritas nas alíneas j, k, l e p foram obtidas utilizando-se a média anual das variáveis geradoras.

3.3. Estádio juvenil

3.3.1. Obtenção do material experimental

Em 1987 foram produzidos no CEPEC, através de polinização artificial, os híbridos biclonais mencionados no sub-item 3.2.1. e posteriormente estabelecidos na ESPAM, em viveiro com cobertura de tela Saran, com capacidade pa-

ra interceptar aproximadamente 50% de luz.

Devido a problemas de ordem operacional, o híbrido biclonal IMC 67 x CATONGO (test. 1) não pôde ser reproduzido, sendo substituído pelo híbrido IMC 67 x SIC 802. Como o clone SIC 802 originou-se de seleção feita em população S_1 , resultante de autofecundação do cultivar CATONGO (VELLO et alii, 1972), o qual é considerado como apresentando elevado grau de homozigose (VELLO et alii, 1969), pressupõe-se que a referida substituição é bem próxima geneticamente do cruzamento IMC 67 x CATONGO.

3.3.2. Instalação e condução do experimento em viveiro

As sementes de cada híbrido, após remoção da mucilagem através de fricção com pó-de-serra seco, foram dispostas em 20.03.88, em sacos de polietileno (uma semente por saco) de dimensões de 21,0 cm de altura por 36,0 cm de circunferência, previamente cheios de terriço (média de 2,42 kg de terriço por saco) e arrumados separadamente para evitar competição entre mudas. O referido terriço, obtido da camada superficial de solo, foi peneirado e enriquecido, homogeneamente, com a incorporação de esterco curtido de curral. Os resultados da análise química desse substrato são apresentados no Apêndice 4.

Entre parcelas, foi mantida a distância de 50,0 cm e entre plântulas dentro da parcela, conforme a se

guir: 6,0 cm aos três meses; 10,0 cm aos quatro meses; 12,5 cm aos cinco meses e 17,5 cm aos seis meses. Para isto, ao final de cada avaliação, as plântulas de bordadura foram deslocadas para as proximidades das demais plântulas da parcela.

Adotaram-se os tratos culturais rotineiros previstos para esta fase de desenvolvimento das plântulas (SANTOS et alii, 1980; GARCIA et alii, 1985).

3.3.3. Delineamento experimental

O experimento foi estabelecido de acordo com o delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, apresentando quatro repetições e 72 plântulas por parcela, dispostas em oito colunas e nove linhas. As plântulas das laterais constituíram bordadura (30 plântulas) e as centrais as plântulas úteis da parcela (42 plântulas).

As 42 plântulas úteis da parcela foram subdivididas em quatro grupos com nove plântulas cada, sendo as demais mantidas para alguma eventualidade.

As avaliações foram realizadas em quatro épocas: aos 93, 125, 156 e 186 dias após a semeadura, respectivamente, nos meses de junho, julho, agosto e setembro de 1988, em torno do dia 20 de cada mês. Na ocasião da primeira avaliação, 99,4% das plântulas apresentavam-se sem cotilédones.

Todas as parcelas foram adequadamente codificadas no viveiro.

3.3.4. Variáveis estudadas e suas quantificações

Os seguintes caracteres foram eleitos para avaliação:

a) Altura total da plântula (ALTP) - foi determinada da base da plântula ao nível do solo até o ápice, utilizando-se régua milimétrica;

b) Diâmetro do caule (DIAC) - na altura do eixo cotiledonar da plântula foi determinado o diâmetro, utilizando-se paquímetro;

c) Área foliar (AF) - foi avaliada retirando-se 100 discos do limbo foliar por plântula de maneira aleatória, através de punções feitas com o uso de um perfurador de folhas de área conhecida ($0,8825 \text{ cm}^2$) (REIS & MULLER, 1979). Esses discos e o restante das folhas foram levados à estufa, à temperatura de 70°C até peso constante. O peso da matéria seca dos discos de área conhecida relacionado com o peso da matéria seca total da folha forneceu a área foliar da plântula em estudo. As pesagens foram realizadas em balanças com graduações de 1,0 mg.

d) Peso da matéria seca total da plântula (PMST) - inicialmente, o substrato contido nos sacos de po

lietileno foi saturado com água, a fim de permitir a soltura do sistema radicular. Para facilitar esse processo, tais recipientes foram cortados longitudinalmente e o bloco de terriço contendo as raízes foi submetido a jatos de água, até a retirada da terra aderida ao sistema radicular. Em seguida, as raízes, caule e folhas foram seccionadas e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel devidamente etiquetados. O peso da matéria seca total de cada plântula foi determinado após submeter essas partes à secagem em estufa a uma temperatura de aproximadamente 70°C durante 72,0 horas (SANTANA et alii, 1985). As pesagens foram realizadas em balanças com graduações de 1,0 mg.

A obtenção do peso da matéria seca e da área foliar permitiram calcular as seguintes variáveis importantes na análise de crescimento da planta (LUCCHESI, 1984):

e) Índice de área foliar (IAF) - foi determinado através da fórmula:

$$IAF = AF/S;$$

sendo,

AF: área foliar da planta, em dm²;

S : área de solo disponível à planta, em dm².

f) Taxa de assimilação líquida (TAL) - foi obtida através da equação:

$$TAL = (P_2 - P_1) / (A_2 - A_1) \cdot (\ln A_2 - \ln A_1) / (t_2 - t_1), \quad \text{em} \\ \text{mg.dm}^2.\text{dia}^{-1}$$

sendo,

P_2 : peso da matéria seca total do vegetal colhido na segunda amostragem;

P_1 : peso da matéria seca total do vegetal colhido na primeira amostragem;

A_2 : área foliar do vegetal no tempo t_2 ;

A_1 : área foliar do vegetal no tempo t_1 ;

t_2 e t_1 : dias da segunda e primeira amostragens, respectivamente ($t_2 - t_1$: número de dias decorridos entre as duas amostragens);

g) Taxa de crescimento relativo (TCR) - foi calculada através da equação:

$$TCR = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1), \text{ em } \text{mg.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$$

Os significados dos termos dessa equação são os mesmos descritos na equação da taxa de assimilação líquida (TAL);

h) Taxa de produção de matéria seca (TPMS) - foi obtida através da equação:

$$TPMS = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1) \cdot (1/S), \text{ em } \text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$$

Termos já definidos anteriormente.

i) Razão ou relação de área foliar (RAF) - foi determinada através da fórmula (CALLAGHAN & LEWIS, 1971):

$$RAF = (A_1 + A_2) / (P_1 + P_2) \cdot (1/2), \text{ em } \text{cm}^2.\text{g}^{-1}$$

Termos já definidos anteriormente.

As variáveis descritas nas alíneas a, b, c, d, e e, foram avaliadas nas épocas já mencionadas e, aquelas apresentadas nas alíneas f, g, h e i, constituem informações referentes ao intervalo de tempo entre as citadas épocas.

3.4. Análises estatístico-genéticas

3.4.1. Análises da variância para plantas adultas e juvenis

As análises da variância dos caracteres em estudo em plantas adultas foram realizadas separadamente com médias de parcelas por planta, unidade esta utilizada também na área de Engenharia Florestal (KAGEYAMA, 1980, 1983), de acordo com os procedimentos do SAS (1985), para análise conjunta de experimentos em blocos casualizados, com alguns tratamentos comuns. Antes, porém, foi testada a homogeneidade dos quadrados médios residuais entre os experimentos, considerando-se a relação $QM_1/3QM_2$, sendo QM_1 o maior e QM_2 o menor dos quadrados médios dos erros dos experimentos individuais (GOMES, 1985). Para todos os caracteres em estudo, nos dois anos de obtenção de dados, os valores encontrados nesta relação foram menores que a unidade, permitindo que a análise conjunta fosse efetuada, conforme o citado autor.

O esquema de análise da variância (ANAVA) encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Esquema da ANAVA conjunta de experimentos em blocos casualizados com alguns tratamentos comuns.

F.V.	GL	QM	F
Experimentos (E)	$g-1$	Q_1	Q_1/Q_5
Blocos/E	$g(r-1)$	Q_2	Q_2/Q_5
Tratamentos (ajustados)	$\sum z_i + c-1$	Q_3	Q_3/Q_5
Interação Trat.comuns x E	$(c-1)(g-1)$	Q_4	Q_4/Q_5
Resíduo	$g(r-1)(c-1) + \sum z_i(r-1)$	Q_5	-
TOTAL	$(gc + \sum z_i)r-1$		

z = número de tratamentos regulares;

c = número de tratamentos comuns.

Tabela 2. Esquema de ANAVA conjunta de experimentos em blocos casualizados com alguns tratamentos comuns, em diferentes anos.

F.V.	GL	QM	F
Blocos/E/A	$gq(r-1)$	Q_1	Q_1/Q_9
Experimento (E)	$g-1$	Q_2	Q_2/Q_9
Anos de colheita (A)	$q-1$	Q_3	Q_3/Q_9
E x A	$(g-1)(q-1)$	Q_4	Q_4/Q_9
Tratamentos Ajustados (T)	$\sum z_i + c-1$	Q_5	Q_5/Q_9
T x A	$(\sum z_i + c-1)(q-1)$	Q_6	Q_6/Q_9
Tratamentos comuns (Tc) x E	$(c-1)(g-1)$	Q_7	Q_7/Q_9
Tc x E x A	$(c-1)(g-1)(q-1)$	Q_8	Q_8/Q_9
Resíduo	$gq(r-1)(c-1) + \sum z_i q(r-1)$	Q_9	-
TOTAL	$(gc + \sum z_i)qr-1$	-	-

Como a obtenção de dados em plantas adultas contemplou os anos de 1987 e 1988, foram realizadas análises da variância conjunta, considerando-se os dois anos de colheita especificados (STEEL & TORRIE, 1980).

O esquema de ANAVA encontra-se na Tabela 2.

Para os dados obtidos em plantas juvenis, os esquemas das análises da variância, com as esperanças dos quadrados médios $E(QM)$, aos níveis de plantas individuais e de médias de parcelas por planta são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 3 e 4.

Os tratamentos foram considerados como de efeitos fixos devido ao fato de representarem materiais genéticos previamente selecionados, não possuindo uma população de referência. A mesma situação considerou-se para o efeito de épocas (fase juvenil), pois estes constituem um conjunto fixo, de utilização restrita para o período em estudo, não podendo-se extrapolar os resultados para outros períodos do ano.

Os testes foram aplicados de acordo com os esquemas apresentados nas Tabelas 1 a 4. Para comparação das médias de tratamento, utilizaram-se os testes de Tukey para a fase juvenil e de Comparação Múltipla de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (RYAN, 1960; EINOT & GABRIEL, 1975; WELSCH, 1977) para a fase adulta, ambos aos níveis de 5% de probabilidade.

Tabela 3. Esquema de ANAVA, a nível de plantas individuais, de experimentos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e as esperanças dos quadrados médios [E(QM)], considerando-se fixos os efeitos de tratamentos e épocas.

Fontes de Variação	GL	QM	E (QM)	F
Blocos	r-1	Q ₁	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + en\sigma_e^2 + ten\sigma_b^2$	Q ₁ /Q ₃
Tratamentos (T)	t-1	Q ₂	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + en\sigma_e^2 + ren V_T$	Q ₂ /Q ₃
Erro (a)	(r-1)(t-1)	Q ₃	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + en\sigma_e^2$	
Parcela	rt-1	-		
Épocas (E)	e-1	Q ₄	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + trn V_E$	Q ₄ /Q ₆
E x T	(e-1)(t-1)	Q ₅	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + rn V_{ET}$	Q ₅ /Q ₆
Erro (b)	t(r-1)(e-1)	Q ₆	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2$	
Dentro	t e r(n-1)	Q ₇	σ_d^2	
Subparcela	ntr (e-1)	-		
TOTAL	ntr nte r-1	-	-	-

Tabela 4. Esquema de ANAVA, a nível de médias de parcelas por planta, de experimentos em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo e as esperanças dos quadrados médios $[E(QM)]$, considerando-se fixos os efeitos de tratamentos e épocas.

Fontes de Variação	GL	QM	$E(QM)$	F
Blocos	$r-1$	Q_1	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2 + e\sigma_e^2 + te\sigma_e^2$	Q_1/Q_3
Tratamentos (T)	$t-1$	Q_2	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2 + e\sigma_e^2 + re V_T$	Q_2/Q_3
Erro (a)	$(r-1)(t-1)$	Q_3	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2 + e\sigma_e^2$	
Parcela	$rt-1$			
Épocas (E)	$e-1$	Q_4	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2 + tr V_E$	Q_4/Q_6
E x T	$(e-1)(t-1)$	Q_5	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2 + r V_{ET}$	Q_5/Q_6
Erro (b)	$t(r-1)(e-1)$	Q_6	$\sigma_D^2/n + \sigma_e^2$	
TOTAL	$rte-1$	-	-	-

3.4.2. Estimativas dos componentes de variância e parâmetros afins

Devido à inexistência de artigos científicos sobre a derivação das esperanças matemáticas dos quadrados médios para delineamento em blocos casualizados com alguns tratamentos comuns, a obtenção das estimativas dos componentes de variâncias para plantas adultas, foi efetuada à semelhança do procedimento utilizado por COMSTOCK & ROBINSON (1948) para estimar variâncias dentro de grupos de tratamentos (no caso, experimentos).

Foram obtidas as seguintes estimativas:

a) Variância devida ao efeito fixo de tratamentos:

$$\hat{V}_T = \frac{QM_{Trat}/E - QM_{Resíduo}/E}{r}$$

$$\text{sendo, } QM_{Trat}/E = \frac{\sum SQ_{Trat}/E_i}{\sum GL_{Trat}} \text{ e } QM_{Resíduo}/E = \frac{\sum SQ_{Resíduo}/E_i}{\sum GL_{Resíduo}}$$

b) Coeficiente de determinação genotípica para médias de tratamentos:

$$\hat{b}_m = \frac{\hat{V}_T}{\hat{V}_T + \frac{\hat{\sigma}^2}{r}}$$

sendo, r o número de repetições e $\hat{\sigma}^2$, o $QM_{Resíduo}/E$

O parâmetro $\hat{V}_T$ não representa uma estimativa conjunta como no modelo aleatório, mas sim, uma média pondera

da de variâncias de dois conjuntos fixos. O coeficiente de determinação genotípica ($\hat{b}_m$) foi empregado como sendo comparável ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo (h^2) (SERA, 1980; ANUNCIAÇÃO FILHO, 1988), devido aos efeitos de tratamentos serem fixos.

As seguintes estimativas de parâmetros foram também obtidas:

a) Coeficiente de variação genética:

$$CV_g\% = (\sqrt{\hat{V}_T} \cdot 100) / \bar{x}$$

b) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e\% = (\sqrt{Q_5} \cdot 100) / \bar{x}$$

sendo, $\bar{x}$ a estimativa da média do caráter em avaliação.

Para os caracteres obtidos de plantas individuais no estágio juvenil, estimaram-se os desvios padrões fenotípicos médios dentro de parcelas de cada híbrido biclinal, a partir das variâncias entre plantas dentro de repetições ponderadas pelo número de plantas existentes dentro de cada parcela, assim como, os coeficientes de variação experimental aos níveis de parcela ($CV_{ea}\%$) e subparcela ($CV_{eb}\%$), conforme a seguir:

$$CV_{ea}\% = (\sqrt{Q_3} \cdot 100) / \bar{x}$$

$$CV_{eb}\% = (\sqrt{Q_6} \cdot 100) / \bar{x}$$

3.4.3. Correlações fenotípicas, ambientais e genotípicas

Visando conhecer o grau de associação dentro do grupo de caracteres obtidos na fase adulta, com o objetivo de racionalizar a obtenção de dados no programa de melhoramento genético do cacaueiro, estimaram-se os coeficientes de correlações fenotípicas, ambientais e genotípicas.

As estimativas das covariâncias foram obtidas a partir dos quadrados médios da análise da soma de dois caracteres ($x + y$). Foram calculadas covariâncias fenotípica, genotípica e ambiental. Procedeu-se conforme a metodologia preconizada por MODE & ROBINSON (1959) e KEMPTHORNE (1973).

A variância da soma de duas variáveis quaisquer (x e y) é igual à variância de x mais a variância de y , mais duas vezes a covariância de xy , conforme a seguir:

$$V(x+y) = V(x) + V(y) + 2COV(x,y)$$

Isolando $COV(x,y)$, tem-se:

$$COV(x,y) = \frac{V(x+y) - V(x) - V(y)}{2}$$

Segundo MODE & ROBINSON (1959), os produtos médios têm a mesma esperança dos quadrados médios respectivos, bastando substituir os componentes de variância (das

esperanças dos quadrados médios) pelos componentes de covariância respectivos (nas esperanças dos produtos médios).

As estimativas das correlações fenotípicas foram obtidas conforme a seguir:

$$r_F = \hat{C}OV_F(x,y) / [\hat{V}_F(x) \cdot \hat{V}_F(y)]^{1/2}$$

sendo, $\hat{C}OV_F(x,y)$ o produto médio de tratamentos para os caracteres x e y , e

$\hat{V}_F(x)$ e $\hat{V}_F(y)$ os quadrados médios de tratamentos para os caracteres x e y , respectivamente.

Os coeficientes de correlação ambiental foram calculados pela expressão:

$$r_E = \hat{C}OV_E(x,y) / [\hat{V}_E(x) \cdot \hat{V}_E(y)]^{1/2}$$

sendo, $\hat{C}OV_E(x,y)$ o produto médio do erro entre os caracteres x e y , e

$\hat{V}_E(x)$ e $\hat{V}_E(y)$ os quadrados médios do erro para os caracteres x e y , respectivamente.

As estimativas das correlações genotípicas foram obtidas pela expressão:

$$r_G = \hat{C}OV_G(x,y) / [\hat{V}_G(x) \cdot \hat{V}_G(y)]^{1/2}$$

sendo, $\hat{C}\hat{O}V_G(x,y)$ a covariância genotípica para os caracteres x e y , obtida por $[\hat{C}\hat{O}V_F(x,y) - \hat{C}\hat{O}V_E(x,y)]/r$;

$\hat{V}_G(x)$ a variância genotípica para o caráter x , obtida por $[\hat{V}_F(x) - \hat{V}_E(x)]/r$;

$\hat{V}_G(y)$ a variância genotípica para o caráter y , obtida por $[\hat{V}_F(y) - \hat{V}_E(y)]/r$ e

r o número de repetições.

3.4.4. Análises pelos coeficientes de caminhamento

O método dos coeficientes de caminhamento (WRIGHT, 1921, 1934) foi utilizado para o desdobramento das correlações genotípicas obtidas em plantas adultas, em componentes de efeitos diretos e indiretos.

Foram estabelecidos três diagramas causais, mostrando as inter-relações entre as variáveis envolvidas. Em dois diagramas (Figuras 1 e 2), estabeleceu-se o peso das sementes secas por planta (kg), como uma variável determinada por nove e quatro outras variáveis, respectivamente. No segundo diagrama (Figura 2), por exemplo, considerou-se o peso das sementes secas por planta (kg), como uma variável determinada pelos principais componentes de produção, a saber (SORIA, 1977, 1978): a) número de frutos por planta; b) número de sementes por fruto; c) peso das sementes secas por fruto e d) índice de semente. No ter-

1 - Peso das sementes secas por planta (kg)	4 - Índice de semente (g)
2 - Nº de frutos sadios por planta	5 - Peso das sementes secas por fruto (g)
3 - Nº de sementes por fruto	x - Variável residual independente

Figura 2. Diagrama do sistema de causas e efeitos, em que, 2,3..., 5 são causas correlacionadas de 1 e x uma variável residual independente.

ceiro diagrama (Figura 3), o peso das sementes secas por fruto foi considerado como um caráter determinado pelo peso do fruto, número de sementes por fruto, índice de sementes e fator de conversão.

Nos diagramas apresentados, as setas unidirecionais representam a influência direta de cada variável sobre o peso das sementes secas por planta (Figuras 1 e 2) ou sobre o peso das sementes secas por fruto (Figura 3), cuja magnitude e direção são fornecidas pelos coeficientes de caminhamento (P_{ij}). As setas bidirecionais mostram a interdependência dos componentes de produção, sendo a intensidade e o sentido fornecidos pelos coeficientes de correlação (r_{ij}) entre esses componentes. A variável x , não correlacionada com as demais, é incluída no diagrama para representar os fatores residuais, permitindo, assim, a completa determinação dos efeitos.

As correlações entre o peso das sementes secas por planta e cada um dos componentes de produção foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos, pela resolução do sistema de equações, apresentado a seguir para o diagrama contido na Figura 2, utilizando cálculo matricial:

$$r_{12} = P_{21} + r_{23}P_{31} + r_{24}P_{41} + r_{25}P_{51}$$

$$r_{13} = r_{23}P_{21} + P_{31} + r_{34}P_{41} + r_{35}P_{51}$$

$$r_{14} = r_{24}P_{21} + r_{34}P_{31} + P_{41} + r_{45}P_{51}$$

$$r_{15} = r_{25}P_{21} + r_{35}P_{31} + r_{45}P_{41} + P_{51}$$

1 - Peso das sementes secas por
fruto (g)
2 - Peso do fruto (g)
3 - Número de sementes
por fruto

4 - Índice de semente (g)
5 - Fator de conversão
x - Variável residual
independente

Figura 3. Diagrama do sistema de causas e efeitos, em que 2, 3, ..., 5 são causas correlacionadas de 1 e x uma variável residual independente.

Na forma matricial, pode ser representado co
mo:

$$\begin{bmatrix} r_{12} \\ r_{13} \\ r_{14} \\ r_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{23} & 1 & r_{34} & r_{35} \\ r_{24} & r_{34} & 1 & r_{45} \\ r_{25} & r_{35} & r_{45} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{21} \\ p_{31} \\ p_{41} \\ p_{51} \end{bmatrix}$$

Ou ainda:

$$\begin{bmatrix} p_{21} \\ p_{31} \\ p_{41} \\ p_{51} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & r_{23} & r_{24} & r_{25} \\ r_{23} & 1 & r_{34} & r_{35} \\ r_{24} & r_{34} & 1 & r_{45} \\ r_{25} & r_{35} & r_{45} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} r_{12} \\ r_{13} \\ r_{14} \\ r_{15} \end{bmatrix}$$

Nas equações apresentadas anteriormente, o componente p_{i1} mede o efeito direto do caráter i sobre o peso das sementes secas por planta, enquanto o componente $r_{ij}p_{j1}$ mede o efeito indireto do caráter i sobre o peso das sementes secas por planta, via o caráter j .

Utilizando-se os efeitos diretos e indiretos, inclusive o efeito residual (p_{x1}), obteve-se a equação de determinação total (LI, 1956, 1975) apresentada a seguir, a fim de estimar quanto da variação do caráter peso das sementes secas por planta foi determinada pelos efeitos con-

juntos dos quatro componentes primários de produção:

$$1 = p_{x1}^2 + p_{21}^2 + p_{31}^2 + p_{41}^2 + p_{51}^2 + 2p_{21}r_{23}p_{31} + 2p_{21}r_{24}p_{41} + \\ 2p_{21}r_{25}p_{51} + 2p_{31}r_{34}p_{41} + 2p_{31}r_{35}p_{51} + 2p_{41}r_{45}p_{51}$$

sendo:

$$p_{21}^2 + p_{31}^2 + \dots + 2p_{41}r_{45}p_{51} = R_1^2 (2, 3, 4 \text{ e } 5)$$

e

$R_1^2 (2, 3, 4 \text{ e } 5)$ = coeficiente de determinação múltipla do peso das sementes secas por planta pelos componentes primários.

Os efeitos não explicados pelos componentes primários de produção (efeito residual) foram obtidos conforme a seguir:

$$p_{x1}^2 = [1 - R_1^2 (2, 3, 4 \text{ e } 5)]$$

Os citados procedimentos estatísticos foram utilizados também para o diagrama apresentado na Figura 3. Com referência ao diagrama da Figura 1, os sistemas de equações, assim como, a equação de determinação são mostrados no Apêndice 6.

3.4.5. Seleção precoce para produção com base em caracteres quantitativos de crescimento em plantas juvenis

Com o objetivo de verificar a possibilidade do emprego de seleção precoce em plantas juvenis de cacau para a produção de sementes úmidas na fase adulta, utilizaram-se combinações de oito caracteres avaliados na fase de viveiro (ALTP, DIAC, PMST, IAF, TAL, TCR, RAF e TPMS) e o peso das sementes úmidas por planta (PSUP) na fase adulta. Admitiram-se que os valores da variável PSUP (variável dependente) eram função linear das citadas variáveis juvenis (variáveis independentes).

Foi empregada a seguinte equação de regressão linear múltipla (STEEL & TORRIE, 1980):

$$\bar{Y}_i = a + b_1 \bar{X}_{1i} + b_2 \bar{X}_{2i} + b_3 \bar{X}_{3i} + b_4 \bar{X}_{4i} + b_5 \bar{X}_{5i} + b_6 \bar{X}_{6i} + b_7 \bar{X}_{7i} + b_8 \bar{X}_{8i} + \bar{e}_i$$

em que $\bar{Y}_i$ refere-se às médias ajustadas do caráter PSUP nos anos de 1987 e 1988, para nove híbridos biclonais, dos 12 avaliados nesta pesquisa; $\bar{X}_{1i}$, $\bar{X}_{2i}$, $\bar{X}_{3i}$, $\bar{X}_{4i}$ representam as médias de quatro fases juvenis das variáveis ALTP, DIAC, PMST e IAF, respectivamente; $\bar{X}_{5i}$, $\bar{X}_{6i}$, $\bar{X}_{7i}$ e $\bar{X}_{8i}$ correspondem às médias de três períodos juvenis dos caracteres TAL, TCR, RAF e TPMS, respectivamente. As citadas fases juvenis de avaliação foram devidamente registradas no sub-item 3.3.4.

Como a resolução do sistema de equações só é possível quando o número de observações da amostra é maior do que o número de parâmetros a serem estimados, considerou-se o máximo de sete variáveis juvenis para proceder-se as análises estatísticas.

As equações de regressão múltipla foram obtidas utilizando-se o método passo a passo, com eliminação de variáveis, de acordo com STEEL & TORRIE (1980). Obtiveram-se também, os coeficientes de determinação (R^2) e os coeficientes de determinação ajustados para graus de liberdade (R^2_{aj}), conforme HOFFMANN & VIEIRA (1983). Adicionalmente, foi realizado um teste para a falta de ajustamento, por meio da estatística F obtida pela relação entre o quadrado médio do desvio da regressão e o quadrado médio do resíduo obtido na análise da variância conjunta, envolvendo todos os híbridos nos dois anos de avaliação, conforme apresentado na Tabela 2.

As melhores equações de regressão múltipla foram identificadas pelos valores de R^2_{aj} e, com base nessas equações, estimou-se o PSUP para cada tratamento avaliado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estádio adulto

4.1.1. Análises da variância

Os dados originais das variáveis obtidas nos anos de 1987 e 1988 foram submetidos ao teste F Máximo, ao nível de 5% de probabilidade, visando testar a homogeneidade da variância do erro experimental. O referido teste mostrou que as variâncias dos dados originais de alguns caracteres provavelmente não eram homogêneas. Utilizando-se o método de Tukey (BARBOSA, s.d.), o qual verifica o tipo de transformação mais apropriado, obtiveram-se as seguintes indicações para mudança de escala dos dados analisados, as quais, predominantemente, são pouco usuais em trabalhos dessa natureza: $\log X$, $X^{10,5}$, X^6 , X^2 , $X^{0,66}$, $X^{0,5}$ e $1/X$. Evidenciaram, também, que para as mesmas variáveis, as transformações indicadas para os dados obtidos em 1987 foram diferentes daquelas indicadas para os dados obtidos em 1988. Diante do exposto, optou-se por realizar as análises estatísticas com os dados não transformados. Contudo, verifica-se a necessidade de uma investigação específica sobre o

assunto em foco, contemplando dados de diferentes caracteres obtidos em uma série de experimentos e anos.

Os resultados das análises da variância como blocos casualizados, com alguns tratamentos comuns, são apresentados nas Tabelas 5 e 6, para o ano de 1987 (exceto altura do fuste, obtida em 1986), na Tabela 7, para 1988 e na Tabela 8, para a análise conjunta dos referidos anos.

Observa-se que para o ano de 1987 foram analisados 15 caracteres e para 1988 apenas seis. Isto deveu-se à inexistência ou baixa disponibilidade de frutos na ocasião das amostragens realizadas, sobretudo no segundo semestre de 1988, fato este que frustrou a obtenção de dados das demais variáveis.

Tanto nas análises individuais da variância como nas análises conjuntas, considerando diferentes anos, evidencia-se que todos os caracteres em estudo mostraram diferenças estatísticas ($P < 0,1$) entre os híbridos biclonais, indicando a existência de considerável variabilidade no conjunto estudado. Tais resultados eram esperados, tendo em vista as diversas origens geográficas dos clones progenitores (Apêndice 5).

A inexistência de interação entre tratamentos comuns x experimentos (TRAT.COM. x E), indica que os tratamentos comuns se comportaram de maneira semelhante em ambos os experimentos, sugerindo que, possivelmente, o mesmo ocorreu com os tratamentos regulares (Tabelas 5 a 8).

Tabela 5. Valores dos quadrados médios obtidos para o caráter ALTf referente a análise da variância do ano de 1986 e para os caracteres PSUP, PSSP, PSUF, PSSF, PISU, INSE e NFCP, referentes a análises da variância do ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Fontes de Variação	GL	ALTf ^{b/}	PSUP	PSSP	PSUF ^{c/}	PSSF	PISU	INSE	NFCP
Experimentos (E)	1	48,5646ns	0,0182ns	0,0016ns	35,2100ns	19,0915ns	0,0539ns	0,0205*	0,0800ns
Blocos/E	12	359,9155**	1,4309ns	0,2365*	39,2500ns	9,3777ns	0,0381ns	0,0030ns	174,2521**
Tratamentos (Al.)	11	663,3366**	6,7810**	0,8351**	1255,3000**	208,4582**	0,6510**	0,0432**	957,2035**
Trat. Com. x E	1	5,5650ns	0,0187ns	0,0007ns	7,8200ns	0,3202ns	0,0500ns	0,0006ns	1,6689ns
Resíduo	72	146,5773	0,7669	0,1126	38,7400	8,0996	0,0529	0,0040	60,5128
CvE (%)	-	9,2	18,9	19,4	5,0	6,1	7,8	6,2	17,5
Média geral	-	130,99	4,64	1,73	123,81	46,36	2,94	1,02	44,38
Unidade	-	cm	kg	kg	g	g	g	g	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ Valores referentes a julho de 1986.

c/ Valores dos quadrados médios multiplicados por 10⁶.

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns Não significativo.

Tabela 6. Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres NFSP, NSFR, FTCV, PSFR, INFR, DIAT, PFCC e PUFR, referentes a análises da variância do ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Fontes de Variação	GL	NFSP	NSFR	FTCV	PSFR	INFR	DIAT ^{b/}	PFCC	PUFR
Experimentos (E)	1	3,2595ns	0,7679ns	3,3419ns	51,6909ns	3,9488ns	1,2954ns	38,7621ns	0,5220ns
Blocos/E	12	102,4458ns	8,7326ns	8,1917ns	3290,3253*	6,6158*	0,6960ns	15,8651ns	1,3945*
Tratamentos (AJ.)	11	569,4129**	84,1128**	11,7391**	25924,6921**	55,7802**	6,9034**	51,1498**	4,7359**
Trat. Com. x E	1	0,0570ns	4,2975ns	1,4704ns	14,9943ns	3,4686ns	0,2704ns	15,8710ns	0,0066ns
Resíduo	72	62,8067	5,5198	1,5573	1509,2347	3,4597	0,3972	12,6956	0,7341
CVe (%)	-	20,1	5,6	3,3	7,6	7,8	4,5	4,1	9,3
Média Geral	-	39,39	42,26	37,44	507,98	23,78	13,88	86,04	9,21
Unidade	-	-	-	-	g	-	cm	-	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ Valores referentes a julho de 1987.

*,** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns Não significativo.

Tabela 7. Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres PSUP, PSUF, NFSP, NFCC, DIAT e PFCC, referentes a análises da variância do ano de 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Fontes de Variação	GL	PSUP	PSUF ^{b/}	NFCP	NFSP	DIAT ^{c/}	PFCC
Experimentos (E)	1	2,1326ns	4,4800ns	217,3208ns	159,9235ns	2,4931*	44,7246*
Blocos/E	12	0,9973ns	43,3300ns	121,3274ns	138,0336ns	0,6490ns	9,0511ns
Tratamentos (AJ.)	11	11,1793**	1171,1700**	1896,4755**	1573,6293**	7,1661**	72,6490**
Trat. Com. x E	1	0,4589ns	0,00001ns	34,7281ns	36,0862ns	0,2897ns	11,9122ns
Resíduo	72	0,6678	36,7500	97,5025	88,4705	0,4876	9,7092
CVe (%)	-	18,0	6,0	18,9	19,7	4,9	3,4
Média Geral	-	4,55	100,92	52,20	47,69	14,11	90,31
Unidade	-	kg	g	-	-	cm	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ Valores dos quadrados médios multiplicados por 10⁶.

c/ Valores referentes a julho de 1988.

*,** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns Não significativo.

Tabela 8. Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres PSUP, PSUF, NFSP, NFPC, DIAT e PFCC, referentes a análises da variância conjunta dos anos de 1987 e 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Fontes de Variação	GL	PSUP	PSUF ^{b/}	NFCP	NFSP	DIAT	PFCC
Blocos/E/A	24	1,2141*	41,2900ns	147,7897*	120,2397ns	0,6725ns	12,4581ns
Experimento (E)	1	1,2725ns	7,2900ns	104,5321ns	104,4228ns	3,6913**	83,3802**
Anos (A)	1	1,0489ns	24398,3900**	2349,3176*	2672,0781**	2,2396*	913,4594**
E x A	1	0,8784ns	32,4100ns	112,8687ns	58,7602ns	0,0972ns	0,1066ns
Tratamentos Aj. (T)	11	17,0140**	2317,0800**	2632,0486**	1907,4729**	14,0540**	108,0155**
T x A	11	0,9463ns	109,3900**	221,6305**	235,5693**	0,0155ns	15,7834ns
Trat. Com. (Tc) x E	1	0,3314ns	3,8100ns	25,8114ns	19,5053ns	0,5599ns	27,6414ns
Tc x E x A	1	0,1462ns	4,0200ns	10,5856ns	16,6379ns	0,0002ns	0,1417ns
Resíduo	144	0,7174	37,7400	79,0076	75,6386	0,4424	11,2024
GVe (%)	-	18,4	5,5	18,4	20,0	4,8	3,8
Média Geral	-	4,59	112,36	48,29	43,54	13,99	88,18
Unidade	-	kg	g	-	-	cm	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ Valores dos quadrados médios multiplicados por 10⁶.

*,** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns Não Significativo.

O teste F revelou valores significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade para as variáveis peso das sementes úmidas por fruto (PSUF), número de frutos colhidos por planta (NFCP), número de frutos sadios por planta (NFSP) e proporção de frutos colhidos na copa (PFCC), considerando-se o efeito de anos (Tabela 8). Os menores valores observados para as médias dos híbridos, com relação à primeira variável citada e às maiores magnitudes apresentadas pelas demais variáveis, no ano de 1988 (Tabela 11) foram os fatores responsáveis por estes resultados.

Obtiveram-se interações significativas ($P < 0,01$) para tratamentos x anos (Tabela 8), com referência aos caracteres PSUF, NFCP e NFSP, evidenciando que os híbridos biclonais avaliados apresentaram comportamentos diferenciados, para as variáveis citadas, nos anos contemplados neste estudo. Como esta interação implica em algumas mudanças na classificação dos híbridos de um ano para outro (Tabelas 9 e 11), tal fato pode se constituir em um componente complicador para o melhorista, caso realize seleção com base em análises de anos individuais. Para minimizar este problema, BARTLEY (1968) utilizou médias de grupos de anos para eliminar algumas variações entre anos sucessivos e fornecer uma avaliação mais apropriada das alterações de produção de plantas individuais e MARIANO & CARLETO (1985) recomendaram proceder a avaliação de variedades de cacau, com base em dados bienais de produção, quando os genótipos

já tiverem alcançado sua maturidade fisiológica.

Os coeficientes de variação experimental ($CV_e\%$), para a maioria dos caracteres em estudo foram consideravelmente baixos, variando de 3,3 % a 9,3 %, o que evidencia uma boa precisão experimental. Apenas as variáveis peso das sementes úmidas por planta (PSUP), peso das sementes secas por planta (PSSP), número de frutos colhidos por planta (NFCP) e número de frutos sadios por planta (NFSP) apresentaram valores entre 17,5 % e 20,1 %. Tais magnitudes devem ser decorrentes do fato de que as plantas que constituem uma dada progênie híbrida de cacau não têm a mesma identidade genética. Quando a avaliação do caráter foi realizada nos dois anos de experimentação, os coeficientes foram muito semelhantes entre si, provavelmente um indicativo de que as plantas alcançaram sua maturidade fisiológica, uma vez que existem evidências de que os $CV_e\%$, para alguns caracteres componentes de rendimento, diminuem, progressivamente, com o aumento da idade dos cacaueiros (VELLO et alii, 1972). De modo geral, com base em outros resultados experimentais (VELLO et alii, 1972; PEREIRA et alii, 1987; MARIANO et alii, 1988), apesar das diferenças com relação ao tamanho das parcelas, número de repetições e de materiais genéticos avaliados, diversidade das populações, dentre outros fatores, os valores encontrados podem ser considerados dentro dos limites aceitáveis de experimentação com cacaueiros.

4.1.2. Avaliação agronômica dos híbridos biclonais

As médias ajustadas (exceto testemunhas) para os caracteres avaliados nos 12 híbridos biclonais contemplados neste estudo são apresentadas nas Tabelas 9 e 10, para o ano de 1987 (exceto altura do fuste, obtida em 1986) e na Tabela 11, para 1988, assim como, os resultados do teste de Comparação Múltipla de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (RYAN, 1960; EINOT & GABRIEL, 1975; WELSCH, 1977), ao nível de 5% de probabilidade. A opção por este teste de comparação múltipla, neste caso, se deveu às facilidades computacionais disponíveis na ocasião. Trata-se de um teste eficiente, com utilização promissora no futuro.

Observa-se que as diferenças entre médias alcançaram significância para todas as variáveis consideradas, sendo os comentários pertinentes apresentados a seguir:

a) Caracteres relacionados à planta

O caráter altura do fuste (ALTF) (Tabela 9) apresentou uma amplitude de variação de 114,24 cm, para o híbrido IMC 67 x CA 4, a 142,01 cm, para o cruzamento POUND 12 x SIC 329; as diferenças entre tratamentos foram de pequenas magnitudes. Deve-se frisar que o cacaueiro atinge o pleno desenvolvimento do fuste, à idade aproximada de 12 a 18 meses, quando se verifica a morte ou interrupção da atividade meristemática da gema terminal (CHARRIER,

Tabela 9. Médias ajustadas (exceto testemunhas) para o caráter ALTf, referente ao ano de 1986 e para os caracteres PSUP, PSSP, PSUF, PSSF, PISU, INSE, NFSP e NFSP^{a/}, referentes ao ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de caucau^{b/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos biclonais	ALTf	PSUP	PSSP	PSUF	PSSF	PISU	INSE	NFCP	NFSP
PA 121 x SIC 329	140,14 a	5,35 ab	1,96 ab	128,19 bcd	47,20 cde	3,26 a	1,04 abcd	45,51 bcd	44,05 abc
PA 150 x SIC 328	125,68 abc	3,68 c	1,36 c	130,19 bcd	47,94 bcde	3,24 a	1,07 abc	29,70 f	28,91 d
PA 150 x BE 10	122,73 abc	3,56 c	1,35 c	120,81 de	45,87 def	3,18 a	1,11 ab	32,94 ef	31,05 cd
ROUND 7 x SIAL 505	141,36 a	5,97 a	2,24 a	132,67 bc	49,59 abcd	3,04 ab	1,05 abcd	50,96 abc	46,84 ab
ROUND 7 x BE 10	136,42 ab	4,32 bc	1,61 bc	136,11 ab	50,55 abc	3,24 a	1,14 a	38,33 cdef	32,67 cd
ROUND 12 x SIAL 505	132,53 abc	4,44 bc	1,73 abc	108,66 fg	42,28 fg	2,57 c	0,95 d	50,19 abc	43,20 abc
ROUND 12 x SIC 329	142,01 a	4,42 bc	1,70 abc	104,57 g	39,99 g	2,51 c	0,95 d	50,55 abc	43,65 abc
ROUND 12 x BE 10	118,22 bc	4,03 bc	1,54 bc	114,03 ef	43,73 efg	2,80 bc	1,02 bcd	44,26 bcde	37,60 bcd
SCA 6 x BE 10	127,06 abc	4,48 bc	1,58 bc	100,37 g	35,10 h	2,58 c	0,85 e	56,10 ab	46,19 ab
TNC 67 x CA 4	114,24 c	3,61 c	1,32 c	144,11 a	52,66 ^a a	3,26 a	0,99 cd	27,34 f	25,44 d
ENC 67 x CATONDO S/	125,64 abc	4,36 bc	1,71 abc	132,38 bc	51,99 ab	2,73 bc	1,03 bcd	37,32 def	34,31 bcd
SCA 6 x ICS 1 S/	141,12 a	6,15 a	2,23 a	124,44 cd	45,05 def	3,04 ab	1,03 bcd	60,36 a	51,62 a
Unidade	cm	kg	kg	g	g	g	g	-	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ As médias assinaladas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Comparação Múltipla de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, ao nível de 5% de probabilidade.

c/ Testemunhas.

1969). Portanto os dados obtidos em 1986 (oitavo ano após a implantação) correspondem, provavelmente, à expressão do referido caráter, ainda na fase jovem dos cacaueiros.

As tabelas 10 e 11 revelam que o diâmetro do tronco (DIAT) variou de 12,40 a 15,33 cm, em 1987, e de 12,67 a 15,74 cm, em 1988, para os cruzamentos POUND 12 x BE 10 e PA 150 x SIC 328, respectivamente. Os maiores incrementos em crescimento cambial foram registrados para os híbridos POUND 7 x BE 10 (2,92%), PA 150 x SIC 328 (2,67%) e POUND 12 x BE 10 (2,18%), enquanto os menores foram para PA 121 x SIC 329 (0,91%) e POUND 12 x SIAL 505 (0,98%).

As variáveis número de frutos colhidos por planta - NFCP (produção potencial) e número de frutos sadios por planta - NFSP (produção real) foram mais expressivas, em 1987 (Tabela 9), para os híbridos SCA 6 x ICS 1, SCA 6 x BE 10, POUND 7 x SIAL 505, POUND 12 x SIC 329, POUND 12 x SIAL 505 e PA 121 x SIC 329, enquanto IMC 67 x CA 4 e PA 150 x SIC 328 expressaram os menores valores. No ano de 1988 (Tabela 11), os melhores desempenhos foram registrados para SCA 6 x ICS 1 e SCA 6 x BE 10, e dentre os menos produtivos, IMC 67 x CA 4 e PA 150 x SIC 328. A maior produção de frutos em 1988 foi decorrente, possivelmente, da realização de poda em outubro e novembro de 1987, a qual tem como um dos objetivos a obtenção de um índice de área foliar que permita um máximo de fotossíntese líquida no dossel dos cacaueiros (HUTCHEON, 1977a). O baixo número de

Tabela 10. Médias ajustadas (exceto testemunhas) para os caracteres NSFR, FTCV, PSFR, INFR, DIAT, PFCC e PUFR^{a/}, referentes ao ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{b/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos biclonais	NSFR	FTCV	PSFR	INFR	DIAT	PFCC	PUFR
PA 121 x SIC 329	39,48 de	36,80 bcd	442,05 cd	24,90 bc	14,33 b	81,18 cd	10,82 a
PA 150 x SIC 328	40,33 cde	36,77 bcd	541,58 ab	23,94 bcd	15,33 a	87,06 ab	8,87 cde
PA 150 x BE 10	38,18 e	37,99 abc	563,11 a	24,09 bcd	14,22 bc	88,26 ab	8,17 de
ROUND 7 x SJAL 505	43,84 bc	37,39 abc	481,90 bc	21,93 cde	14,17 bc	84,89 abcd	10,32 ab
ROUND 7 x BE 10	42,07 bcde	37,25 abc	557,16 a	21,36 de	12,69 d	87,58 ab	9,12 bcde
ROUND 12 x SJAL 505	42,34 bcd	38,91 a	426,30 cd	25,09 b	13,32 cd	82,80 bcd	10,00 abc
ROUND 12 x SIC 329	41,65 bcde	38,31 ab	418,82 d	25,55 b	13,25 cd	79,91 d	9,55 abcd
ROUND 12 x BE 10	40,78 bcde	38,37 ab	533,04 ab	24,20 bcd	12,40 d	88,46 ab	8,22 de
SCA 6 x BE 10	39,04 de	34,96 d	446,15 cd	30,36 a	12,60 d	89,04 a	7,92 e
INC 67 x CA 4	44,39 b	36,53 bcd	577,26 a	22,44 bcde	14,78 ab	86,10 abc	9,17 bcde
INC 67 x CATONCO ^{c/}	48,70 a	39,26 a	576,49 a	20,18 e	13,93 bc	85,55 abcd	9,08 bcde
SCA 6 x ICS 1 ^{c/}	41,09 bcde	36,21 cd	485,69 bc	24,32 bcd	14,71 ab	89,10 a	9,34 bcde
Unidade	g	g	g	g	cm	g	g

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ As médias assinaladas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Comparação Múltipla de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, ao nível de 5% de probabilidade.

c/ Testemunhas.

Tabela 11. Médias ajustadas (exceto testemunhas) para os caracteres PSUP, PSUF, NFSP, PSUP, PSUF, NFSP, NFSP, DIAT e PFCC^{a/}, referentes ao ano de 1988, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{b/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos biclonais	PSUP	PSUF	NFSP	DIAT	PFCC
PA 121 x SIC 329	4,68 b	98,43 d	52,29 cd	14,46 bc	87,06 de
PA 150 x SIC 328	4,06 b	103,46 cd	42,30 d	15,74 a	94,64 a
PA 150 x BE 10	3,46 b	97,01 d	39,46 d	14,46 bc	94,25 a
POUND 7 x SIAL 505	5,94 a	117,10 ab	61,79 bc	14,41 bc	89,70 abcde
POUND 7 x BE 10	3,85 b	120,96 a	37,91 d	13,06 de	86,59 de
POUND 12 x SIAL 505	3,91 b	87,70 e	54,23 bcd	13,45 cde	88,82 bcde
POUND 12 x SIC 329	3,62 b	85,59 e	47,90 cd	13,40 cde	85,18 e
POUND 12 x BE 10	3,58 b	100,71 cd	42,20 d	12,67 e	91,72 abcd
SCA 6 x BE 10	4,52 b	74,73 f	68,53 ab	12,80 e	92,70 abc
INC 67 x CA 4	4,22 b	115,36 ab	40,53 d	15,01 ab	90,38 abcd
INC 67 x CATONGO 5/	4,02 b	108,44 bc	41,14 d	14,10 bcd	88,20 cde
SCA 6 x ICS 15/	6,89 a	97,46 d	80,70 a	14,92 ab	93,45 ab
Unidade	kg	g	-	cm	-

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ As médias assinaladas pela mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste de Comparação Múltipla de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch, ao nível de 5% de probabilidade.

c/ Testemunhas.

frutos colhidos no híbrido IMC 67 x CA 4 pode ser atribuído ao fato de que seus progenitores são auto-incompatíveis (vide Apêndice 5) e que, provavelmente, existam limitações no processo de fertilização cruzada entre os indivíduos de sua progênie. LOCKWOOD (1977) registrou diferenças de produtividade em cacau, quando comparou grupos de plantas autocompatíveis, auto-incompatíveis com maior restrição de cruzamento compatível e auto-incompatíveis com mais independência de compatibilidade cruzada. As alterações ocorridas na classificação dos híbridos para as referidas variáveis foram decorrentes de interações significativas ($P < 0,01$) entre tratamentos x anos (Tabela 8), conforme já registrado.

As diferenças entre NFCP e NFSP expressam a quantidade de frutos inaproveitáveis registrada durante o ano, a qual é apresentada na Tabela 12, em percentagem. Verifica-se que, em média, as perdas ocorridas em 1988 (7,93%), foram inferiores às registradas em 1987 (10,22%), contudo, seis híbridos biclonais, dos 12 avaliados, evidenciaram maior percentagem de perda, em 1988. Os resultados obtidos são insuficientes para se discorrer sobre os prováveis fatores que interferiam no comportamento diferencial dos híbridos, quanto à variável em foco, uma vez que a mesma totalizou frutos que apresentavam sintomas de vassoura-de-bruxa (*C. perniciosa*), podridão parda (*P. palmivora*) e outras enfermidades, assim como, frutos danificados por animais silvestres e apresentando sementes germinadas.

Tabela 12. Totais obtidos para peso das sementes úmidas (PSU), número de frutos colhidos (NFC) e número de frutos sadios (NFS) e percentagem de frutos inaproveitáveis (% FI), nos anos de 1987 e 1988, referentes a 12 híbridos biclonais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos	1987				1988			
	PSU (Kg)	NFC	NFS	% FI	PSU (Kg)	NFC	NFS	% FI
Biclonais								
PA 121 x SIC 329	436,60	3.664	3.567	2,65	379,98	4.217	4.068	3,53
PA 150 x SIC 328	306,38	2.442	2.394	1,97	335,69	3.484	3.334	4,30
PA 150 x BE 10	283,90	2.509	2.416	3,71	271,17	3.048	2.934	3,74
POUND 7 x SIAL 505	478,56	4.023	3.729	7,31	474,58	4.911	4.345	11,52
POUND 7 x BE 10	349,73	3.054	2.623	14,11	302,78	2.962	2.586	12,69
POUND 12 x SIAL 505	335,95	3.597	3.161	12,12	288,12	3.909	3.409	12,79
POUND 12 x SIC 329	346,62	3.829	3.350	12,51	282,76	3.676	3.376	8,16
POUND 12 x BE 10	305,28	3.160	2.752	12,91	268,16	3.093	2.797	9,57
SCA 6 x BE 10	366,81	4.511	3.737	17,16	367,36	5.509	5.100	7,42
INC 67 x CA 4	246,14	1.825	1.721	5,70	285,32	2.722	2.510	7,79
INC 67 x CATONGO	630,33	5.195	4.853	6,58	569,76	5.768	5.453	5,46
SCA 6 x ICS 1	990,79	9.616	8.277	13,92	1.103,66	12.927	11.856	8,28
TOTAL GERAL	5.077,09	47.425	42.580	10,22 ^a /	4.929,34	56.226	51.768	7,93 ^a /

a/ Valores referentes à média geral.

A determinação da localização dos frutos colhidos na planta permitiu gerar a variável proporção de frutos colhidos na copa - PFCC (Tabelas 10 e 11), a qual revelou existir variabilidade no conjunto em estudo. Em média, 86,04% e 90,31% dos frutos colhidos nos diferentes híbridos, nos anos de 1987 e 1988 (Tabelas 6 e 7), respectivamente, foram provenientes da copa dos cacaueiros; a relação frutos produzidos na copa: frutos produzidos no tronco foi de 6,46 e 9,32, nos citados anos. Os maiores valores registrados para 1988 foram decorrentes, seguramente, do maior número de frutos produzidos no referido ano, o qual foi 18,6% superior ao de 1987 (Tabela 12). Este citado incremento representou um acréscimo de frutos produzidos na copa de 24,4%, em relação ao ano de 1987, muito embora tenha sido 100% dependente da localização na copa. Isto significa, possivelmente, que acréscimos de rendimento em cacau, devem ser dependentes também do potencial genético da planta em produzir maior quantidade de frutos na copa.

Em termos fisiológicos, a maior expressividade da produção de frutos na copa dos cacaueiros, decorre, obviamente, da existência na copa de maior disponibilidade de superfície de tecidos nos ramos plagiotrópicos para emissão de almofadas florais. Contudo, sua expressão apresenta elevado controle genético (ver estimativas de $\bar{b}_m$ na Tabela 14), indicando possíveis progressos por seleção. A pouca variabilidade genética disponível, evidencia-

da pelas baixas estimativas dos coeficientes de variação genética (Tabela 14), demonstra que o conjunto estudado talvez não seja muito favorável à seleção, para o caráter em foco, considerando-se o tempo e os custos que seriam dispendidos em relação ao ganho genético obtido. Provavelmente, uma análise, contemplando uma amostragem maior e mais representativa de híbridos biclonais de cacau, venha revelar melhores perspectivas de seleção para o citado caráter.

As variáveis ALTF e PFCC assumem especial relevância para a cacauicultura da Amazônia brasileira, em virtude dos custos elevados do controle cultural da vassoura-de-bruxa (*C. perniciosa*), principal enfermidade da região. A remoção de tecidos infectados pelo citado patógeno é facilitada, sobremaneira, nas plantas mais baixas. Por outro lado, proporcionalmente, maior perda de frutos ocorre no tronco do cacaueiro (ANDEBRHAN, 1985). Depreende-se, pois, que o programa de melhoramento genético do cacaueiro na Amazônia brasileira deverá ser direcionado, dentre outros objetivos, no sentido de selecionar genótipos, híbridos ou variedades com menor altura de fuste e maior capacidade produtiva na copa.

Observando-se as Tabelas 9 e 11, verifica-se que os híbridos biclonais revelaram diferenças distintas com relação ao peso das sementes úmidas por planta (PSUP) e peso das sementes secas por planta (PSSP). Os híbridos SCA 6 x ICS 1 e POUND 7 x SIAL 505 evidenciaram comporta-

mento superior para PSUP, nos dois anos de avaliação, enquanto o cruzamento PA 121 x SIC 329, o foi, somente, no ano de 1987. Com relação à variável PSSP, obtida apenas em 1987, além dos mencionados cruzamentos, POUND 12 x SIAL 505, POUND 12 x SIC 329 e IMC 67 x CATONGO mostraram, também, supremacia de desempenho. Na comparação entre os melhores cruzamentos para NFSP e PSSP (Tabela 9), observa-se que SCA 6 x BE 10 não se destacou para a última citada variável, a qual é de maior interesse para o agricultor e IMC 67 x CATONGO não mostrou bom desempenho para produção de frutos, a qual equivaleu a 61,82% do maior valor médio (SCA 6 x ICS 1). O cruzamento IMC 67 x CATONGO compensou o menor número de frutos produzidos, revelando maior expressão, em relação ao SCA 6 x BE 10 (diferenças significativas), para peso do fruto, número de sementes por fruto, peso das sementes secas por fruto, índice de semente e fator de conversão (Tabelas 9 e 10), variáveis estas que contribuíram, seguramente, para elevar o seu PSSP.

Outra observação interessante refere-se ao acréscimo de 18,6% na produção de frutos em 1988 (Tabela 12), que não contribuiu para elevar a média geral do PSUP, o qual foi de 4,64 kg/planta, em 1987, e de 4,55 kg/planta, em 1988 (Tabelas 5 e 7). O caráter peso das sementes úmidas por fruto (PSUF) revelou também, em 1988, um decrêscimo de 18,5%, em relação ao valor da média geral para 1987.

Tais fatos devem ser decorrentes, possivel-

mente, dos seguintes fatores: i) elevada competição interna entre frutos por fotossintetizados - 76,9% da produção potencial de frutos obtida em 1987, ocorreram no período de março a julho, enquanto em 1988, 89,2% desta produção, foram obtidas de junho a setembro. Verifica-se, portanto, que no ano de 1988, um volume expressivo da produção concentrou-se num período relativamente curto, propiciando o estabelecimento de elevada competição entre frutos por fotossintetizados e, em decorrência, a redução do PSUF e do PSUP (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977b). O deslocamento do maior volume de frutos, em 1988, para o citado período (junho a setembro), pode ser atribuído à ocorrência de baixa precipitação pluviométrica nos últimos meses de 1987 (Apêndice 2), uma vez que a distribuição de chuvas é o principal fator responsável pelas diferenças no ciclo de produção em cacau (ALVIM, 1977). Na região de Altamira, a distribuição das colheitas parece se relacionar com a distribuição de chuvas de cinco meses atrás (ALVIM, 1988). A análise da Figura 4 revela, que a percentagem de frutos colhidos no mês de junho foi mínima (1,2%). Isto deveu-se, não à inexistência de frutos maduros nos cacaueiros, mas à não realização de colheita neste período, devido a problemas operacionais na ESPAM. Este fato constituiu-se na segunda causa para elevar a competição entre frutos por fotossintetizados. Os frutos colhidos no citado mês, referem-se à amostragem realizada, a qual representa, via de re-

FIGURA 4. Variações sazonais do número de frutos colhidos e peso das sementes úmidas por fruto para 12 híbridos bionômicos de cacau e relação entre evapotranspiração real (E_{tr}) e evapotranspiração potencial (E_{tp}) para a Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

gra, uma pequena fração da colheita mensal. Portanto parte da produção potencial registrada para o mês de agosto de 1988 (59,2%) deveria ter sido colhida no mês anterior. Os registros das colheitas mostraram que no período de junho a setembro de 1988 realizaram-se, apenas, quatro colheitas, ao invés das oito programadas. As colheitas de agosto e setembro foram feitas com intervalos de 46 e 33 dias, respectivamente, e não com intervalos de 15 dias, conforme programado. Fica evidente, que no mês de agosto os cacauzeiros foram submetidos a um esforço fisiológico excessivo, no sentido de manter frutos já amadurecidos, maduros e em crescimento. O reflexo de tal situação pode ser melhor observado na Figura 4, através da redução do PSUF médio nos meses de agosto, setembro e outubro, sobretudo neste último, quando ocorreu um decréscimo de 67,3%, em relação à média geral (Tabela 7). Os frutos colhidos em outubro, encontravam-se, no mês de agosto, em idade aproximada de 75 a 105 dias, fase esta de maior incremento diário em peso de matéria seca do fruto, segundo HUTCHEON (1977b); ii) baixa disponibilidade hídrica no solo no período de maior volume de produção - na Figura 4 verifica-se, que no período de junho a setembro de 1988 a relação entre evapotranspiração real (E_{tr}) e evapotranspiração potencial (E_{tp}) atingiu baixas magnitudes, sobretudo nos meses de agosto e setembro. O referido fator, denominado de índice de rendimento vegetativo, expressa o débito da planta em relação

ao seu desenvolvimento ideal, e, quanto mais próximo da unidade, tanto mais próxima das condições ideais de crescimento e desenvolvimento, se encontra a planta (OMETTO, 1974, 1981). Durante o ano de 1987, os cacaueiros foram submetidos também, às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo, no entanto, a redução no PSUF, não foi tão acentuada quanto em 1988. Este fato pode ser atribuído à realização periódica das colheitas. O efeito de fatores sazonais sobre o PSUF foi investigado também por WESSEL & TOXOPEUS (1969) e TOXOPEUS & WESSEL (1970).

A constatação de decréscimos tão expressivos no PSUF, e, em decorrência, no rendimento de cacau seco/ha/ano, conduz à conjectura de que a irrigação das plantações de cacau estabelecidas no eixo da Rodovia Transamazônica, trecho Altamira-Itaituba, onde se desenvolve o pólo cacaueiro regional, no período de baixa disponibilidade hídrica no solo, poderá propiciar melhor rendimento de cacau seco para o agricultor. Obviamente, esta hipótese necessita de investigação apropriada.

b) Caracteres relacionados ao fruto

O caráter peso do fruto (PSFR) evidenciou uma amplitude de variação de 426,30 a 577,26 g, em 1977, para os cruzamentos POUND 12 x SIAL 505 e IMC 67 x CA 4, respectivamente (Tabela 10).

A comparação entre as variáveis PSFR e PSUF (Tabelas 9 e 10) mostra que nos híbridos com maiores magnitudes para PSFR, 76,8% deste peso corresponderam à casca (pericarpo) e placenta central, enquanto nos cruzamentos com valores mais baixos para o citado caráter, esta proporção foi inferior. Contudo SCA 6 x BE 10 apresentou baixa magnitude para PSFR e uma das maiores proporções de casca e placenta central (77,5%), fato este que deve ter contribuído, possivelmente, para a baixa magnitude de seu PSSP (Tabela 9).

Com relação ao número de sementes por fruto (NSFR) (Tabela 10), registraram-se valores extremos de 38,18 e 48,70 sementes por fruto, para os híbridos PA 150 x BE 10 e IMC 67 x CATONGO respectivamente, evidenciando a existência de considerável variabilidade entre os materiais genéticos estudados. Outras pesquisas têm revelado que este caráter é um dos mais variáveis em cacau (ENRIQUEZ & SORIA, 1966; JACOB & ATANDA, 1973).

As Tabelas 9 e 11 mostram que existiram diferenças significativas entre os híbridos avaliados, para peso das sementes úmidas por fruto (PSUF) e peso das sementes secas por fruto (PSSF). Os híbridos POUND 7 x BE 10 e IMC 67 x CA 4 apresentaram as médias mais elevadas para o primeiro caráter e se destacaram também, para a segunda variável, juntamente com IMC 67 x CA 4 e POUND 7 x SIAL 505, em 1987. Observando-se as médias referentes para o ano de

1988, percebe-se a expressiva redução ocorrida para o PSUF, em todos os híbridos considerados (Tabela 11). Tal situação pode ser decorrente da elevada competição interna entre frutos por fotossintetizados e da baixa disponibilidade hídrica no solo no período de maior volume de produção, conforme já discutido anteriormente, através da Figura 4.

A variável fator de conversão - FTCV (Tabela 10) estima diretamente o rendimento de matéria seca existente num certo volume de produto comercial úmido, obtido a nível de área ocupada, planta, fruto ou semente. Indiretamente, dá uma idéia da proporção de polpa mucilagínosa presente no volume considerado. A referida variável explica a razão de os melhores híbridos para os caracteres relacionados ao produto comercial úmido, não manterem o mesmo desempenho para os caracteres relacionados ao produto comercial seco, ou vice-versa. A Tabela 9 ilustra bem esta situação. Verifica-se pela Tabela 10, que o caráter em questão é bastante variável e que o híbrido SCA 6 x BE 10 apresentou média de mais baixa magnitude.

O índice de fruto (INFR), aqui definido como o número de frutos necessários para constituir um quilo de cacau seco, revelou a existência de diferenças significativas no conjunto avaliado. O cruzamento IMC 67 x CATONGO apresentou a menor média (20,18) e SCA 6 x BE 10, o maior valor (30,36). Com base nesta variável e no PSFR médio, observa-se que o primeiro híbrido necessitou de 11,63 kg de matéria fresca de frutos, para produzir um quilo de cacau

seco, enquanto o segundo híbrido, para a mesma função, utilizou 13,55 kg. Em termos fisiológicos, tais resultados parecem indicar que as plantas de SCA 6 x BE 10 deverão requerer, possivelmente, maior suprimento alimentar para produzir um quilo de cacau seco, em relação às plantas de IMC 67 x CATONGO, além de exigirem mais mão-de-obra para as colheitas e transporte dos frutos.

Na análise do caráter produto utilizável por fruto - PUFR (Tabela 10), observa-se que existe expressiva variação entre os materiais genéticos em estudo. Esta variável dá uma indicação, em percentagem, da quantidade de produto comercial seco utilizado, em relação ao PSFR, quantidade, esta, que pode ser interpretada também, como produto utilizável por planta ou híbrido biclonal. As maiores médias foram obtidas pelos híbridos PA 121 x SIC 329, POUND 7 x SIAL 505, POUND 12 x SIAL 505 e POUND 12 x SIC 329.

c) Caracteres relacionados à semente

Com relação aos caracteres relacionados à semente, a presente pesquisa contemplou apenas o peso individual da semente úmida (PISU) e o índice de semente - INSE (Tabela 9). Para ambas variáveis, as diferenças entre híbridos biclonais foram significativas. Os melhores híbridos para PISU revelaram médias superiores a 3,0 g, enquanto os melhores para INSE, apresentaram valores acima de 1,03 g. As médias dos cruzamentos IMC 67 x CA 4, POUND 12 x SIAL 505, POUND 12

x SIC 329 e SCA 6 x BE 10, para INSE foram inferiores a um grama, valor, este, desaconselhável comercialmente, devido as exigências das indústrias chocolateiras. Deve-se ressaltar ainda, que os efeitos sazonais observados sobre o PSUP e PSUF e discutidos anteriormente (Figura 4), devem ter interferido também sobre o INSE, no ano de 1988, reduzindo os valores médios dos híbridos em questão, conforme já observado em outras pesquisas (WESSEL & TOXOPEUS, 1969; TOXOPEUS & WESSEL, 1970; ARE & ATANDA, 1972).

Em síntese, considerando-se, conjuntamente, os componentes de produção mais importantes (PSSP, NFSP, PSSF, INSE e NSFR), a avaliação agronômica revelou que, dos 12 híbridos biclonais em estudo, os melhores desempenhos foram observados para os cruzamentos POUND 7 x SIAL 505, SCA 6 x ICS 1, PA 121 x SIC 329 e IMC 67 x CATONGO, sobretudo para os dois primeiros citados. A nível experimental, os híbridos POUND 7 x SIAL 505 e SCA 6 x ICS 1 revelaram um potencial produtivo superior a 2.700 kg de cacau seco/ha/ano, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m, enquanto PA 121 x SIC 329 e IMC 67 x CATONGO mostraram um potencial de rendimento acima de 1.900 kg. Observando-se também o PSUP médio referente aos anos de 1987 e 1988, a nível de plantas individuais, verificou-se, em todas as progênies híbridas avaliadas, excetuando-se IMC 67 x CATONGO, a existência de plantas de baixíssima produção (médias inferiores a 1 kg de cacau úmido por planta) e que os cruzamentos POUND 7 x

SIAL 505 e SCA 6 x ICS 1 apresentaram as maiores percentagens de plantas de elevada capacidade produtiva (médias entre 9,79 e 16,76 kg de cacau úmido por planta), respectivamente 10,3 e 15,1%. Tais plantas foram responsáveis, em média, por 20,6 e 26,1% da produção de cacau úmido dos citados cruzamentos, confirmando as observações de ESQUIVEL & SORIA (1967), que o alto rendimento de híbridos biclonais de cacau está associado a maior percentagem de plantas de elevada produção. Tais constatações parecem indicar a condição de elevada heterosigozidade da maioria dos progenitores envolvidos.

4.1.3. Estimativas de parâmetros genéticos

As estimativas dos coeficientes de variação genética ($CV_g\%$), das variâncias do erro experimental dentro de experimento (σ^2_e), das variâncias devido ao efeito fixo de tratamentos ($\hat{V}_T$) e dos coeficientes de determinação genotípica para médias de tratamentos ($\hat{b}_m$) são apresentadas na Tabela 13 para os caracteres avaliados apenas em 1987 e na Tabela 14, para os caracteres obtidos nos anos de 1987 e 1988.

As estimativas dos $CV_g\%$, as quais indicam a quantidade de variabilidade genética entre os materiais avaliados, em relação às médias populacionais, variaram de 2,62% a 29,36%. É sabido que a efetiva seleção de genótipos só é possível quando esse tipo de variação estiver presente. Apenas os caracteres ALTF, INSE, FTCV, DIAT e PFCC,

Tabela 13. Estimativas obtidas para coeficientes de variação genética ($CV_g\%$), variância do erro experimental dentro de experimento ($\hat{\sigma}^2_e$), variância devida ao efeito fixo de tratamentos ($\hat{V}_T$) e coeficientes de determinação genotípica para médias de tratamentos ($\hat{b}_m$), referentes ao caráter ALTF no ano de 1986 e aos caracteres PSSP, PSSF, PISU, INSE, NSFR, FTCV, PSFR, INFR e PUFR no ano de 1987, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

PARÂMETROS	ALTF	PSSP	PSSF	PISU	INSE
$CV_g\%$	6,20	17,66	11,12	9,52	6,86
$\hat{\sigma}^2_e$	146,5720	0,1126	8,0708	0,0529	0,0044
$\hat{V}_T$	65,9979	0,0933	26,5700	0,0783	0,0049
$\hat{b}_m$	0,7591	0,8529	0,9584	0,9120	0,8863

PARÂMETROS	NSFR	FTCV	PSFR	INFR	PUFR
$CV_g\%$	7,59	3,08	11,10	11,01	7,79
$\hat{\sigma}^2_e$	5,5199	1,5570	1.509,2361	3,4597	0,7341
$\hat{V}_T$	10,2773	1,3328	3.179,4544	6,8515	0,5154
$\hat{b}_m$	0,9287	0,8570	0,9365	0,9327	0,8309

^{a/} Vide simbologia no Apêndice 7.

Tabela 14. Estimativas obtidas para coeficientes de variação genética ($CV_g\%$), variância do erro experimental dentro de experimento ($\hat{\sigma}^2_e$), variância devida ao efeito fixo de tratamentos ($\hat{V}_T$) e coeficientes de determinação genotípica para métodos de tratamentos ($\hat{b}_m$), referentes aos caracteres DIAT, PSUP, NFCP, NFSP, PSUF e PFCC, em plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Data de im plantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Parâ- metros	DIAT			PSUP		
	1987	1988	$\bar{X}:1987/88$	1987	1988	$\bar{X}:1987/88$
$CV_g\%$	6,64	6,62	6,63	19,02	25,76	22,60
$\hat{\sigma}^2_e$	0,3972	0,4877	0,4424	0,7669	0,6678	0,7174
$\hat{V}_T$	0,8505	0,8722	0,8613	0,7787	1,3740	1,0763
$\hat{b}_m$	0,9375	0,9260	0,9316	0,8767	0,9351	0,9131

Parâ- metros	NFCP			NFSP		
	1987	1988	$\bar{X}:1987/88$	1987	1988	$\bar{X}:1987/88$
$CV_g\%$	24,34	29,36	27,46	20,56	29,20	26,16
$\hat{\sigma}^2_e$	60,5131	97,5019	79,0075	62,8066	88,4703	75,6384
$\hat{V}_T$	116,7229	234,8331	175,7780	65,5944	193,8620	129,7282
$\hat{b}_m$	0,9310	0,9440	0,9397	0,8797	0,9388	0,9231

Parâ- metros	PSUF			PFCC		
	1987	1988	$\bar{X}:1987/88$	1987	1988	$\bar{X}:1987/77$
$CV_g\%$	10,18	12,06	11,03	2,62	3,18	2,93
$\hat{\sigma}^2_e$	38,7455	36,7487	37,7471	12,6910	9,7083	11,1996
$\hat{V}_T$	158,9383	148,1182	153,5282	5,0765	8,2679	6,6722
$\hat{b}_m$	0,9663	0,9658	0,9661	0,7368	0,8564	0,8066

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

dos 16 em avaliação apresentaram valores inferiores a 7%. Na ausência de informações sobre este parâmetro com cacau, utilizou-se o referencial 7%, por ser considerado o limite mínimo adequado em pesquisas com milho (LIMA & PATERNIA NI, 1977; ZIMBACK, 1985; SANTOS & NASPOLINI FILHO, 1986). Deste modo, as estimativas obtidas superiores a 7% devem indicar a presença suficiente de variabilidade genética para os caracteres em foco nos híbridos avaliados, especialmente para as variáveis PSUP, PSSP, NFCP e NFSP, consideradas entre os componentes primários de produção (SORIA, 1977, 1978), as quais apresentaram os maiores $CV_g\%$ (entre 17,66% e 29,36%). Observa-se, também, que excetuando-se o DIAT, dos caracteres avaliados em 1988 (Tabela 14), os demais apresentaram valores de $CV_g\%$ superiores às estimativas referentes ao ano de 1987, variando esta superioridade de 1,18 e 1,42 vezes. Os maiores $CV_g\%$ para as variáveis PSUP e PSUF, no ano de 1988, podem ser atribuídos às médias de menor expressão, no referido ano (Tabelas 5 e 7), enquanto os maiores $CV_g\%$ para NFCP, NFSP e PFCC (maiores médias em 1988) podem ser decorrentes da melhor expressão de comportamento dos híbridos avaliados, devido à realização de poda em outubro e novembro de 1987, conforme já mencionado.

De acordo com as Tabelas 13 e 14, os caracteres ALTF, PSSP, FTCV, PUFR e PFCC apresentaram estimativas da variância do erro experimental dentro de experimento (σ^2_{erro}) superiores às estimativas da variância devido ao efeito fixo de

tratamentos ($\hat{V}_T$), sendo esta superioridade de 1,17 a 2,50 vezes. Nas demais variáveis, verificou-se o contrário, ou seja, as estimativas de $\hat{V}_T$ foram superiores as de σ^2 , sendo de 1,02 a 4,10 vezes maiores. Estes resultados revelam que as cinco variáveis mencionadas inicialmente estão proporcionalmente mais sujeitas aos fatores ambientais que os demais caracteres.

Os coeficientes de determinação genotípica ($\hat{b}_m$) foram consideravelmente expressivos para todos os caracteres avaliados, indicando a possibilidade de progresso com seleção. Tais estimativas elevadas podem ser atribuídas ao fato de terem sido utilizadas nos cálculos médias geradas a partir de muitas observações, número considerável de repetições (igual a sete), assim como, a variabilidade genética inerente as progênies híbridas estudadas, pois cada indivíduo de uma mesma progênie constitui uma identidade genética distinta, conforme já citado. Deve-se considerar contudo, que as magnitudes de $\hat{V}_T$, obtidas num único local para cada ano e sua média nos dois anos de experimentação, para as variáveis analisadas em 1987 e 1988, devem estar superestimadas, em virtude da impossibilidade de se isolar os efeitos das interações genótipos x locais, genótipos x anos e genótipos x locais x anos (ROBINSON & COCKERHAM, 1965; ALLARD, 1971; FALCONER, 1987), especialmente considerando-se, que fatores sazonais interferem no rendimento das plantações de cacau e em seus componentes (RUINARD, 1964; WESSEL & TOXOPEUS, 1969; TOXOPEUS & WESSEL, 1970; ARE & ATANDA, 1972; ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977b; MACHADO et alii, 1981) e que o cacaueiro tende, geralmente, a apresentar

ciclo bienal ou trienal de produção de frutos (ATANDA & JACOB, 1975), ou, picos de produção de quatro anos (BARTLEY et alii, 1982). Diante do exposto, depreende-se que a obtenção de estimativas mais precisas de coeficientes de determinação genotípica, à semelhança do coeficiente de herdabilidade, especialmente para os caracteres relacionados à produção, deverá contemplar maior número de locais e anos de colheitas.

As variáveis PFCC, ALTF, PUFR, PSSP e FTCV expressaram estimativas de $\hat{b}_m$ de menores magnitudes em relação às demais, devido a maior contribuição da variância do erro experimental dentro de experimento (σ^2_e), para as primeiras. Este fato evidencia que é menor a possibilidade de progresso com seleção para os citados caracteres, em relação aos demais.

As elevadas estimativas de $\hat{b}_m$ obtidas evidenciam excelentes perspectivas do melhoramento de diferentes caracteres, nos híbridos biclonais avaliados. Deve-se ressaltar que qualquer seleção entre híbridos deverá fazer uso da variação genética total. Além disso, como existe grande variabilidade entre plantas dentro de híbridos é possível proceder a seleção de plantas individuais dentro dos híbridos estudados, levando a ganhos adicionais no processo de seleção.

4.1.4. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente

Foram estimados coeficientes de correlações fenotípicas (r_F), genotípicas (r_G) e de ambiente (r_E), entre os seguintes grupos de caracteres: a) PSSP, ALTF, DIAT, NFSP, NSFR, INSE, PSSF, PSFR, INFR e FTCV, obtidos no ano de 1987; b) PSUP, ALTF, DIAT, NFSP, NSFR, PISU, PSUF e PSFR, obtidos também, em 1987; c) PSUP, ALTF, DIAT, NFSP e PSUF, obtidos em 1988 e d) PSUP, ALTF, DIAT, NFSP e PSUF, referentes às médias dos citados anos. A variável ALTF, conforme já registrado, foi obtida em 1986. No grupo a, foram reunidas, dentre outras, as variáveis relacionadas à produção, expressas em termos de rendimento do produto comercial seco por planta, fruto ou semente, geradas, em parte, através de amostragens. Nos demais grupos (b, c e d), reuniram-se, dentre outras, as variáveis relacionadas à produção, porém expressas em termos de rendimento do produto comercial úmido por planta, fruto ou semente. Como na maioria dos casos não houve alteração de sinais e as magnitudes dos coeficientes de r_G , r_F , e r_E , entre pares de caracteres, para os diferentes grupos, foram muito semelhantes entre si, optou-se por apresentar, apenas, os resultados concernentes às variáveis do grupo a, (Tabela 15), uma vez que o rendimento de cacau seco é o objetivo principal desse tipo de empreendimento. Portanto, as conclusões referentes a pareamentos de caracteres envolvendo PSSP, PSSF ou

INSE também são válidas para associações com PSUP, PSUF ou PISU, respectivamente.

Embora trabalhando com um conjunto fixo de materiais genéticos, neste trabalho o coeficiente de correlação foi utilizado como uma medida de associação na variação conjunta dos caracteres.

Nos estudos de correlação envolvendo parâmetros genéticos, o emprego dos testes de significância dos valores de r , não apresenta concordância quanto aos graus de liberdade utilizados. GONÇALVES et alii (1984), por exemplo, utilizaram os graus de liberdade de tratamento e total, para testar as correlações genotípicas e fenotípicas, respectivamente, enquanto MIRANDA et alii (1988b), verificaram a significância dessas associações, utilizando como graus de liberdade o número de tratamentos menos dois e para as correlações de ambiente os graus de liberdade do resíduo. Segundo STEEL & TORRIE (1980) e SOKAL & ROHLF (1981), o teste t é indicado para avaliar as significâncias das correlações simples, quando se admite que, para $H_0: \rho = 0$, r tem distribuição normal e a estatística $T = r\sqrt{n-2}/\sqrt{1-r^2}$ tem distribuição t de Student com $n-2$ graus de liberdade. Contudo, não se conhece a distribuição de r , quando as correlações contemplam componentes de variância genéticos, não se adequando as tabelas de t para testar a sua significância. Face a tais fatos, optou-se por não testar a significância das correlações apresentadas neste trabalho.

Na análise da Tabela 15, evidencia-se que para todos os pares de caracteres, os sinais dos coeficientes das correlações genotípicas e fenotípicas foram iguais. Nota-se, também, grande semelhança nas magnitudes dos coeficientes de r_G e r_F . Esta similaridade foi devido, provavelmente, ao número relativamente grande de repetições e de plantas dentro das parcelas, que tendeu a reduziros quadrados médios residuais para menores proporções. Em vista de tais fatos e considerando-se que as correlações genotípicas têm maior valor prático nos trabalhos de melhoramento, maior ênfase será dirigida para estas últimas.

Na maioria dos casos, as magnitudes das correlações genotípicas foram ligeiramente superiores às fenotípicas, assim como, ambas superaram em magnitudes às correlações ambientais. Conclui-se, pois, que existe uma tendência dos fatores genéticos apresentarem uma contribuição mais expressiva, entre os caracteres avaliados, em relação aos fatores ambientais.

Dentre as 45 possíveis associações estudadas, 15 apresentaram coeficientes de r_G relativamente expressivos, sendo oito com sinal positivo ($r_G \geq 0,644$) e sete com sinal negativo ($r_G \leq -0,697$).

Observaram-se correlações genotípicas positivas e elevadas entre PSSP e os caracteres ALTF ($r_G = 0,958$) e NFSP ($r_G = 0,836$), sugerindo que estas variáveis são importantes componentes de produção. Estes resultados são con

Tabela 15. Estimativas dos coeficientes de correlação genotípica (r_G), fenotípica (r_F) e de ambiente (r_E) entre dez caracteres de plantas adultas de híbridos bicionais de cacau. Data de implantação: maio de 1978. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987.

Caracteres	Corre- lação	ALTF	DIAT	NFSP	NSFR	INSE	PSSF	PSFR	INFR	FICV*
Peso das sementes	r_G	0,958	0,153	0,836	0,099	-0,030	-0,017	-0,480	-0,055	-0,302
secas por planta	r_F	0,806	0,177	0,849	0,088	-0,020	-0,019	-0,435	-0,052	-0,232
(PSSP)	r_E	0,115	0,446	0,947	-0,015	0,056	-0,054	-0,022	-0,022	0,221
Altura do	r_G		0,034	0,882	-0,172	0,020	-0,204	-0,697	0,120	-0,448
fuste	r_F		0,058	0,750	-0,150	0,030	-0,173	-0,607	0,101	-0,341
(ALFT)	r_E		0,257	0,103	-0,023	0,093	0,042	-0,084	-0,021	0,163
Diâmetro	r_G			-0,135	0,084	0,263	0,454	0,219	-0,263	-0,294
do tronco	r_F			-0,094	0,071	0,271	0,441	0,222	-0,261	-0,242
(DIAT)	r_E			0,376	-0,131	0,391	0,194	0,271	-0,236	0,269
Número de frutos	r_G				-0,267	-0,446	-0,563	-0,822	0,486	-0,502
sados por	r_F				-0,241	-0,412	-0,541	-0,760	0,452	-0,438
planta (NFSP)	r_E				0,028	-0,120	-0,314	-0,096	0,105	0,032
Número de semen-	r_G					0,081	0,671	0,466	-0,756	0,778
tes por fruto	r_F					0,050	0,625	0,448	-0,740	0,680
(NSFR)	r_E					-0,311	-0,201	0,190	-0,518	-0,218
Índice de	r_G						0,730	0,644	-0,702	0,224
semente	r_F						0,709	0,638	-0,691	0,247
(INSE)	r_E						0,452	0,581	-0,580	0,436
Peso das sementes	r_G							0,778	-0,967	0,441
secas por	r_F							0,750	-0,932	0,442
fruto (PSSF)	r_E							0,199	-0,275	0,557
Peso do	r_G								-0,733	0,499
fruto	r_F								-0,723	0,461
(PSFR)	r_E								-0,578	0,120
Índice de	r_G								-0,716	
fruto	r_F								-0,671	
(INFR)	r_E								-0,283	

* FICV - fator de conversão do peso das sementes úmidas para peso da matéria seca das sementes.

cordantes, em parte, com as pesquisas realizadas por ESQUIVEL & SORIA (1967) e MOSES & ENRIQUEZ (1981), pois na associação entre PSSP e ALTF, os últimos autores encontraram correlações baixas e positivas. As associações entre PSSP e os caracteres DIAT e NSFR apresentaram coeficientes de r_G positivos, porém, de magnitudes muito baixas para ter algum valor prático e negativas quando foi relacionada aos caracteres INSE, PSSF, PSFR, INFR e FTCV. Os resultados obtidos para a associação entre PSSP e DIAT são conflitantes com diversas pesquisas divulgadas (JONES & MALIPHANT, 1958; GLENDINNING, 1960, 1966; MARIANO, 1966; BESSE, 1969; MOSES & ENRIQUEZ, 1981). A correlação negativa de magnitude intermediária entre PSSP e PSFR ($r_G = -0,480$) é um fato biologicamente explicado pela maior competição interna na planta por fotossintetizados, durante a formação dos frutos (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977b).

Em termos genéticos, não houve associação entre ALTF e os caracteres DIAT, INSE e INFR, contudo existiu estreita correlação com NFSP ($r_G = 0,882$) e PSFR ($r_G = -0,697$). Os elevados coeficientes de r_G obtidos entre ALTF e os caracteres NFSP ($r_G = 0,882$) e PSSP ($r_G = 0,958$) parecem não ter uma explicação biológica plausível, uma vez que mais de 86,0% da produção dos 12 híbridos biclonais avaliados provieram da copa dos cacaueiros (Tabelas 6, 7 e 8).

O caráter DIAT apresentou correlação de mag

nitude intermediária com PSSF ($r_G = 0,454$ e negativa com NFSP ($r_G = -0,135$). Este último resultado está em desacordo com as pesquisas realizadas por SORIA & ESQUIVEL (1969, 1970) e GARCIA & NICOLELLA (1985).

Considerando-se o caráter NFSP, observaram-se correlações genotípicas negativas consideráveis com INSE ($r_G = -0,446$), PSSF ($r_G = -0,563$), PSFR ($r_G = -0,822$) e FTCV ($r_G = -0,502$) e positivas, com INFR ($r_G = 0,486$). Evidencia-se, pois, que à medida em que ocorre aumento do NFSP verifica-se redução no INSE, PSSF, PSFR e FTCV. A associação negativa entre NFSP e FTCV, indiretamente, revela que os frutos menores tendem a apresentar maior proporção de polpa mucilagínosa, observação, esta, confirmada através do coeficiente de $r_G (= 0,499)$ entre PSFR e FTCV. A correlação positiva entre NFSP e INFR indica que para as plantas produzirem maior quantidade de frutos, será necessário maior número deles para constituir um quilo de cacau seco, consequência das associações negativas entre NFSP e os caracteres PSFR, PSSF, INSE e NSFR. Indiretamente, tais conclusões são reforçadas também através das associações negativas expressivas entre INFR e os caracteres NSFR ($r_G = -0,756$), INSE ($r_G = -0,702$), PSSF ($r_G = -0,967$), PSFR ($r_G = -0,733$) e FTCV ($r_G = -0,716$), em acordo com outras pesquisas (ENGELS, 1983; MORA; 1987). Estes resultados eram biologicamente esperados, haja vista que se estabelece na planta uma competição interna por fotossintetizados (ALVIM, 1977; HUTCHEON,

1977b), havendo, em decorrência, menor disponibilidade desses compostos para cada fruto em formação, conforme já explicado. A tais argumentos pode-se acrescentar, também, que cerca de 76,9% da produção de frutos dos experimentos avaliados em 1987 concentraram-se em período relativamente curto (março a julho), propiciando o estabelecimento de maior competição por fotossintetizados.

Não se verificou correlação genotípica entre NSFR e INSE e as associações tiveram magnitudes consideráveis, quando relacionaram NSFR e os caracteres PSSF ($r_G = 0,671$), PSFR ($r_G = 0,466$) e FTCV ($r_G = 0,778$) concordando com outros resultados experimentais (KUPPERS, 1953; TOXOPEUS & WESSEL, 1970; JACOB & ATANDA, 1973; ESKES et alii, 1977; ENGELS, 1983; MORA, 1987). Os coeficientes de r_G assumiram também valores consideráveis nas relações entre INSE e os caracteres PSSF ($r_G = 0,730$) e PSFR ($r_G = 0,644$) e entre PSSF e os caracteres PSFR ($r_G = 0,778$) e FTCV ($r_G = 0,441$) compatíveis com várias pesquisas realizadas. De acordo com tais resultados, à medida que ocorre aumento do PSFR, verifica-se incrementos no PSSF, INSE e, em menor proporção, no NSFR. A ausência de correlação genotípica entre NSFR e INSE revela que a expressão de ambos caracteres é independente e que o tamanho da semente pode ser aumentado sem afetar o número destas no fruto. Isto pode ser atribuído ao fato de que o NSFR é dependente do número de gametas masculinos que conseguem fusionar, com êxito, com game

tas femininos nos óvulos de um determinado ovário e a fertilização em *T. cacao* é um processo ao acaso, dependente da ação de mosquinhas do gênero *Forcipomyia* (TOXOPEUS & JACOB, 1970).

Analizando as correlações de ambiente (Tabela 15), verifica-se que 16 delas foram superiores à genotípica, porém em 12 associações, os coeficientes de r_G foram muito baixos. As correlações de ambiente assumiram valores consideráveis entre PSSP e os caracteres DIAT ($r_E = 0,446$; $r_G = 0,153$) e NFSP ($r_E = 0,947$; $r_G = 0,836$) e entre FTCV e os caracteres INSE ($r_E = 0,436$; $r_G = 0,224$) e PSSF ($r_E = 0,557$; $r_G = 0,441$). A existência de correlações ambientais negativas em 44,4% das associações estudadas mostra que os pares de caracteres foram afetados simultaneamente pelo ambiente. Verifica-se, ainda, que além das diferenças em magnitudes, os coeficientes de r_G e r_E apresentaram diferenças de sinais entre eles. Este fato indica que as causas de variação genética e de ambiente afetam os caracteres através de mecanismos fisiológicos diferentes (FALCONER, 1987).

A maioria dos trabalhos consultados sobre correlações entre caracteres em cacau, refere-se à obtenção de estimativas de correlações simples, as quais equivalem às correlações fenotípicas. Como no trabalho em pauta, conforme já mencionado, os coeficientes de r_F foram semelhantes aos de r_G , as comparações realizadas com outros resultados de pesquisas são apropriadas.

Os resultados obtidos, divergentes de outras

pesquisas, são normais e mesmo esperados, em razão, sobretudo, das diferenças entre os materiais genéticos utilizados. Deve-se lembrar, também, que as conclusões aqui apresentadas, são restritas ao grupo de híbridos biclonais utilizados, pelo fato de terem sido considerados como de efeitos fixos no modelo de análise da variância, não podendo extrapolar os resultados para toda a população de cacau.

4.1.5. Coeficiente de caminhamento

Visando uma interpretação mais pormenorizada dos coeficientes de correlação genotípica, obtidos em 1987, foram realizadas análises de caminhamento("path analysis"), cujos resultados são apresentados nas Tabelas 16, 17 e 18.

A Tabela 16 contém o desdobramento dos coeficientes de r_G dos caracteres ALTF, DIAT, NFSP, NSFR, INSE, PSSF, PSFR, INFR e FTCV sobre o PSSP.

Observa-se que o caráter PSSP apresentou o mais alto grau de associação genotípica com ALTF ($r_G = 0,958$), seguido pelo NFSP ($r_G = 0,836$). No entanto o efeito direto genotípico exercido pela ALTF foi negativo e de baixo valor ($-0,077$), evidenciando que a referida variável não constitui, por si so, componente relevante de produção. Isto significa que os efeitos indiretos constituem a causa da correlação e, neste caso, a influência indireta positiva, via NFSP, é responsável em grande

Tabela 16. Análise de caminhamento: desdobramento das correlações genótípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de nove caracteres agronômicos sobre o PSSP, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medici-
lândia, PA, 1987^{b/}.

CARACTERES	ALTF	DIAT	NFSP	NSFR	INSE	PSSF	PSFR	INFR	FTCV	TOTAL ^{c/}
ALTF	-0,077	0,002	1,085	-0,015	0,003	-0,106	0,072	0,0005	-0,007	0,958
DIAT	-0,002	0,059	-0,166	0,007	0,048	0,235	-0,022	-0,001	-0,005	0,153
NFSP	-0,068	-0,008	1,230	-0,023	-0,083	-0,291	0,085	0,002	-0,008	0,836
NSFR	0,013	0,005	-0,329	0,086	0,015	0,347	-0,048	-0,003	0,013	0,099
INSE	-0,001	0,015	-0,548	0,007	0,185	0,378	-0,067	-0,003	0,004	-0,030
PSSF	0,016	0,027	-0,693	0,058	0,135	0,517	-0,080	-0,004	0,007	-0,017
PSFR	0,054	0,013	-1,011	0,040	0,119	0,403	-0,103	-0,003	0,008	-0,480
INFR	-0,009	-0,016	0,597	-0,065	-0,130	-0,500	0,076	0,004	-0,012	-0,055
FTCV	0,035	-0,017	-0,618	0,067	0,041	0,228	-0,052	-0,003	0,017	-0,302

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ A leitura dos efeitos indiretos é feita na horizontal.

c/ Coeficientes de correlação genotípica com PSSP.

parte, pelo elevado coeficiente de r_G obtido. Como a altura do fuste do cacaueiro atinge seu máximo desenvolvimento com idade aproximada de 12 a 18 meses, após o estabelecimento em campo (CHARRIER, 1969), conclui-se que esta variável não deverá ter, também, valor indicativo para seleção indireta, durante a fase jovem da plantação. A pouca influência exercida pela variável ALTF sobre o PSSP pode ser visualizada igualmente, através dos seus efeitos indiretos, em relação aos demais caracteres que foram sempre de baixa magnitude. Este fato sugere que a seleção com base no ALTF não deverá provocar alterações nas demais variáveis estudadas. Tal constatação pode ser proveitosa para programas de seleção de genótipos resistentes ou tolerantes à vassoura-de-bruxa (*C. perniciosa*) - principal enfermidade do cacaueiro na Amazônia brasileira, haja vista que o controle cultural da referida enfermidade é facilitado, sobremaneira, em plantas de menor porte.

O NFSP apresentou o maior efeito direto sobre o PSSP (1,230), indicando que este caráter constitui o principal componente de produção, uma vez que o coeficiente de r_G foi elevado ($= 0,836$) e todos os seus efeitos indiretos, positivos ou negativos, através das demais variáveis explicativas, apresentaram valores muito baixos ou relativamente baixos. Estes efeitos indiretos, explicam, em parte, a alta correlação genotípica entre PSSP e NFSP. Tendo em vista que a correlação genotípica explica a verda

deira associação, infere-se que a seleção direta, através de NFSP, pode ser utilizada para maximizar a seleção para produção.

O PSSF constitui o segundo componente de maior efeito direto (0,517) sobre o PSSP. No entanto o coeficiente de r_G assumiu valor muito baixo e negativo ($= -0,017$), indicando que os efeitos indiretos são a causa da falta de correlação, destacando-se, neste caso, o efeito indireto via NFSP que assumiu valor expressivo e negativo ($-0,693$).

O efeito direto do DIAT sobre PSSP (0,059) foi positivo, porém de magnitude muito baixa para ter algum valor prático em trabalhos de melhoramento. Os seus efeitos indiretos, em relação às demais variáveis, foram também, de pequena magnitude. O efeito indireto via NFSP ($-0,166$) refletiu em quase toda a sua magnitude, o valor da própria correlação genotípica entre DIAT e NFSP ($r_G = -0,135$).

O caráter NSFR apresentou efeito direto de baixa magnitude (0,086), porém muito semelhante ao coeficiente de r_G ($= 0,099$), evidenciando que a correlação genotípica expressou a verdadeira associação. As influências opostas entre os efeitos indiretos, sobretudo entre NFSP ($-0,329$) e PSSP (0,347), refletem o resultado observado.

Com relação ao INSE, observa-se que o efeito direto apresentou baixo valor (0,185); os efeitos indiretos via PSSF (0,378) e NFSP ($-0,548$) contribuíram, em gran

de parte, para o coeficiente de $r_G (= -0,030)$ não expressar a magnitude do efeito direto deste caráter. Situação semelhante observa-se, também, para os coeficientes de r_G das variáveis PSFR ($= -0,480$), INFR ($= -0,055$) e FTCV ($= -0,302$), cujas influências opostas exercidas pelos efeitos indiretos entre NFSP e PSSF, são os principais responsáveis pelo sinal e expressão das magnitudes desses coeficientes. As variáveis PSFR, INFR e FTCV apresentaram, também, efeitos diretos de baixo valor sobre o PSSP.

As magnitudes inexpressivas dos efeitos diretos, assim como dos efeitos indiretos em relação aos demais caracteres, do INFR, FTCV, DIAT, ALTF e PSFR sugerem que tais variáveis parecem ter pouca importância em trabalhos de seleção visando maximizar a produção.

O grau de determinação genotípica $[R_1^2(2,3,...10)]$ foi igual a 1,0, revelando que o componente residual (P_{x1}) ficou reduzido a zero. Desta maneira, evidencia-se que as variáveis explicativas consideradas no diagrama causal (Figura 1) explicaram genotipicamente 100% do PSSP, através de seus efeitos diretos e indiretos.

A Tabela 17 apresenta o desdobramento dos coeficientes de r_G dos caracteres NFSP, NSFR, INSE e PSSF sobre o PSSP. Tais variáveis são consideradas por SORIA (1977, 1978) como os principais componentes de produção.

A análise de caminhamento revelou que o PSSP foi consequência, principalmente, do NFSP e PSSF. O efeito

Tabela 17. Análise de caminhamento: desdobramento das correlações genotípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de quatro caracteres agronômicos sobre o PSSP, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987^{b/}.

CARACTERES	NFSP	NSFR	INSE	PSSF	TOTAL ^{c/}
NFSP	1,214	0,003	-0,019	-0,362	0,836
NSFR	-0,324	-0,011	0,003	0,431	0,099
INSE	-0,541	-0,001	0,042	0,470	-0,030
PSSF	-0,683	-0,007	0,030	0,643	-0,017

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ A leitura dos efeitos indiretos é feita na horizontal.

c/ Coeficientes de correlação genotípica com PSSP.

Tabela 18. Análise de caminhamento: desdobramento das correlações genotípicas em componentes de efeitos diretos (na diagonal) e indiretos (fora da diagonal) de quatro caracteres agronômicos sobre a PSSF, referentes a plantas adultas de híbridos biclonais de cacau^{a/}. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1987^{b/}.

CARACTERES	PSFR	NSFR	INSE	FTCV	TOTAL ^{c/}
PSFR	0,178	0,443	0,424	-0,267	0,778
NSFR	0,083	0,951	0,053	-0,416	0,671
INSE	0,114	0,077	0,658	-0,120	0,730
FTCV	0,089	0,740	0,147	-0,535	0,441

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/ A leitura dos efeitos indiretos é feita na horizontal.

c/ Coeficientes de correlação genotípica com PSSF.

direto de maior magnitude foi manifestado pelo NFSP (1,214), compatível com o elevado coeficiente de r_G ($= 0,836$) entre estas variáveis.

A variável PSSF apresentou, também, efeito direto de magnitude relevante (0,643) sobre o PSSP. Todavia a correlação entre estes caracteres foi desprezível ($r_G = -0,017$), não retratando a verdadeira associação direta. O efeito indireto negativo de magnitude expressiva via NFSP ($-0,683$), neutralizou a influência direta do PSSF (0,643) sobre o PSSP, explicando o baixo valor do coeficiente de r_G ($= -0,17$) obtido.

Os efeitos diretos de baixa magnitude do NSFR ($-0,011$) e do INSE (0,042) são relativamente compatíveis com os baixos valores de seus respectivos coeficientes de correlação ($r_G = 0,099$ e $r_G = -0,030$). Os efeitos indiretos exercidos pelas variáveis NFSP e PSSF de valores aproximadamente semelhantes, porém, de sinais diferentes, explicam os valores observados.

Os valores extremamente baixos dos efeitos diretos, apresentados pelos caracteres NSFR e INSE, indicam que as referidas variáveis não devem ser consideradas em trabalhos de melhoramento genético que visem maximizar, diretamente, a produção. As variáveis NFSP e PSSF, ao contrário, são evidenciadas como componentes primários de produção, concordando com as pesquisas realizadas por JACOB & TOXOPEUS (1971), ATANDA (1972a), JACOB & ATANDA (1973) e

ATANDA & JACOB (1975). Deve-se salientar, contudo, que em cada correlação envolvendo variáveis explicativas e PSSP (Tabelas 16 e 17) ocorreu sempre uma simultaneidade de efeitos de magnitudes consideráveis, porém de sinais diferentes entre NFSP e PSSP. Tal fato parece reforçar o argumento biológico de competição interna na planta por fotossintetizados (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977b), à medida que ocorre maior produção de frutos. Esta constatação é um importante alerta para o melhorista, pois deve constituir em elemento complicador na seleção, quando se desejar a inclusão simultânea dos caracteres NFSP e PSSP, como indicadores de potencial produtivo de materiais genéticos de cacau. Acréscimos na produção de frutos por planta, redundará, na maioria dos casos, na redução do PSSP e a obtenção de ganhos genéticos adicionais da produção "per se", dependerá da adoção de estratégias visando contornar a manifestação de forças opostas exercida pelas variáveis NFSP e PSSP, conforme a seguir: a) identificação de materiais genéticos que expressem, simultaneamente, magnitudes elevadas para NFSP e PSSP e b) identificação de materiais genéticos menos sensíveis aos fatores sazonais e de elevada capacidade produtiva, apresentando, contudo, uma produção de frutos melhor distribuída durante o ano.

Em termos fisiológicos, valores elevados para NFSP e PSSP significa melhor divisão de assimilação na planta para formação de produção econômica.

À semelhança do resultado obtido na análise de caminhamento apresentada anteriormente, o grau de determinação genotípica do PSSP, através das quatro variáveis explicativas consideradas (NFSP, NSFR, INSE e PSSF), assumiu também o valor máximo, R_1^2 (2, 3, 4 e 5) = 1,0. Pode-se concluir, portanto, que 100% da variação do PSSP foram explicados genotipicamente, por estas variáveis.

Considerando-se as análises de caminhamento dos dois grupos de variáveis (Tabelas 16 e 17), observa-se que as diferenças existentes nas magnitudes dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres considerados (NFSP, NSFR, INSE e PSSF) foram irrelevantes, não alterando as conclusões obtidas para cada grupo de variáveis explicativas, separadamente. Para o NFSP, por exemplo, considerado como principal componente de produção, as magnitudes dos efeitos direto e indireto, em relação as demais variáveis, não sofreram, praticamente, alteração.

A concordância nos resultados obtidos com as duas análises realizadas parece residir no fato de que as variáveis explicativas consideradas nos diagramas causais contemplaram, também, os componentes primários de produção.

Na Tabela 18 procurou-se agrupar os caracteres referentes ao fruto que devem exercer influências sobre o PSSF. Deste modo, procedeu-se o desdobramento dos coeficientes de r_G dos caracteres PSFR, NSFR, INSE e FTCV sobre o PSSF.

Verifica-se que o NSFR exerceu o maior efeito direto (0,951) sobre o PSSF, em consonância com o coeficiente de r_G (= 0,671) entre estas variáveis.

O efeito direto do INSE foi também de magnitude expressiva (0,658) e relativamente semelhante ao coeficiente de r_G (= 0,730), indicando que a correlação genotípica é confiável para expressar a legítima inter-relação desta variável com PSSF.

O caráter PSFR apresentou efeito direto de baixa magnitude (0,178), incompatível com o elevado valor da correlação (r_G = 0,778). Neste caso, os efeitos indiretos constituíram a causa da correlação genotípica, especialmente através do NSFR (0,443) e do INSE (0,424).

Efeito direto negativo e de magnitude considerável foi observado para a variável FTCV(-0,535), conflitando com o valor observado para o coeficiente de r_G (=0,441). A influência indireta exercida, principalmente, pelo NSFR (0,740) e INSE (0,147), explica as estimativas obtidas.

Em síntese, a análise de caminhamento, contemplando as variáveis concernentes ao fruto, permitiu identificar o NSFR e o INSE, como os principais responsáveis pelo PSSF. Desta maneira, os citados caracteres devem ser considerados componentes secundários de produção.

A importância relativa detectada para o caráter INSE possibilitará atender também, às exigências das indústrias chocolateiras no sentido de manter esta variável com peso em torno de um grama.

De acordo com a estimativa do coeficiente de determinação [R_1^2 (2, 3, 4 e 5) = 1,0], as variáveis explicativas consideradas (PSFR, NSFR, INSE e FTCV) contemplaram 100% da variação do PSSF, tornando o componente residual (P_{X1}) nulo.

As discussões apresentadas evidenciam a importância relevante do desdobramento das correlações com base nos efeitos diretos e indiretos, propiciando uma interpretação mais consistente dos resultados obtidos, sobretudo nas situações em que as correlações genotípicas não retratam a verdadeira associação entre as variáveis consideradas. A correlação simples quantifica apenas a associação mútua entre duas variáveis, sem considerar a causa, enquanto o coeficiente de caminhamento especifica a causa e mede sua importância relativa (DEWEY & LU, 1959), fornecendo uma visão mais adequada da associação genética entre duas características. O conhecimento apropriado das inter-relações entre caracteres de importância agrônômica constitui um instrumento proveitoso para contornar o problema da seleção simultânea de caracteres que apresentam fortes correlações negativas entre si.

Muito embora as diferentes análises de caminhamento realizadas tenham revelado resultados compatíveis com o conhecimento atual sobre a biologia do cacaueiro, e que as variáveis explicativas adotadas tenham justificado sempre 100% da variação do caráter dependente, deve-se res

saltar que a literatura consultada, registra exemplos de resultados conflitantes, em função da presença ou ausência de determinado caráter. Uma definição criteriosa dos componentes primários de produção é de importância para a obtenção de resultados consistentes, pois o desdobramento das correlações com base nos efeitos diretos e indiretos é consequência de um manejo particular, de acordo com o diagrama causal estabelecido pelo pesquisador. O conhecimento dos genótipos envolvidos e de todos os possíveis fatores que interferem nos resultados a nível de campo, é também relevante. É, igualmente, importante destacar, que rendimento em cacau e seus componentes são influenciados por fatores sazonais (RUINARD, 1964; WESSEL & TOXOPEUS, 1969; TOXOPEUS & WESSEL, 1970; ARE & ATANDA, 1972; ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977b; MACHADO et alii, 1981) e que existem evidências de o cacaueiro apresentar ciclo bienal ou trienal de produção de frutos (ATANDA & JACOB, 1975) ou de acordo com BARTLEY et alii (1982), picos de produção de quatro em quatro anos. Mediante tais fatos e considerando-se que os resultados da pesquisa em foco correspondem a um período relativamente curto, além de serem restritos aos materiais genéticos avaliados, as conclusões apresentadas devem ser vistas com cautela.

4.2. Estádio juvenil

4.2.1. Análises da variância

Na fase de estabelecimento deste ensaio em viveiro, três híbridos biclonais (PA 150 x BE 10, POUND 12 x SIC 329 e POUND 12 x BE 10), dos 12 considerados neste estudo, receberam, inadvertidamente, tratamento diferenciado com referência ao substrato utilizado (terriço sem incorporação de esterco curtido de curral). Devido a tal fato, os dados dos citados híbridos foram eliminados e as análises foram efetuadas, considerando-se, apenas, os nove cruzamentos que receberam o mesmo substrato.

Na Tabela 19 encontram-se os valores dos quadrados médios, a nível de plantas individuais, para os caracteres altura da plântula (ALTP), diâmetro do caule (DIAC), peso da matéria seca total (PMST) e índice de área foliar (IAF) e, a nível de médias de parcelas, para os caracteres taxa de assimilação líquida (TAL), taxa de crescimento relativo (TCR), razão de área foliar (RAF) e taxa de produção de matéria seca (TPMS) obtidos através das análises da variância como blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo, considerando-se as épocas como subparcelas no tempo.

Observa-se que os caracteres ALTP, DIAC, PMST, IAF, TCR e RAF apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$), entre os híbridos biclonais, indicando a exis-

Tabela 19. Valores dos quadrados médios obtidos para os caracteres ALTP, DIAC, PMST e IAF, a nível de plantas individuais e para os caracteres TAL, TCR, RAF e TPMS, ao nível de médias de parcelas, coeficientes de variação experimental aos níveis de parcela ($CV_{ea}\%$) e subparcela ($CV_{eb}\%$) e média geral referentes a plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau, segundo o delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas no tempo^{a/}. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Fontes de Variação		GL	ALTP	DIAC ^{b/}	PMST	IAF	GL	TAL ^{c/}	TCR ^{c/}	RAF ^{d/}	TPMS
Blocos		3	359,0056*	3,3327*	24,3100*	25,7202ns	3	7,4140*	8,7493*	46,7178ns	18,3194*
Tratamentos (T)		8	803,3689**	21,2571**	92,9556**	194,1819**	8	3,2719ns	9,5499**	298,2111**	3,6765ns
Erro A		24	87,4404	1,0788	7,8972	17,1820	24	1,8960	2,1677	39,3703	3,9512
épocas (E)		3	8523,1490**	869,4031**	4815,5670**	2259,0120**	2	301,7029**	649,5715**	8389,6580**	528,4025**
E x T		24	37,9235*	1,9893**	6,5044*	33,5718**	16	15,5589**	25,3255**	33,2565**	18,5490**
Erro B		81	18,6874	0,5465	3,8017	11,3916	54	5,2222	6,9508	13,3586	7,7106
Erro (Dentro)		1152	15,3674	0,4148	2,3741	5,0852	-	-	-	-	-
$CV_{ca}\%$		-	25,9	12,1	31,0	35,6	-	16,5	12,6	8,8	20,5
$CV_{cb}\%$		-	12,0	8,6	21,5	29,0	-	27,4	22,6	5,1	28,6
Média geral		-	36,07	8,56	9,07	11,64	-	8,35	11,66	71,04	9,71
Unidade		cm/planta	mm/planta	g/planta	-	mg.dm ⁻² .dia ⁻¹	mg.g ⁻¹ .dia ⁻¹	cm ² .g ⁻¹	g.m ⁻² .dia ⁻¹		

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

b/c/d/ Valores dos quadrados médios multiplicados por 10^2 , 10^6 e 10^4 , respectivamente.

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.
ns Não significativo.

tência de variabilidade no conjunto avaliado. Apenas para os caracteres TAL e TPMS, os híbridos em foco expressaram comportamento semelhante, muito embora nas análises individuais da variância referentes aos períodos de estudo, o teste F tenha detectado diferenças significativas nos valores de TAL entre os híbridos avaliados, ao contrário dos resultados obtidos por VELLO (1963), MONTE (1983) e ALMEIDA & VALLE (1988).

A existência de interações significativas entre épocas e tratamentos ($E \times T$) para as variáveis ALTP e PMST ($P < 0,05$) e para DIAC, IAF, TAL, TCR, RAF e TPMS ($P < 0,01$) revela que os híbridos apresentaram diferentes respostas, ao serem avaliados nas diversas épocas. Esta situação pode ser melhor visualizada através das Tabelas 20 a 22 e 24 a 28, onde são apresentadas para os híbridos em estudo as médias obtidas em cada período de avaliação, para os oito citados caracteres. Utilizando-se para cada variável o valor correspondente da diferença mínima significativa (d.m.s.) para idade dentro de híbridos, observa-se que o comportamento dos híbridos de uma época para outra foi significativamente alterado.

Os coeficientes de variação experimental aos níveis de parcela ($CV_{ea}\%$) e subparcela ($CV_{eb}\%$) variaram, respectivamente, de 8,8 % a 35,6 % e de 5,1 % a 29,0% (Tabela 19), sendo os menores valores revelados pelas caracteres DIAC e RAF.

4.2.2. Avaliação agronômica dos híbridos biclonais

As estimativas das médias obtidas em cada fase experimental, para as variáveis ALTP, DIAC, PMST, IAF, TAL, TCR, RAF e TPMS, são apresentadas nas Tabelas 20 a 22 e 24 a 28, juntamente com a comparação das médias de tratamentos pelo teste de Tukey. Nas Tabelas 20 a 22 e 24, correspondentes, a ALTP, DIAC, PMST e IAF respectivamente, foram registrados também os desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s).

Os comentários pertinentes aos oito citados caracteres, são apresentados, separadamente, a seguir:

a) Altura da plântula - ALTP

A avaliação do caráter ALTP aos 93, 125, 156 e 186 dias após a semeadura revelou que os híbridos biconais em estudo apresentaram um crescimento apical gradativo com a ontogenia das plantas (Tabela 20), conforme era esperado nessa fase de avaliação. A velocidade de crescimento variou de acordo com a idade das plântulas e com os híbridos biconais, havendo uma tendência da taxa média de incremento diminuir à medida em que aumentou a idade das plântulas. Os cruzamentos SCA 6 x BE 10 e SCA 6 x ICS 1, apesar de não terem apresentado as melhores médias, registraram os incrementos mais expressivos em crescimento apical. Tais incrementos devem propiciar maior rapidez na defini-

Tabela 20. Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter altura da plântula (cm), obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau . Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Idade das plantas (em dias após a sementeira)				Média Geral
	93	125	156	186	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
PA 121 x SIC 329	29,94 $\pm$ 2,94	35,53 $\pm$ 3,40	37,13 $\pm$ 3,60	41,14 $\pm$ 3,18	35,94 $\pm$ 3,29
PA 150 x SIC 328	30,28 $\pm$ 4,67	36,59 $\pm$ 3,80	41,19 $\pm$ 3,72	42,79 $\pm$ 3,75	37,71 $\pm$ 4,00
POUND 7 x SIAL 505	29,00 $\pm$ 2,95	35,27 $\pm$ 4,26	37,50 $\pm$ 3,40	41,45 $\pm$ 3,02	35,80 $\pm$ 3,45
POUND 7 x BE 10	32,96 $\pm$ 3,77	39,04 $\pm$ 3,97	41,32 $\pm$ 4,82	43,98 $\pm$ 4,87	39,32 $\pm$ 4,38
POUND 12 x SIAL 505	29,05 $\pm$ 2,34	36,86 $\pm$ 4,04	41,26 $\pm$ 3,28	41,35 $\pm$ 3,98	37,13 $\pm$ 3,48
SCA 6 x BE 10	26,20 $\pm$ 2,68	33,20 $\pm$ 4,07	36,42 $\pm$ 3,56	40,27 $\pm$ 2,99	34,02 $\pm$ 3,37
IMC 67 x CA 4	25,00 $\pm$ 3,56	31,71 $\pm$ 5,37	32,24 $\pm$ 4,86	35,66 $\pm$ 3,38	31,15 $\pm$ 4,37
IMC 67 x SIC 802	32,32 $\pm$ 3,03	36,30 $\pm$ 3,71	39,40 $\pm$ 3,72	41,62 $\pm$ 3,99	37,41 $\pm$ 3,63
SCA 6 x ICS 1	28,36 $\pm$ 3,17	34,63 $\pm$ 4,06	38,87 $\pm$ 3,92	42,72 $\pm$ 4,56	36,14 $\pm$ 3,96
Média	29,23 $\pm$ 3,30	35,46 $\pm$ 4,11	38,37 $\pm$ 3,91	41,22 $\pm$ 3,80	36,07 $\pm$ 3,79

d.m.s. para média de híbridos = 3,75; d.m.s. para média de idade = 0,89;

d.m.s. para idade dentro de híbridos = 2,67; d.m.s. para híbridos dentro de idade = 4,55

ção da altura total do fuste e, em decorrência, na formação da copa dos cacaueiros.

As pesquisas realizadas por ASCENSO & BARTLEY (1966) mostraram que os cruzamentos com uma vantagem inicial em altura tendiam a crescer mais rapidamente, contudo os resultados deste estudo não mostraram esta evidência.

Observando-se os efeitos de híbridos dentro de idade, verifica-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os híbridos avaliados nas quatro fases experimentais, concordando com outras pesquisas realizadas (ASCENSO, 1963; VELLO, 1963).

O híbrido IMC 67 x CA 4 apresentou as menores médias durante as citadas fases de estudo, contudo somente na última avaliação diferiu significativamente dos demais. Coincidentemente, o referido cruzamento revelou, também, a menor altura de fuste na fase adulta (Tabela 9). Provavelmente, durante a fase de crescimento das plântulas em viveiro, seja possível identificar os materiais genéticos que revelarão, em campo, maior ou menor porte.

Os valores dos desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (Tabela 20), em função da média de idade, revelam que a expressão da variabilidade foi maior aos 125 dias após a semeadura, decrescendo nas fases seguintes. ASCENSO E BARTLEY (1966) encontraram que a variação do caráter ALTP tendeu a crescer com a idade das plântulas.

De modo geral, a expressão da variabilidade

dentro de híbridos assumiu um padrão irregular, não seguindo um mesmo modelo de manifestação. Maior variação foi detectada nos híbridos POUND 7 x BE 10 e IMC 67 x CA 4.

b) Diâmetro do caule - DIAC

Na Tabela 21 constam as médias do caráter DIAC obtidas em diferentes idades. Evidencia-se que o crescimento cambial dos híbridos aumentou com a idade de avaliação, de acordo com o esperado. A taxa de crescimento do DIAC sofreu influências tanto da idade das plântulas, como dos materiais genéticos e a taxa média de incremento revelou um modelo decrescente de acordo com o aumento da idade, à semelhança do caráter ALTP. SOUZA et alii (1982) obtiveram também resultados análogos.

Nas quatro fases experimentais, o cruzamento SCA 6 x BE 10 mostrou os menores valores para o caráter em questão, apesar de não diferirem significativamente de valores apresentados por outros híbridos. Entretanto, o citado cruzamento registrou a maior taxa de incremento em crescimento cambial, a qual foi ligeiramente superior aos valores alcançados pelos híbridos PA 150 x SIC 328 e IMC 67 x CA 4.

Avaliando-se o comportamento dos híbridos independentemente das fases de estudo, observa-se que as maiores magnitudes médias foram registradas para PA 121 x SIC 329, PA 150 x SIC 328, IMC 67 x SIC 802, POUND 12 x SIAL

Tabela 21. Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter diâmetro do caule (mm), obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau . Estação Experimental Paulo Dias Morrelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Idade das plantas (em dias após a sementeira)				Média Geral
	93	125	156	186	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	
PA 121 x SIC 329	7,04±0,52	8,17±0,77	9,69±0,63	10,98±0,61	8,97±0,64
PA 150 x SIC 328	6,64±0,46	8,69±0,62	9,74±0,64	10,79±0,70	8,96±0,61
FOUND 7 x SIAL 505	6,68±0,42	8,31±0,54	9,00±0,64	10,53±0,63	8,63±0,56
FOUND 7 x BE 10	6,75±0,57	8,50±0,59	9,22±0,62	10,22±0,66	8,67±0,61
FOUND 12 x SIAL 505	6,64±0,58	8,12±0,64	9,72±0,54	10,46±0,84	8,74±0,66
SCA 6 x BE 10	5,99±0,44	7,03±0,78	8,64±0,60	9,88±0,53	7,88±0,60
IMC 67 x CA 4	6,31±0,60	7,93±0,75	8,78±0,94	10,20±0,71	8,30±0,76
IMC 67 x SIC 802	7,00±0,54	8,03±0,60	9,74±0,66	10,56±0,76	8,83±0,64
SCA 6 x ICS 1	6,32±0,48	7,24±0,51	8,92±0,60	9,96±0,52	8,11±0,53
Média	6,60±0,52	8,00±0,65	9,27±0,66	10,40±0,67	8,57±0,63

d.m.s. para médias de híbridos = 0,42; d.m.s. para média de idade = 0,15;

d.m.s. para idade dentro de híbridos = 0,46; d.m.s. para híbridos dentro de idade = 0,62

505, POUND 7 x BE 10 e POUND 7 x SIAL 505.

Conforme as observações realizadas para a variável ALTP, os valores dos desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) revelaram que o DIAC parece não ter um modelo definitivo de expressão da variabilidade dentro de híbridos. Contudo ficou evidente que esta variabilidade tendeu a ser mais notória aos 186 dias após a semeadura, fato este melhor visualizado através dos valores dos s, em função da média de idade, os quais mostraram uma tendência crescente de expressão, concordando com as pesquisas de VELLO (1963). Esses valores (s) no caráter DIAC foram, em média, seis vezes inferiores aos valores observados na ALTP. Independentemente das fases experimentais, maior variação foi detectada no cruzamento IMC 67 x CA 4.

c) Peso da matéria seca total - PMST

Nos híbridos biclonais em estudo, o caráter PMST aumentou progressivamente com a idade das plântulas (Tabela 22). Os cruzamentos PA 150 x SIC 328 e IMC 67 x CA 4 apresentaram as maiores taxas de incremento entre a primeira e a última fases experimentais. Por outro lado, na maioria das fases de estudo, as menores magnitudes para as médias de PMST foram expressadas por SCA 6 x BE 10 e IMC 67 x CA 4. Tais resultados parecem evidenciar que não existe uma nítida associação entre PMST e taxa de incremento de PMST.

Tabela 22. Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter peso da matéria seca total (g) por planta, obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos bicolnais de cacau . Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Idade das plantas (em dias após a semeadura)				Média Geral
	93	125	156	186	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	
PA 121 x SIC 329	5,17±0,64	8,77±1,35	9,83±1,86	14,82±1,76	9,65±1,48
PA 150 x SIC 328	4,57±0,76	8,65±1,25	11,44±1,57	14,98±2,18	9,91±1,53
POUND 7 x SIAL 505	4,82±0,72	7,99±1,43	9,45±1,97	13,90±1,85	9,04±1,57
POUND 7 x BE 10	4,78±0,75	8,72±1,24	10,02±1,75	13,74±2,10	9,32±1,55
POUND 12 x SIAL 505	4,68±0,76	8,22±1,06	11,12±1,24	14,42±2,56	9,61±1,56
SCA 6 x BE 10	3,80±0,49	6,18±1,36	8,11±1,62	12,17±1,73	7,56±1,39
IMC 67 x CA 4	3,95±0,80	7,29±1,10	8,99±2,08	13,06±1,69	8,32±1,50
IMC 67 x SIC 802	5,56±0,75	8,69±1,12	10,51±1,76	14,38±1,95	9,78±1,48
SCA 6 x ICS 1	4,15±0,49	7,02±1,09	9,33±1,47	13,13±1,78	8,41±1,30
Média	4,61±0,69	7,95±1,23	9,87±1,72	13,84±1,97	9,07±1,49

d.m.s. para média de híbridos = 1,13; d.m.s. para média de idade = 0,40;

d.m.s. para idade dentro de híbridos = 1,21; d.m.s. para híbridos dentro de idade = 1,65

Analisando-se os valores de s , em função da variabilidade dentro de híbridos, observa-se que a maioria dos híbridos apresentou valores crescentes de acordo com a idade e que, em média, SCA 6 x BE 10 e SCA 6 x ICS 1 revelaram menor variabilidade.

As médias de percentagem do peso da matéria seca das raízes, caule e folhas, com relação ao peso de matéria seca total da plântula, são apresentadas na Tabela 23. Evidencia-se que em todas as fases experimentais a percentagem de matéria seca para diferentes partes da plântula apresentou-se na seguinte ordem decrescente: folhas, caule e raízes. Enquanto a proporção de matéria seca das folhas tendeu a decrescer com o aumento de idade das plântulas, verificou-se o contrário com referência à proporção de matéria seca das raízes e caule, em desacordo com os resultados obtidos por MONTE (1983). Provavelmente, as diferenças relativas a materiais genéticos e condições experimentais adotadas sejam os fatores responsáveis pelos resultados obtidos.

d) Índice de área foliar - IAF

Várias pesquisas em cacau têm demonstrado que durante a fase juvenil da planta a área foliar aumenta progressivamente com a idade (ALVIM & GRANGIER JR., 1966; ADENIKINJU, 1971; OYEBADE, 1972; MONTE, 1983; ALMEIDA & VALLE, 1988). Neste trabalho, sete híbridos biclonais, dos nove conside-

Tabela 23. Médias de percentagem do peso das diferentes partes secas da planta em relação ao peso da matéria seca total, referentes a plantas juvenis de híbridos bi-clonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

HÍBRIDOS	Idade das plantas (em dias após a semeadura)											
	93			125			156			186		
BICLONAI	raízes	caule	folhas	raízes	caule	folhas	raízes	caule	folhas	raízes	caule	folhas
PA 121 x SIC 329	21	23	56	25	25	50	27	30	43	27	34	39
PA 150 x SIC 328	22	24	54	22	26	52	25	31	44	26	33	41
POUND 7x SIAL 505	23	21	56	25	26	49	28	30	42	27	35	38
POUND 7x BE 10	23	23	54	23	29	48	26	33	41	26	36	38
POUND 12x SIAL 505	19	21	60	23	24	53	25	29	46	26	31	43
SCA 6 x BE 10	18	21	61	16	26	58	21	32	47	21	35	44
IMC 67 x CA 4	21	20	59	22	23	55	27	28	45	26	30	44
IMC 67 x SIC 802	21	21	58	27	24	49	26	29	45	24	33	43
SCA 6 x ICS 1	19	21	60	20	24	56	23	31	46	22	32	46
Média geral	21	22	57	23	25	52	25	30	45	25	33	42

rados nessa fase, apresentaram menor área foliar por planta aos 156 dias após a semeadura, em relação à avaliação anterior. Este fato foi resultante da ocorrência de lagartas (*Oiketicus* sp.) entre o quarto e o quinto mês de mensuração e pode ser visualizado na Tabela 24, onde constam as médias do caráter IAF. Observa-se que houve, de maneira geral, redução nas magnitudes das médias no citado período. O caráter IAF avalia a capacidade ou velocidade com que a parte aérea do vegetal (área foliar) ocupa a área de solo disponível aquele vegetal (LUCCHESI, 1984), constituindo-se num dos fatores determinantes da capacidade produtiva da planta (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977c).

Em cada fase experimental, existiram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os híbridos biclonais. Os maiores valores de IAF, aos 186 dias após a semeadura, foram encontrados nos híbridos IMC 67 x SIC 802, POUND 12 x SIAL 505, PA 150 x SIC 328, IMC 67 x CA 4, PA 121 x SIC 329 e SCA 6 x ICS 1, que atingiram 15,59, 15,44, 14,90, 14,40, 14,11 e 14,07, respectivamente. Os cruzamentos IMC 67 x CA 4 e PA 150 x SIC 328 registraram as maiores taxas de incremento entre a primeira e a última mensuração, enquanto IMC 67 x SIC 802 revelou o menor acréscimo. Como a obtenção de um IAF máximo com maior rapidez e de uma área foliar que permaneça ativa por mais tempo contribuem para maximizar a produtividade de uma cultura (BERNARDES, 1987), infere-se que a seleção precoce em cacau com base no IAF e na sua

Tabela 24. Médias ($\bar{x}$) e desvios padrões fenotípicos dentro de parcelas (s) referentes ao caráter índice de área foliar, obtidos em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau . Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Idade das plantas (em dias após a sementeira)				Média Geral
	93	125	156	186	
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	
PA 121 x SIC 329	8,51 $\pm$ 1,20	13,62 $\pm$ 2,06	11,10 $\pm$ 2,21	14,11 $\pm$ 1,86	11,84 $\pm$ 1,87
PA 150 x SIC 328	7,50 $\pm$ 1,62	17,44 $\pm$ 4,57	13,07 $\pm$ 2,35	14,90 $\pm$ 1,80	13,23 $\pm$ 2,84
POUND 7 x SIAL 505	7,69 $\pm$ 1,20	11,42 $\pm$ 2,36	10,34 $\pm$ 2,55	12,56 $\pm$ 1,99	10,50 $\pm$ 2,09
POUND 7 x BE 10	7,72 $\pm$ 1,04	12,31 $\pm$ 1,88	11,05 $\pm$ 1,88	12,70 $\pm$ 2,63	10,94 $\pm$ 1,94
POUND 12 x SIAL 505	8,77 $\pm$ 1,26	13,80 $\pm$ 2,35	13,96 $\pm$ 2,62	15,44 $\pm$ 2,86	12,99 $\pm$ 2,35
SCA 6 x BE 10	6,75 $\pm$ 1,06	10,88 $\pm$ 2,29	9,79 $\pm$ 1,75	12,49 $\pm$ 2,06	9,98 $\pm$ 1,85
IMC 67 x CA 4	7,21 $\pm$ 1,13	12,97 $\pm$ 2,94	11,60 $\pm$ 3,34	14,40 $\pm$ 2,13	11,54 $\pm$ 2,53
IMC 67 x SIC 802	9,99 $\pm$ 1,45	13,26 $\pm$ 1,74	12,42 $\pm$ 2,10	15,59 $\pm$ 2,34	12,82 $\pm$ 1,94
SCA 6 x ICS 1	7,60 $\pm$ 1,24	10,97 $\pm$ 1,74	11,14 $\pm$ 2,51	14,07 $\pm$ 1,85	10,94 $\pm$ 1,89
Média	7,97 $\pm$ 1,26	12,96 $\pm$ 2,58	11,61 $\pm$ 2,41	14,03 $\pm$ 2,20	11,64 $\pm$ 2,17

d.m.s. para média de híbridos = 1,66;

d.m.s. para média de idade = 0,70;

d.m.s. para idade dentro de híbridos = 2,09;

d.m.s. para híbridos dentro de idade = 2,67

taxa de incremento pode ser efetiva na identificação de materiais genéticos promissores para elevado rendimento.

Sabe-se que na fase inicial de crescimento da maioria das culturas, a taxa de produção de fotossintetizados aumenta progressivamente até um valor máximo em função do IAF (LUCCHESI, 1984; BERNARDES, 1987). Isto decorre da capacidade da planta em aproveitar melhor a energia luminosa. Por outro lado, o IAF depende das características da espécie, variando de acordo com a densidade de cobertura vegetal, distribuição horizontal entre folhas, distribuição vertical entre folhas e ângulo foliar, dentre outros fatores.

A expressão da variabilidade, em termos de desvios padrões fenotípicos dentro de parcela (s), seguiu um modelo não previzível, considerando-se o conjunto de híbridos avaliados. Enquanto POUND 12 x SIAL 505 e IMC 67 x SIC 802 revelaram valores de s crescentes com a idade, os demais cruzamentos apresentaram um padrão de variabilidade irregular. Maior variabilidade para o caráter em foco foi detectada nos cruzamentos PA 150 x SIC 328, IMC 67 x CA 4 e POUND 12 x SIAL 505.

Analisando conjuntamente os caracteres avaliados a nível de plantas individuais, observou-se a seguinte tendência decrescente de expressão de variabilidade: ALTP, IAF, PMST e DIAC, concordando com os resultados obtidos por ASCENSO & BARTLEY (1966).

e) Taxa de assimilação líquida - TAL

A variável TAL representa a atividade fotos-sintética líquida de uma unidade de área (fotossíntese menos respiração) ou as alterações na quantidade de matéria orgânica formada com a energia luminosa recebida (LUCCHESI, 1984; BERNARDES, 1987).

Apesar de o teste F ter mostrado a existência de diferenças não significativas para o efeito de tratamentos, considerando-se a análise da variância como parcelas subdivididas no tempo (Tabela 19), a comparação de médias de tratamentos pelo teste de Tukey revelou a presença de variabilidade entre os híbridos biclonais ($P < 0,05$), entre as médias dentro de idade (Tabela 25). Nas pesquisas realizadas por VELLO (1963), MONTE (1983) e ALMEIDA & VALLE (1988), não foram detectadas diferenças significativas entre os materiais genéticos avaliados para o caráter TAL, nas fases correspondentes deste trabalho.

É conhecido que no decurso do crescimento de uma planta, ocorre aumento do IAF, mas a sua TAL diminui, devido ao auto-sombreamento que as folhas superiores exercem sobre as inferiores (LUCCHESI, 1984). Neste trabalho, seis híbridos revelaram valores de TAL significativamente maiores na última avaliação, ou seja, entre 156 e 186 dias de idade, indicando, possivelmente, que o auto-sombreamento não era suficientemente relevante para afetar a atividade fotos-sintética líquida.

Tabela 25. Médias referentes ao caráter taxa de assimilação líquida ($\text{mg.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Período (em dias após a semeadura)			Média geral
	93-125	125-156	156-186	
PA 121 x SIC 329	8,92	2,80	13,75	8,49
PA 150 x SIC 328	9,98	5,60	8,58	8,05
POUND 7 x SIAL 505	8,82	4,48	13,25	8,85
POUND 7 x BE 10	11,12	3,52	10,98	8,54
POUND 12 x SIAL 505	8,62	7,30	7,85	7,92
SCA 6 x BE 10	7,85	5,70	12,55	8,70
IMC 67 x CA 4	10,35	4,12	10,75	8,41
IMC 67 x SIC 802	7,32	4,92	9,60	7,28
SCA 6 x ICS 1	8,42	8,12	10,25	8,93
Média	9,04	5,17	10,84	8,35

d.m.s. para médias de híbridos = 0,64; d.m.s. para média de período = 0,43;
d.m.s. para período dentro de híbridos = 1,30; d.m.s. para híbridos dentro de período = 1,53

Observando-se as magnitudes de TAL dentro de híbridos (Tabela 25), verifica-se que houve expressiva variação durante as fases experimentais, excetuando-se os valores apresentados pelos híbridos POUND 12 x SIAL 505 e SCA 6 x ICS 1, fato este decorrente, provavelmente, do aumento progressivo da área foliar nos citados híbridos. As médias de baixas magnitudes registradas, na maioria dos híbridos, entre 125 e 156 dias de idade, parecem ser resultantes da ocorrência de lagartas (*Oiketicus* sp.), conforme já citado no item anterior, as quais provocaram reduções da área foliar aos 125 dias de idade e da taxa de incremento do PMST entre 125 e 156 dias de idade (Tabela 22). Deve-se levar em consideração também que a metodologia adotada consistiu em amos-trar plantas diferentes em diversas idades, procedimento este sujeito a apresentar algumas dificuldades na interpreta-ção dos dados entre amostras.

Os melhores desempenhos foram verificados nos híbridos SCA 6 x ICS 1, POUND 7 x SIAL 505, SCA 6 x BE 10, POUND 7 x BE 10, PA 121 x SIC 329 e IMC 67 x CA 4, os quais registraram, respectivamente, os seguintes valores médios de TAL: 8,93, 8,85, 8,70, 8,54, 8,49, e 8,41 mg . dm⁻² . dia⁻¹. O valor médio de TAL entre 93 e 186 dias de idade foi de 8,35 mg . dm⁻² . dia⁻¹. MONTE (1983) trabalhando com quatro cultivares de cacau, no período de 29 a 126 dias de idade, obteve um valor médio de 10,12 mg . dm⁻² . dia⁻¹, enquanto ALMEIDA & VALLE (1988) avaliando dez híbridos biclonais,

no período de 60 a 225 dias após a emergência, registraram um valor médio de TAL de, aproximadamente, $7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. Deve-se destacar que em comparação com resultados obtidos durante o crescimento juvenil de outras espécies vegetais, a variável TAL em cacau assume valores relativamente baixos (GOODALL, 1950; ALVIM, 1962; OYEBADE, 1972). Entretanto uma planta com baixa TAL não significa necessariamente uma planta com baixa capacidade produtiva (ALVIM, 1962). O cacaueiro, por exemplo, apresenta baixo ponto de compensação, ou seja, com pouca energia solar recebida expressa uma atividade fotossintética eficiente.

f) Taxa de crescimento relativo - TCR

O caráter TCR avalia o crescimento relativo da planta, em termos de matéria seca formada, por unidade de tempo, em função do peso inicial (LUCCHESI, 1984).

Os valores de TCR obtidos em diferentes idades constam na Tabela 26. Observa-se que existiram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as médias de híbridos dentro de idade revelando a presença de variabilidade no conjunto avaliado; ao contrário das pesquisas de VELLO (1963), MONTE (1983) e ALMEIDA & VALLE (1988), que não detectaram diferenças significativas nos materiais genéticos estudados. De modo semelhante à variável TAL, observou-se grande variação dentro de híbridos durante as fases de experimentação e uma redução considerável nos valores obtidos entre 125 e 156 dias de idade.

Tabela 26. Médias referentes ao caráter taxa de crescimento relativo ($\text{mg.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Período (em dias após a semeadura)			Média geral
	93-125	125-156	156-186	
PA 121 x SIC 329	14,72	3,90	14,62	11,08
PA 150 x SIC 328	18,68	8,82	9,45	12,32
POUND 7 x SIAL 505	14,78	5,58	13,68	11,35
POUND 7 x BE 10	17,05	4,60	11,38	11,01
POUND 12 x SIAL 505	15,55	10,52	8,85	11,64
SCA 6 x BE 10	14,25	8,72	14,55	12,51
IMC 67 x CA 4	19,22	6,20	13,32	12,91
IMC 67 x SIC 802	12,35	6,62	11,15	10,04
SCA 6 x ICS 1	14,50	9,95	11,172	12,06
Média	15,68	7,21	12,08	11,66

d.m.s. para média de híbridos = 0,68; d.m.s. para média de período = 0,50;
d.m.s. para período dentro de híbridos = 1,50; d.m.s. para híbridos dentro de período = 1,75.

Os cruzamentos IMC 67 x CA 4, SCA 6 x BE 10 e PA 150 x SIC 328 apresentaram os maiores valores médios de TCR, os quais foram, respectivamente, os seguintes: 12,91, 12,51 e 12,32 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, enquanto IMC 67 x SIC 802 revelou o menor valor médio que foi de 10,04 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Ao mesmo tempo, IMC 67 x CA 4 e PA 150 x SIC 328 evidenciaram as maiores taxas de incremento de IAF e IMC 67 x SIC 802, a menor, conforme já citado no item 4.2.2. alínea d. Estes resultados parecem sugerir que os híbridos com maior TCR são, geralmente, os que apresentam também maior incremento no IAF, em acordo com as observações de ALVIM (1962) e LUCCHESI (1984). O valor encontrado da TCR média, entre 93 e 186 dias de idade, foi de 11,66 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Os resultados obtidos por MONTE (1983) e ALMEIDA & VALLE (1988), ao avaliarem diferentes materiais genéticos de cacau, respectivamente, entre 29 e 126 dias de idade e 60 e 225 dias após a emergência, foram de 22,80 e, aproximadamente, 11,0 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$.

g) Razão de área foliar - RAF

Na Tabela 27, são apresentadas as médias da relação entre área foliar e peso da matéria seca total (RAF), obtidas durante as fases experimentais. Foi observada a existência de diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os híbridos biclonais avaliados, para as médias de híbridos dentro de idade. Durante a ontogenia das plantas, observou-

Tabela 27. Médias referentes ao caráter razão de área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau . Estação Experimental Paulo Dias Morelli , Me dicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Período (em dias após a sementeira)			Média geral
	93-125	125-156	156-186	
PA 121 x SIC 329	81,77	68,43	52,62	67,61
PA 150 x SIC 328	97,56	78,26	54,54	76,79
POUND 7 x SIAL 505	77,07	64,34	50,42	63,94
POUND 7 x BE 10	76,58	64,68	51,37	64,21
POUND 12 x SIAL 505	90,19	73,99	59,24	74,47
SCA 6 x BE 10	90,92	74,54	56,74	74,07
IMC 67 x CA 4	92,42	77,76	60,80	76,99
IMC 67 x SIC 802	83,91	68,90	57,93	70,25
SCA 6 x ICS 1	85,75	69,69	57,72	71,05
Média	86,24	71,18	55,71	71,04

d.m.s. para média de híbridos = 2,90; d.m.s. para média de período = 0,69;

d.m.s. para período dentro de híbridos = 2,08; d.m.s. para híbridos dentro de período = 3,57.

se uma nítida tendência de decréscimo nos valores de RAF, provavelmente devido as maiores taxas registradas de incremento na produção de matéria seca das raízes e do caule. O crescimento do caule e do sistema radicular em taxas mais elevadas deve constituir drenos competitivos por fotossintetizados com as folhas contribuindo, em decorrência, para a obtenção de valores decrescentes de RAF com a ontogenia das plantas. OYEBADE (1972) obteve valores decrescentes de RAF, ao avaliar quatro variedades de cacau, no período de quatro a 24 semanas de idade e ALMEIDA & VALLE (1988) registraram também resultados semelhantes.

De acordo com BUTTERY & BUZZELL (1972), nas plantas com baixa RAF as folhas têm dreno mais ativo para seus produtos fotossintéticos do que as folhas de plantas com RAF elevada e que baixa RAF pode favorecer taxas elevadas de fotossíntese. Os resultados desta pesquisa mostram que as maiores médias gerais foram registradas pelos cruzamentos IMC 67 x CA 4, PA 150 x SIC 328 e POUND 12 x SIAL 505, os quais apresentaram, respectivamente, os seguintes valores de RAF: 76,99, 76,79 e 74,47 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, enquanto POUND 7 x SIAL 505 e POUND 7 x BE 10 revelaram os menores valores médios, que foram, respectivamente, de 63,94 e 64,21 $\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

h) Taxa de produção de matéria seca - TPMS

A TPMS, denominada também de capacidade fotos

sintética ou produtividade primária líquida, é uma das variáveis mais importantes, pois avalia o desenvolvimento da planta, relacionando a quantidade de carboidratos formados, na área de solo ocupada pela planta, por unidade de tempo (LUCCHESI & MINAMI, 1980). HUTCHEON (1977c) considera a capacidade de rendimento em cacau dependente da TPMS e da maneira pela qual a planta divide os fotoassimilados entre crescimento vegetativo e reprodutivo, sobretudo a proporção usada na produção de sementes.

A comparação de médias de tratamentos pelo teste de Tukey detectou diferenças significativas ($P < 0,05$) nos valores do caráter TPMS, entre as médias de híbridos dentro de idade (Tabela 28), muito embora o teste F não tenha revelado diferenças significativas para efeito de tratamentos (Tabela 19). As maiores magnitudes foram obtidas no período entre 156 e 186 dias de idade. Verifica-se, também, que sete híbridos apresentaram redução nos valores de TPMS, no período entre 125 e 156 dias de idade, em virtude dos decréscimos nos valores de TAL e IAF, respectivamente, em igual período (Tabela 25) e aos 156 dias (Tabela 24), pois a TPMS é determinada pelos referidos caracteres, de acordo com ALVIM & ALVIM (1969). Os híbridos POUND 12 x SIAL 505 e SCA 6 x ICS 1 apresentaram uma tendência crescente de expressão dos valores de TPMS, pois o caráter IAF revelou um crescimento progressivo com a idade das plântulas e a TAL mostrou pequena variação nos citados cruzamentos, conforme já discu

Tabela 28. Médias referentes ao caráter taxa de produção de matéria seca ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), obtidas em diferentes idades de plantas juvenis de híbridos biclonais de cacau. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA, 1988.

Híbridos biclonais	Período (em dias após a sementeira)			Média geral
	93-125	125-156	156-186	
PA 121 x SIC 329	9,70	3,57	17,30	10,19
PA 150 x SIC 328	11,62	8,48	12,26	10,79
POUND 7 x SIAL 505	8,40	4,59	15,45	9,48
POUND 7 x BE 10	10,93	4,07	13,38	9,46
POUND 12 x SIAL 505	9,52	9,72	11,05	10,10
SCA 6 x BE 10	6,81	6,05	14,05	8,97
IMC 67 x CA 4	10,15	4,84	14,11	9,70
IMC 67 x SIC 802	8,43	6,08	13,45	9,32
SCA 6 x ICS 1	7,74	7,74	12,72	9,40
Média	9,26	6,13	13,75	9,51

d.m.s. para média de híbridos = 0,92;

d.m.s. para média de período = 0,53;

d.m.s. para período dentro de híbridos = 1,58;

d.m.s. para híbridos dentro de período = 1,91.

tido. O crescimento do IAF proporciona incrementos na TPMS, devido a um melhor aproveitamento da energia luminosa, porém, em virtude do auto-sombreamento das folhas, a taxa fotossintética média por unidade de área foliar decresce (LUCCHESI, 1984).

Considerando-se o comportamento dos híbridos, independentemente das fases de estudo, verifica-se que PA 150 x SIC 328, PA 121 x SIC 329 e POUND 12 x SIAL 505 apresentaram os maiores valores médios, os quais foram, respectivamente, os seguintes: 10,79, 10,19 e 10,10 g . m⁻² . dia⁻¹. Estes dados demonstram a maior capacidade dos citados híbridos, em produzir maior quantidade de matéria seca por unidade de área disponível.

Em resumo, a análise quantitativa de crescimento na fase juvenil revelou a existência de diferenças significativas entre os nove híbridos biclonais, para as variáveis ALTP, DIAC, PMST, IAF, TAL, TCR, RAF e TPMS, sugerindo possíveis ganhos genéticos através de seleção. Os híbridos que expressaram um desempenho favorável com referência a um maior número de variáveis de possível interesse em processo de seleção precoce, foram os seguintes: PA 150 x SIC 328, PA 121 x SIC 329, POUND 12 x SIAL 505, POUND 7 x SIAL 505 e POUND 7 x BE 10, sobretudo o primeiro citado, que apresentou também valores máximos para PMST, IAF e TPMS. Nos híbridos PA 150 x SIC 328, PA 121 x SIC 329 e POUND 12 x SIAL 505,

as variáveis de maior expressão comuns aos mesmos foram: ALTP, DIAC, PMST, IAF e TPMS, sendo que os dois primeiros citados destacaram-se também, com relação a TCR e TAL, respectivamente. Os híbridos POUND 7 x SIAL 505 e POUND 7 x BE 10 apresentaram magnitudes relevantes para ALTP, DIAC, PMST e TAL e os menores valores para RAF, destacando-se o primeiro citado, que reuniu elevado valor de TAL e menor magnitude de RAF, pois segundo BUTTERY & BUZZELL (1972), baixa RAF pode favorecer taxas elevadas de fotossíntese. Considerando-se, contudo, que as variáveis IAF, TAL e TPMS constituem os principais fatores determinantes da capacidade produtiva de uma planta (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977c), o cruzamento PA 121 x SIC 329, um dos mais produtivos na fase adulta, foi o único a apresentar valores médios relativamente expressivos para os citados caracteres, muito embora esses valores não tenham assumido magnitude máxima no conjunto avaliado. O híbrido SCA 6 x ICS 1, que expressou excelente desempenho produtivo na fase adulta, destacou-se apenas com relação à variável TAL, apresentando a maior magnitude.

4.3. Seleção precoce para produção com base em caracteres quantitativos de crescimento em plantas juvenis

A possibilidade de utilizar a seleção precoce em cacau tem sido pouco investigada e, até o momento, os

resultados obtidos não são satisfatórios no sentido de tornar a seleção em viveiro uma prática confiável na identificação de genótipos mais produtivos.

O termo seleção precoce é utilizado neste trabalho para designar a prática de seleção em viveiro, ou seja, durante a fase inicial de crescimento da planta, fase esta correspondente aos seis meses após a sementeira.

A Tabela 29 contém os valores médios observados do caráter PSUP ($\bar{Y}_i$), na fase adulta e das variáveis ALTP ($\bar{X}_{1i}$), DIAC ($\bar{X}_{2i}$), PMST ($\bar{X}_{3i}$), IAF ($\bar{X}_{4i}$), TAL ($\bar{X}_{5i}$), TCR ($\bar{X}_{6i}$), RAF ($\bar{X}_{7i}$) e TPMS ($\bar{X}_{8i}$), na fase juvenil. Esses valores foram utilizados para a obtenção das 17 equações de regressão múltipla apresentadas na Tabela 30, assim como, dos quadrados médios dos desvios de regressão (QM_{Desvios}) e das estimativas dos coeficientes de correlação múltipla (R), de determinação (R^2) e de determinação ajustado (R^2_{aj}).

O coeficiente de determinação (R^2) indica a proporção da produção estimada pela equação de regressão múltipla que é explicada pelas variáveis independentes (STEEL & TORRIE, 1980), constituindo uma medida descritiva da qualidade do ajustamento obtido (HOFFMANN & VIEIRA, 1983). Contudo o número de observações da amostra influencia o valor

Tabela 29. Valores médios observados do caráter PSUP ($\bar{Y}$), obtidos na fase adulta e dos caracteres ALTP ($\bar{X}_1$), DIAC ($\bar{X}_2$) PMST ($\bar{X}_3$), IAF ($\bar{X}_4$), TAL ($\bar{X}_5$), TCR ($\bar{X}_6$), RAF ($\bar{X}_7$) e TPMS ($\bar{X}_8$), obtidos na fase juvenil, em híbridos biclonais de cau^{a/}. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos Biclonais	$\bar{Y}$	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	$\bar{X}_5$	$\bar{X}_6$	$\bar{X}_7$	$\bar{X}_8$
PA 121 x SIC 329	5,02	35,94	8,97	9,65	11,84	8,49	11,08	67,61	10,19
PA 150 x SIC 328	3,87	37,71	8,96	9,91	13,23	8,05	12,32	76,79	10,79
POUND 7 x SIAL 505	5,96	35,80	8,63	9,04	10,50	8,85	11,35	63,94	9,48
POUND 7 x BE 10	4,08	39,32	8,67	9,32	10,94	8,54	11,01	64,21	9,46
POUND 12 x SIAL 505	4,18	37,13	8,74	9,61	12,99	7,92	11,64	74,47	10,10
SCA 6 x BE 10	4,50	34,02	7,88	7,56	9,98	8,70	12,51	74,07	8,97
IMC 67 x CA 4	3,92	31,15	8,30	8,32	11,54	8,41	12,91	76,99	9,70
IMC 67 x CATONGO	4,19	37,41	8,83	9,78	12,82	7,28	10,04	70,25	9,32
SCA 6 x ICS 1	6,52	36,14	8,11	8,41	10,94	8,93	12,06	71,05	9,40

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

$\bar{Y}$ - Referente a média dos anos de 1987 e 1988, respectivamente, 9º e 10º anos após a implantação;

$\bar{X}_1$ a $\bar{X}_4$ - Referentes a média de quatro fases juvenis (aos 93, 125, 156 e 186 dias após a semeadura);

$\bar{X}_5$ a $\bar{X}_8$ - Referentes a média de três períodos juvenis (93-125, 125-156 e 156-186 dias após a semeadura).

de R^2 o qual tende a crescer, quando o número de observações diminui. Para resolver esse inconveniente, foi proposto o coeficiente de determinação ajustado para graus de liberdade (HOFFMANN & VIEIRA), 1983), indicado neste trabalho por R^2_{aj} .

A análise da Tabela 30 revela que o maior valor de R^2_{aj} (= 0,7043) foi obtido quando se utilizaram ALTP, PMST, IAF, TAL, TCR, RAF e TPMS como variáveis explicativas do caráter PSUP, cuja equação de regressão múltipla é:

$$\hat{\bar{Y}}_1 = -168,8720 - 0,5106 \bar{X}_1 + 15,8378 \bar{X}_3 - 4,2922 \bar{X}_4 + \\ + 12,3933 \bar{X}_5 - 2,8351 \bar{X}_6 + 1,8459 \bar{X}_7 - 10,6296 \bar{X}_8$$

Outro resultado relativamente semelhante ao citado anteriormente refere-se à utilização dos caracteres DIAC, PMST, TAL, TCR, RAF e TPMS para predizer a produção de cacau úmido por planta. Esta equação com $R^2_{aj} = 0,6826$ é:

$$\hat{\bar{Y}}_4 = -278,2150 + 15,4112 \bar{X}_2 + 6,8788 \bar{X}_3 + 16,5755 \bar{X}_5 - \\ - 2,2534 \bar{X}_6 + 1,7583 \bar{X}_7 - 15,2951 \bar{X}_8$$

As equações 1 e 4 (Tabela 30) revelaram os maiores valores de R^2_{aj} , evidenciando-se "a priori" como as melhores equações para predizer a produtividade futura de híbridos de cacau. Contudo os valores de R^2_{aj} e os $QM_{Desvios}$ das citadas equações foram não significativos e significativos respectivamente, indicando que as variáveis independentes consideradas no modelo não explicam, adequadamente, as

Tabela 30. Equações de regressão múltipla ($\hat{Y}$), coeficientes de correlação múltipla (R), coeficientes de determinação (R^2), coeficientes de determinação ajustados (R^2_{aj}) e quadrados médios dos desvios da regressão ($QM_{Desvios}$) para diferentes combinações entre PSUP ($\bar{Y}$) na fase adulta e ALTP ($\bar{X}_1$), DIAC ($\bar{X}_2$), PMST ($\bar{X}_3$), IAF ($\bar{X}_4$), TAL ($\bar{X}_5$), TCR ($\bar{X}_6$), RAF ($\bar{X}_7$) e TPMS ($\bar{X}_8$) na fase juvenil, em híbridos bicolnais de cacau^{a/}.
Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

$\hat{Y}$	R	R^2	R^2_{aj}	$QM_{Desvios}$
1 - 168,8720 - 0,5106 $\bar{X}_1$ + 15,8378 $\bar{X}_3$ - 4,2922 $\bar{X}_4$ + 12,3933 $\bar{X}_5$ - 2,8351 $\bar{X}_6$ + 1,8459 $\bar{X}_7$ - 10,6296 $\bar{X}_8$	0,9813	0,9630	0,7043ns	0,2681*
2 - 397,8760 + 21,3948 $\bar{X}_2$ + 12,2368 $\bar{X}_3$ - 1,9506 $\bar{X}_4$ + 21,9714 $\bar{X}_5$ - 2,8657 $\bar{X}_6$ + 2,7064 $\bar{X}_7$ - 21,7561 $\bar{X}_8$	0,9721	0,9450	0,5599ns	0,3991**
3 - 480,9830 + 0,2704 $\bar{X}_1$ + 30,9214 $\bar{X}_2$ + 8,4813 $\bar{X}_3$ + 25,3389 $\bar{X}_5$ - 2,6684 $\bar{X}_6$ + 2,8473 $\bar{X}_7$ - 25,6010 $\bar{X}_8$	0,9641	0,9295	0,4359ns	0,5115**
4 - 278,2150 + 15,4112 $\bar{X}_2$ + 6,8788 $\bar{X}_3$ + 16,5755 $\bar{X}_5$ - 2,2534 $\bar{X}_6$ + 1,7583 $\bar{X}_7$ - 15,2951 $\bar{X}_8$	0,9595	0,9206	0,6826ns	0,2878**
5 - 73,9514 - 0,2323 $\bar{X}_1$ + 4,9303 $\bar{X}_3$ + 7,5994 $\bar{X}_5$ - 1,8436 $\bar{X}_6$ + 0,6530 $\bar{X}_7$ - 4,7412 $\bar{X}_8$	0,9468	0,8964	0,5854ns	0,3759**
6 - 95,3271 + 5,4850 $\bar{X}_2$ + 1,7414 $\bar{X}_4$ + 7,9944 $\bar{X}_5$ - 1,7568 $\bar{X}_6$ + 0,4816 $\bar{X}_7$ - 4,9157 $\bar{X}_8$	0,9163	0,8396	0,3582ns	0,5820**
7 - 31,8192 + 1,3136 $\bar{X}_4$ + 4,9412 $\bar{X}_5$ - 1,5808 $\bar{X}_6$ + 0,1841 $\bar{X}_7$ - 1,5139 $\bar{X}_8$	0,8998	0,8097	0,4925ns	0,4602**
8 - 56,1160 + 2,6532 $\bar{X}_3$ + 5,8836 $\bar{X}_5$ - 1,8606 $\bar{X}_6$ + 0,5053 $\bar{X}_7$ - 2,7382 $\bar{X}_8$	0,8934	0,7982	0,4618ns	0,4880**
9 - 25,2061 + 1,7891 $\bar{X}_4$ + 4,2291 $\bar{X}_5$ - 0,4962 $\bar{X}_6$ - 2,1075 $\bar{X}_8$	0,8773	0,7696	0,5392*	0,4179**
10 - 27,1123 + 0,1170 $\bar{X}_3$ + 4,1874 $\bar{X}_5$ - 2,4063 $\bar{X}_6$ + 0,3353 $\bar{X}_7$	0,8543	0,7298	0,4597ns	0,4899**
11 - 71,1420 - 0,5400 $\bar{X}_1$ - 11,8901 $\bar{X}_2$ + 8,2031 $\bar{X}_3$ - 1,6751 $\bar{X}_4$	0,8068	0,6509	0,3018ns	0,6331**
12 - 24,0181 + 4,0105 $\bar{X}_5$ - 2,3730 $\bar{X}_6$ + 0,3220 $\bar{X}_7$	0,8518	0,7255	0,5608*	0,3983**
13 - 24,1247 + 1,7268 $\bar{X}_4$ + 3,6682 $\bar{X}_5$ - 2,2573 $\bar{X}_8$	0,7869	0,6192	0,3907ns	0,5525**
14 - 2,5803 + 1,5426 $\bar{X}_5$ - 0,4813 $\bar{X}_6$	0,7448	0,5546	0,4062ns	0,5384**
15 - 1,8049 + 1,0774 $\bar{X}_5$ - 0,2575 $\bar{X}_8$	0,6475	0,4192	0,2256ns	0,7022**
16 - 4,9044 + 1,1491 $\bar{X}_5$	0,6311	0,3983	0,3123ns	0,6236**
17 - 134,8159 - 33,3761 $\bar{X}_5$ + 2,1234 $\bar{X}_5^2$	0,8743	0,7644	0,6859**	0,2848**

a/ Vide simbologia no Apêndice 7.

$\bar{Y}$ - Referente a média dos anos de 1987 e 1988, respectivamente, 99 e 109 anos após a implantação;

$\bar{X}_1$ a $\bar{X}_4$ - Referentes a média de quatro fases juvenis (aos 93, 125, 156 e 186 dias após a semeadura);

$\bar{X}_5$ a $\bar{X}_8$ - Referentes a média de três períodos juvenis (93-125, 125-156 e 156-186 dias após a semeadura).

*, ** Significativos aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

ns Não significativo.

variações observadas entre os híbridos biclonais estudados, com relação ao peso das sementes úmidas por planta (variável dependente) na fase adulta. Os valores obtidos relativamente expressivos dos R^2_{aj} devem ser atribuídos ao número elevado de variáveis independentes utilizadas, em relação ao número restrito de observações. Em função de tais fatos, as equações em foco não devem ser utilizadas em processo de seleção precoce em cacau.

Nas equações 2, 5 e 12, os valores de R^2_{aj} foram relativamente semelhantes, apesar de terem contemplado números diferentes de variáveis explicativas, em diversas combinações. Enquanto as equações 2 e 5 envolveram, respectivamente, sete e seis variáveis independentes, a equação 12, com apenas três caracteres, expressou, praticamente, o mesmo valor do R^2_{aj} referente às duas primeiras citadas equações. Nota-se, também, que as variáveis TAL, TCR e RAF são as únicas comuns às equações em foco, assim como são componentes das equações 1 e 4, que revelaram os maiores valores de R^2_{aj} . Em princípio, estes resultados parecem indicar que os citados caracteres constituem componentes relevantes no processo de seleção precoce para produtividade em cacau. Contudo é interessante notar que as equações 3, 6, 7, 8 e 10, contemplaram também a participação de TAL, TCR e RAF, combinadas com outras variáveis independentes e seus R^2_{aj} foram consideravelmente baixos para ter qualquer valor prático em processo de predição da produtividade de cacau úmido por planta na fase adulta. Estes resultados, aparentemente con-

flitantes em termos biológicos, decorrem do fato de que a inclusão de variáveis desnecessárias é prejudicial, pois aumenta, em geral, a variância dos estimadores (HOFMANN & VIEIRA, 1983). Deve-se lembrar também, que dentre as referidas equações, apenas na 12, evidenciou-se significância ($P < 0,05$) para o valor de R^2_{aj} , embora o QM_{Desvios} significativo a nível de 1% de probabilidade, indique que a avaliação na fase juvenil com base nas variáveis TAL, TCR e RAF não é suficientemente confiável para predizer as variações de produção na fase adulta.

Outra situação interessante refere-se à equação 13, a qual contemplou apenas as variáveis IAF, TAL e TPMS preconizadas como determinantes de capacidade produtiva de uma planta (ALVIM, 1977; HUTCHEON, 1977c). O baixo valor de R^2_{aj} ($= 0,3907$) e sua não significância inviabilizam a indicação desta equação em processo de seleção precoce em cacau.

Entre as variáveis independentes utilizadas, a TAL proporcionou sempre a maior ou segunda contribuição, em todas as equações para predizer o PSUP, excetuando a equação 11, corroborando as observações de ALVIM (1977) e HUTCHEON (1977c), quanto à sua importância no processo produtivo. A equação 17, a qual representa o melhor resultado desta pesquisa para predizer a produção de cacau úmido no estágio adulto, envolveu somente a referida variável. Utilizando-se o método de regressão linear múltipla passo a pas

so, com eliminação de variáveis, a nível de 10,0% de probabilidade, verificou-se que apenas a variável TAL explicava significativamente ($P < 0,03$ pelo teste t) o PSUP. Observou-se, também, que não existe uma relação linear entre os valores dos citados caracteres. Em vista de tais evidências, adotou-se o modelo de regressão quadrático e obteve-se a seguinte equação, com $R^2_{aj} = 0,6859^{**}$:

$$\hat{Y}_{17} = 134,8159 - 33,3761 \bar{X}_5 + 2,1233 \bar{X}_5^2$$

O valor de R^2_{aj} e sua significância conferem confiabilidade à equação 17 para uso em processo de seleção precoce em cacau. Entretanto a significância ($P < 0,01$) do $QM_{Desvios}$ indica que as variações observadas entre os híbridos biclonais no estágio adulto, para o caráter PSUP, não são explicadas apenas pelas variações detectadas na fase juvenil, para a variável TAL e que outras variáveis não contempladas nesta pesquisa devem exercer influência sobre o PSUP.

As classificações obtidas pelos híbridos biclonais de cacau, com base no peso médio das sementes úmidas por planta de dois anos de colheita, são apresentadas na Tabela 31, para as equações 1, 4 e 17. Verifica-se que os valores estimados pelas equações 1 e 4 apresentaram um bom nível de concordância com os valores observados do caráter PSUP, devido ao número elevado de variáveis independentes envolvidas, em relação ao número restrito de híbridos em avaliação. Entretanto, em termos estatísticos, conforme

Tabela 31. Valores médios observados ($\bar{Y}$) e esperados ($\hat{\bar{Y}}$) do peso das sementes úmidas por planta (em kg) de dois anos de colheita, para nove híbridos biclonais de cacau, pelas equações de regressão múltipla 1, 4 e 17 (respectivamente, $\hat{\bar{Y}}_1$, $\hat{\bar{Y}}_4$ e $\hat{\bar{Y}}_{17}$) e suas classificações (entre parênteses). Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Híbridos Biclonais	$\bar{Y}$	$\hat{\bar{Y}}_1$	$\hat{\bar{Y}}_4$	$\hat{\bar{Y}}_{17}$
PA 121 x SIC 329	5,02(3)	5,08(3)	5,18(3)	4,51(5)
PA 150 x SIC 328	3,87(9)	3,93(8)	3,69(9)	3,74(8)
POUND 7 x SIAL 505	5,96(2)	5,71(2)	5,51(2)	5,74(2)
POUND 7 x BE 10	4,08(7)	4,30(5)	4,46(4)	4,64(4)
POUND 12 x SIAL 505	4,18(6)	3,87(9)	4,09(8)	3,67(9)
SCA 6 x BE 10	4,50(4)	4,39(4)	4,29(5)	5,16(3)
IMC 67 x CA 4	3,92(8)	4,10(7)	4,25(6)	4,30(7)
IMC 67 x CATONGO	4,19(5)	4,26(6)	4,16(7)	4,37(6)
SCA 6 x ICS 1	6,52(1)	6,63(1)	6,62(1)	6,10(1)

EQUAÇÕES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

$$\hat{\bar{Y}}_1 = -168,8720 - 0,5106 \bar{X}_1 + 15,8378 \bar{X}_3 - 4,2922 \bar{X}_4 + 12,3933 \bar{X}_5 - 2,8351 \bar{X}_6 + 1,8459 \bar{X}_7 - 10,6296 \bar{X}_8$$

$$\hat{\bar{Y}}_4 = -278,2150 + 15,4112 \bar{X}_2 + 6,8788 \bar{X}_3 + 16,5755 \bar{X}_5 - 2,2534 \bar{X}_6 + 1,7583 \bar{X}_7 - 15,2951 \bar{X}_8$$

$$\hat{\bar{Y}}_{17} = 134,8159 - 33,3761 \bar{X}_5 + 2,1234 \bar{X}_5^2$$

já registrado, as referidas equações não oferecem confiabilidade para predizer o caráter PSUP. Por outro lado, os valores estimados pela equação 17, que foi o melhor resultado desta pesquisa, revelaram um nível razoável de concordância com os valores observados do caráter PSUP, podendo incorrer em erros de predição abaixo de 15,0%, para alguns híbridos. Para selecionar os quatro híbridos mais produtivos (SCA 6 x ICS 1, POUND 7 x SIAL 505, PA 121 x SIC 329 e SCA 6 x BE 10) pela produção estimada, seria necessário incluir apenas os cinco melhores pela equação 17. Comparando-se estes resultados com os obtidos na avaliação da fase adulta (vide item 4.1.2.), nota-se que o híbrido SCA 6 x BE 10, entre os mais produtivos com referência ao PSUP, não apresentou um desempenho agrônômico favorável, quando considerou-se, conjuntamente, os principais componentes de produção, sobretudo devido à baixa magnitude do índice de semente (INSE), caráter este que deve expressar valores em torno de um grama para atender as exigências das indústrias manufatureiras. Esta constatação evidencia o fato de que a divisão na planta de fotoassimilados entre crescimento vegetativo e reprodutivo, especialmente a proporção destinada à produção de sementes, conforme observa HUTCHEON (1977c), constitui um dos fatores principais da capacidade de rendimento em cacau e que as variáveis independentes contempladas neste estudo não são apropriadas para identificar materiais genéticos na fase juvenil, que realizassem uma melhor partição de fotossintetizados na planta no estágio adulto.

A utilização da análise da regressão linear múltipla para predizer o potencial futuro de híbridos biclonais de cacau pode trazer o inconveniente de incluir entre os materiais genéticos mais produtivos aqueles apresentando também caracteres indesejáveis, como por exemplo, baixo INSE. Esta desvantagem do método em pauta pode ser contornada, em parte, utilizando-se no programa de produção de híbridos biclonais progenitores femininos possuidores de sementes grandes, uma vez que existem evidências da ocorrência no cultivar SCA 6 de dominância negativa manifestada na forma e tamanho da semente (BAEZ, 1984). Deve-se lembrar, também, que esta pesquisa apresenta outras limitações, devido, especialmente, aos seguintes fatores: a) número restrito de materiais genéticos estudados; b) pouco tempo de avaliação na fase adulta, tendo em vista a vida produtiva do cacaueiro e c) longo período ocorrido entre as fases juvenis de avaliação (média de 31 dias). Em vista do exposto é recomendável que sejam realizadas mais pesquisas nesta área, considerando maior número de materiais genéticos, maior período de colheitas, melhor controle experimental na avaliação juvenil (uso de casa de vegetação, cultivo em solução nutritiva, medições em intervalos de 14 dias, dentre outras medidas), como também, a inclusão de outras variáveis fisiológicas ou bioquímicas, que permitam identificar na fase juvenil materiais genéticos que expressem maior eficiência na utilização de energia solar.

5. CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa possibilitaram as seguintes conclusões:

a) Na fase adulta, os doze híbridos biclonais estudados apresentaram comportamentos diferenciados nos dois anos de experimentação, com referência aos caracteres peso das sementes úmidas por fruto, número de frutos colhidos por planta e número de frutos sadios por planta evidenciando que a utilização de dados de componentes de produção de anos individuais, para avaliar o desempenho agrônomo de materiais genéticos de cacau, pode gerar dúvidas na identificação dos mais promissores.

b) Os melhores desempenhos agrônômicos foram observados para os híbridos biclonais POUND 7 x SIAL 505, SCA 6 x ICS 1, PA 121 x SIC 329 e IMC 67 x CATONGO, sobretudo para os dois primeiros citados, os quais revelaram um potencial produtivo superior a 2.700 kg de cacau/seco/ha/ano, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m, enquanto os dois últimos mostraram uma produção potencial acima de 1.900 kg. Valores de índice de semente inferiores a um grama foram

registrados para os híbridos IMC 67 x CA 4, POUND 12 x SIAL 505, POUND 12 x SIC 329 e SCA 6 x BE 10, principalmente para o último citado.

c) As estimativas dos coeficientes de variação genética e de determinação genotípica indicam que os doze híbridos biclonais de cacau avaliados apresentam suficiente diversidade genética a ser explorada por técnicas seletivas, para as variáveis diâmetro do tronco, peso das sementes úmidas por planta, peso das sementes úmidas ou secas por fruto, número de sementes por fruto, peso individual da semente úmida, índice de semente, número de frutos colhidos ou sadios por planta, índice de fruto e peso de fruto.

d) Os elevados valores obtidos das estimativas dos coeficientes de determinação genotípica indicam que a seleção pode ser eficiente na alteração das médias dos doze híbridos biclonais de cacau, para os caracteres agronômicos avaliados. Entretanto, considerando-se que o presente estudo foi realizado em apenas um local e com dados obtidos em um período relativamente curto, para culturas de ciclo longo como o cacau e que as estimativas de $\hat{b}_m$ têm um valor prático limitado, as conclusões apresentadas inicialmente, devem ser vistas com a devida cautela.

e) Existem elevadas correlações fenotípicas e genotípicas entre peso das sementes secas por planta e número de frutos sadios por planta. Todavia, em termos genéticos, à medida que ocorre aumento do número de frutos produzidos por planta, verifica-se redução do índice de semente, peso das sementes secas por fruto, peso do fruto e fator de conversão do peso das sementes úmidas para peso da matéria seca das sementes.

f) Em termos genéticos, o aumento no peso do fruto proporciona incremento no peso das sementes secas por fruto, índice de semente e, em menor proporção, no número de sementes por fruto. Por outro lado, não existe associação genotípica entre número de sementes por fruto e índice de semente, indicando que o tamanho da semente pode ser aumentado sem afetar o número destas no fruto.

g) O elevado coeficiente de correlação genotípica entre altura do fuste e peso das sementes secas por planta é de baixa confiabilidade como o indicador indireto da produção de plantas adultas de cacau, devido ter revelado um efeito direto negativo.

h) O número de frutos sadios por planta e o peso das sementes secas por fruto devem ser considerados como os principais componentes na avaliação do potencial

produtivo de híbridos biclonais de cacau, baseado nas elevadas magnitudes dos efeitos diretos e indiretos observados nas análises de caminhamento.

i) O número de sementes por fruto e o índice de semente constituem os principais responsáveis pelo peso das sementes secas por fruto e devem ser considerados como componentes secundários de produção, haja vista que apresentaram efeitos diretos e indiretos de expressiva magnitude.

j) Na fase juvenil verificou-se a existência de diferenças significativas entre os nove híbridos biclonais, para as variáveis altura da plântula, diâmetro do caule, peso da matéria seca total, índice de área foliar, taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo, razão de área foliar e taxa de produção de matéria seca, indicando possíveis ganhos genéticos através de seleção. Os valores registrados para altura da plântula, diâmetro do caule e peso da matéria seca total apresentaram uma tendência crescente de expressão com a ontogenia das plantas, enquanto para a variável razão de área foliar observou-se o contrário. Por outro lado, verificou-se, de modo geral, uma expressiva variação dentro de híbridos, durante as fases experimentais, para taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo e taxa de produção de matéria seca.

k) O híbrido PA 121 x SIC 329 foi o único a apresentar valores médios relativamente expressivos, durante a fase juvenil, para índice de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de produção de matéria seca, caracteres estes considerados como os principais determinantes da capacidade produtiva de uma planta, muito embora esses valores não tenham assumido magnitude máxima no conjunto avaliado. O maior valor médio da taxa de assimilação líquida foi verificado no cruzamento SCA 6 x ICS 1.

l) Existe a possibilidade de se praticar seleção precoce para elevado rendimento em híbridos biclonais de cacau, pois o caráter taxa de assimilação líquida avaliado na fase juvenil, foi suficiente para explicar cerca de 69% da variação do peso das sementes úmidas por planta no estágio adulto. A predição de rendimento via taxa de assimilação líquida não foi perfeita, pois o quadrado médio dos desvios tendo sido significativo, mostra o possível efeito de outras variáveis não contempladas neste estudo e, conseqüentemente, a necessidade de novas pesquisas nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENIKINJU, S.A. A comparative study of the performance of six different cocoa types. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 3., Accra, 1969. Proceedings. Tafo, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1971. p. 579-83.
- ADENIKINJU, S.A. Relationships between leaf area per seedling and growth parameters in cocoa. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977. p. 195-8.
- AHNERT, D.; BARTLEY, B.G.D.; KOBAYASHI, R.S.; FERREIRA, N.P.; SILVA, F.C.O. Recursos genéticos. In: CEPLAC. Coordenadoria da Amazônia. Informe Técnico; 1988. Belém, 1989. p. 69-80.
- ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas. São paulo, Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ALMEIDA, A.A.F. & VALLE, R.R. Análise de crescimento de dez cacaueiros híbridos. Revista Theobroma, Ilhéus, 18(2): 95:114, 1988.

ALMEIDA, A.A.F.; VALLE, R.R.; PEREIRA, M.G. Avaliação do potencial de produção do cacaueiro com base no acúmulo de matéria seca de plantas jovens. Revista Theobroma, I-lhéus, 17(4): 219-32, 1987.

ALMEIDA, L.A. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente, efeitos diretos e indiretos em variedades de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Viçosa, 1979. 44p. (M. S. - Universidade Federal de Viçosa).

ÁLVARES-AFONSO, F.M. Os pólos cacaueiros da amazônia. Belém, CEPLAC, 1975. 17p.

ALVIM, P.T. Los factores de la productividad agricola. Turrialba, IICA, 1962. 20p.

ALVIM, P.T. Ecological and physiological determinants of cacao yield. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977. p. 25-38.

ALVIM, P.T. Relações entre fatores climáticos e produção do cacaueiro. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CACAO, 10., Santo Domingo, 1987. Actas. Lagos, Cocoa Producers'Alliance, 1988. p. 159-67.

ALVIM, P.T. & GRANGIER JR., A. Growth analysis study of cocoa seedlings of different genetic origin. Cacao, Turrialba, 11(2): 1-3, 1966.

- ALVIM, R. & ALVIM, P.T. Efeito da densidade de plantas no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris*), em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba, San José, 19(3): 389-93, 1969.
- ANDEBRHAN, T. Relação entre posição de frutos, demais tecidos e infecção por *C. pernicioso*. In: CEPLAC/DEPEA. Informe de Pesquisas. Belém, 1985. p. 46-8.
- ANUNCIACÃO FILHO, C.J. Parâmetros genéticos relacionados ao sistema radicular e à parte aérea da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Piracicaba, 1988. 164p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- ARE, L.A. & ATANDA, O.A. Seasonal influences on some yield factors in four varieties of *Theobroma cacao* L. Tropical Agriculture, Trinidad, 49(2): 161-70, 1972.
- ASCENSO, J.C. Inheritance and relationships among growth characters of young cacao seedlings. Lisboa, 1963. 89p. (M.S. - Imperial College of Tropical Agriculture).
- ASCENSO, J.C. & BARTLEY, B.G.D. Varietal relationships of growth factors of young cacao seedlings. Euphytica, Wageningen, 15(2): 211-22, 1966.
- ATANDA, O.A. Heterotic pod production of double over single crosses in *Theobroma cacao* L. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 4., St. Augustine, 1972. Proceedings. Port-of-Spain, Government of Trinidad and Tobago, 1972a. p. 82-9.

- ATANDA, O.A. Correlation studies in *Theobroma cacao* L.
Turrialba, San José, 22(1): 81-9, 1972b.
- ATANDA, O.A. Heterosis in crosses of *Theobroma cacao*.
Experimental Agriculture, London, 9(1): 23-9, 1973.
- ATANDA, O.A. & JACOB, V.J. Yield characteristics of
Theobroma cacao L. with special reference to studies in
Nigeria. Revista Theobroma, Ilhéus, 5(3): 21-36, 1975.
- ATANDA, O.A. & TOXOPEUS, H. A proved case of heterosis in
Theobroma cacao L. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH
CONFERENCE, 3., Accra, 1969. Proceedings. Tafo, Cocoa
Research Institute of Nigeria, 1971. p. 545-51.
- BAEZ, O.L. Herencia de ciertos caracteres de la semilla
del cacao (*Theobroma cacao* L.), Turrialba, 1984. 93p. (M.
S. - Universidade de Costa Rica).
- BARBOSA, J.C. O problema da heterocedasticidade na análise
de variância. Piracicaba, Departamento de Matemática
e Estatística, ESALQ, s.d. 14p.
- BARTLEY, B.G.D. Annual yield correlations in cacao and
their significance in selection. American Society for
Horticultural Science, Tropical Region, Homestead, 12:
257-66, 1968.
- BARTLEY, B.G.D. Twenty years of cacao breeding at the
Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad. In:

determining the nature of character association.

Euphytica, Wageningen, 22(2): 338-43, 1973.

BUTTERY, B.R. & BUZZELL, R.I. Some differences between soybean cultivars observed by growth analysis. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, 52(1): 13-20, 1972.

CALLAGHAN, T.V. & LEWIS, M.C. The growth of *Phleum alpinum* L. in contrasting habitats at a sub-antarctic station. New Phytologist, Cambridge, 70: 1143-54, 1971.

CASTRO, G.C.T. & BARTLEY, B.G.D. Incompatibilidade em caqueiros. In: CEPLAC. Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico; 1980. Itabuna, 1982. p. 216.

CASTRO, G.C.T. & BARTLEY, B.G.D. Caracterização dos recursos genéticos do cacaueiro; 1. Folha, fruto e semente de seleções da Bahia das séries SIC e SIAL. Revista Theobroma, Ilhéus, 13(3): 263-73, 1983.

CENTRO DE PESQUISAS DO CACAU. Avaliação de híbridos de caqueiros. Ilhéus, CEPEC/CEPLAC, 1981, 56p.

CHARRIER, A. Contribution à l'étude de la morphogenèse et de la multiplication végétative du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Café Cacao Thé, Paris, 13(2): 97-115, 1969.

CHEESMAN, E.E. & POUND, F.J. Further notes on criterion of selection in cacao. In: IMPERIAL COLLEGE OF TROPICAL AGRICULTURE. Annual Report on Cacao Research; 1933. Trinidad, 1934. p. 21-4.

- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. Cacau; riqueza do Brasil. Belém, s.d. 17p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. Diretrizes para a expansão da cacauicultura nacional; 1976-1985-PROCACAU. Brasília, 1977. 200p.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. A CEPLAC e o futuro das regiões cacaueiras do Brasil; contribuição ao debate. Brasília, 1987. 142p.
- COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics, Washington, 4(4): 254-66, 1948.
- CRUZ, C.D.; MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agronômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 11(4): 921-8, 1988.
- CUATRECASAS, J. Cacao and its allies; a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions from the United States National Herbarium, Washington, 35(6): 379-614, 1964.
- DAKWA, J.T. Estimation of fresh and dry weights of cocoa seedlings from plant height. Tropical Agriculture, Trinidad, 54(2): 173-8, 1977.

- DEWEY, D.R. & LU, K.H. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. Agronomy Journal, Madison, 51(9): 515-8. 1959.
- DUARTE, R.A. & ADAMS, M.W. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science, Madison, 12(5): 579-82, 1972.
- DUDLEY, J.W. & MOLL, R.H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. Crop Science, Madison, 9(3): 257-62. 1969.
- EHDAIE, B. & WAINES, J.G. Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. Euphytica, Wageningen, 41(3): 183-90, 1989.
- EINOT, I. & GABRIEL, K.R. A study of the powers of several methods of multiple comparisons. Journal of the American Statistical Association, Washington, 70(351): 574-83, 1975.
- ENGELS, J.M.M. Genetic resources fo cacao; a catalogue of the CATIE collection. Turrialba, CATIE, 1981. 196p.
- ENGELS, J.M.M. A systematic description of cacao clones; III. Relationships between clones, between characteristics

- and some consequences for the cacao breeding. Euphytica, Wageningen, 32: 719-33, 1983.
- ENGELS, J.M.M. A systematic description of cacao clones; V. Quantitative genetic aspects of several fruit characters. Café Cacao Thê, Paris, 29(1): 3-10, 1985.
- ENRIQUEZ, G.A. & SORIA, J. Estudio de la variabilidad de varias características de las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). Fitotecnica Latinoamericana, Caracas, 3(1/2): 99-118, 1966.
- ENRIQUEZ, G.A. & SORIA, J. Cacao cultivars register. Turrialba, IICA, 1967. 281p.
- ENRIQUEZ, G.A. & SORIA, J. Selección temprana por vigor de plántulas de híbridos. In: CONFERENCE INTERNACIONALE SUR LA RECHERCHE CACAOYÈRE, 7., Douala, 1979. Actes. London, J. de Lafforest and Transla-Inter, 1981. p. 535-9.
- ESKES, A.B.; BEEK, M.A.; TOXOPEUS, H. Variation and correlations of some pod and bean values in cacao (*Theobroma cacao* L.) with reference to the parental effects on fruit setting and bean number. Turrialba, San José, 27(2): 193-8, 1977.
- ESQUIVEL, O. & SORIA, J. Algunos datos sobre la variabilidad de algunos componentes del rendimiento en poblaciones de híbridos interclonales de cacao. Cacao, Turrialba, 12: (4): 1-7, 1967.

- FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV Imprensa Universitária, 1987. 279p.
- FEHR, W.R. Principles of cultivar development. New York, Macmillan, 1987. v.1, 536p.
- GARCIA, J.J.S.; MORAIS, F.I.O.; ALMEIDA, L.C.; DIAS, J. C. Sistema de produção do cacauero na Amazônia brasileira. Belém, CEPLAC/DEPEA, 1985. 118p.
- GARCIA, J.R. & NICOLELLA, G. Correlação entre algumas medidas dendrométricas, origem genética e produção de frutos em cacaueiros. Revista Theobroma, Ilhéus, 15(3): 113-24, 1985.
- GLENDINNING, D.R. The relationship between growth and yield in cocoa varieties. Euphytica, Wageningen, 9(3): 351-5, 1960.
- GLENDINNING, D.R. Further observations on the relationship between growth and yield in cocoa varieties. Euphytica, Wageningen, 15: 116-27, 1966.
- GOLDENBERG, J.B. El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. Fitotecnia Latinoamericana, Caracas, 5(2): 1-8, 1968.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 11.ed. São Paulo, Nobel, 1985. 466p.

- GONÇALVES, P.S.; ROSSETTI, A.G.; VELOIS, A.C.C.; VIEGAS, I.J. Estimativas de correlações genéticas e fenotípicas de alguns caracteres quantitativos em clones jovens de seringueira. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 7(1): 95-107, 1984.
- GOODALL, D.W. Growth analysis of cacao seedlings. Annals of Botany, Oxford, 14(54): 291-306, 1950.
- HOFFMANN, R. & VIEIRA, S. Análise de regressão; uma introdução à econometria. 2.ed. São Paulo, Hucitec, 1983. 379p.
- HUTCHEON, W.V. Physiological aspects of cocoa agronomy. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977a. p. 39-48.
- HUTCHEON, W.V. Water relations and other factors regulating the seasonal periodicity and productivity of cocoa in Ghana. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977b. p. 233-44.
- HUTCHEON, W.V. Growth and photosynthesis of cocoa in relation to environmental and internal factors. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977c. p. 222-32.

- JACOB, V.J. & ATANDA, O.A. Pod-value studies of Amelonado and Amazon cacao. Turrialba, San José, 23(3): 347-51, 1973.
- JACOB, V.J. & TOXOPEUS, H. The effect of pollinator parent on the pod value of hand pollinated pods of *Theobroma cacao* L. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 3., Accra, 1969. Proceedings. Tafo, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1971. p. 556-9.
- JONES, T.A. & MALIPHANT, G.K. High yields in cacao field experiments and their significance in future cacao research. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE CACAO, 7., Palmira. 1958. Memórias. Bogotá, Ministério da Agricultura, 1958. p. 321-6.
- KAGEYAMA, P.Y. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden. Piracicaba, 1980. 125p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KAGEYAMA, P.Y. Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill.) Maiden. Piracicaba, 1983. 147p. (Livre-docente - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. Ames, Iowa State University Press, 1973. 454p.

KUPPERS, J.R. Some biometric observations on cacao fruit.

Science, Lancaster, 117: 354-5, 1953.

LI, C.C. The concept of path coefficient and its impact on population genetics Biometrics, Washington, 12(1):

190-210, 1956.

LI, C.C. Path analysis - a primer. 2.ed. California,

Boxwood Press, 1977. 347p.

LIMA, M. & PATERNIANI, E. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de meios irmãos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ VD-2 e suas implicações com o melhoramento. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, ESALQ, (11): 84-9, 1977.

LOCKWOOD, G. Studies on the effects of cross-incompatibility on the cropping of cocoa in Ghana. Journal of Horticultural Science, London, 52(1): 113-26, 1977.

LONGWORTH, J.F. & FREEMAN, G.H. The use of trunk girth as a calibrating variate for field experiments on cocoa trees. Journal of Horticultural Science, London, 38(1): 61-7, 1963.

LUCCHESI, A.A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 41(1): 181-202, 1984.

- LUCCHESI, A.A. & MINAMI, K. Análise quantitativa de crescimento vegetal em cultivares de morangueiro (*Fragaria* spp.), sob a influência de fito-reguladores de crescimento. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 37(2): 555-93, 1980.
- MACHADO, P.F.M.; AHNERT, D.; BARTLEY, B.G.D. Desenvolvimento e avaliação de cultivares de cacau. In: CEPLAC. Coordenadoria da Amazônia. Informe Técnico; 1988. Belém, 1989. p. 80-100.
- MACHADO, R.C.R.; ALVIM, P.T.; MILDE, L.C.E. Reações fisiológicas do cacaueiro à deficiência de água no solo. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA RECHERCHE CACAOYÈRE, 7., Douala, 1979. Actes. London, J. de Lafforest and Transla-Inter, 1981. p. 121-7.
- MARIANO, A.H. Relaciones entre algunas medidas de vigor y producción en cacao. Turrialba, 1966. 41p. (M.S. - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E.A.).
- MARIANO, A.H. & BARTLEY, B.G.D. Comportamento das seleções baianas na produção de híbridos de cacaueiro. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LA RECHERCHE CACAOYÈRE, 7., Douala, 1979. Actes. London, J. de Lafforest and Transla-Inter, 1981. p. 527-33.

- MARIANO, A.H. & CARLETO, G.A. Desenvolvimento e avaliação de cultivares. In: CEPLAC. Informe de Pesquisas; 1983. Ilhéus, 1985. p. 7-8.
- MARIANO, A.H. & YAMADA, M.M.; PEREIRA, M.G. Comportamento de híbridos de cacau sob distintas condições de clima e solo. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CACAO, 10., Santo Domingo, 1987. Actas. Lagos, Cocoa Producers'Alliance, 1988. p. 627-32.
- MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P.; CRUZ, C.D. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.) Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 11(2): 457-68, 1988a.
- MIRANDA, J.E.C.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.S. Análise de trilha e divergência genética de cultivares e clones de batata-doce. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 11(4): 881-92, 1988b.
- MIRANDA, S. & CARLETO, G.M. Alguns problemas de melhoramento do cacaueiro na Bahia. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE CACAO, 7., Palmira, 1958. Memórias. Bogotá, Ministério da Agricultura, 1958. p. 570-7.
- MODE, J.C. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. Biometrics, Washington, 15(4): 518-37, 1959.

- MONTE, M.J.S. Avaliação do potencial de produção do cacau eiro com base em análise de crescimento de plantas jovens. Salvador, 1983. 63p. (Mestrado - Universidade Federal da Bahia).
- MORA, L.G.R. Herencia de ciertos caracteres de la mazorca y del arvol de cacao (*Theobroma cacao* L.). Turrialba, 1987. 82p. (M.S. - Universidade de Costa Rica).
- MORAIS, O.P. Adaptabilidade, estabilidade de comportamento e correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em variedades e linhagens de arroz (*Oryza sativa* L.) Viçosa, 1980. 70p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- MOSES, D.D. & ENRIQUEZ, G.A. Calibrating variates for yield of cocoa, as well as the relationship of several cacao features with the environment. In: CONFERENCE INTERNACIONALE SUR LA RECHERCHE CACAOYÈRE, 7., Douala, 1979. Actes. London, J. de Lafforest and Transla-Inter, 1981. p. 51-5.
- NASCIMENTO FILHO, F.J. Coeficientes de caminhamento entre caracteres da parte aérea e do sistema radicular em guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). Piracicaba, 1988. 101p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- NEVES, A.D.S.; DIAS, A.C.C.P.; BARBOSA, R.C.M. Levanta-
mento detalhado dos solos da Estação Experimental de Al-
tamira, PA. Itabuna, CEPLAC, 1981. 27p. (Boletim téc-
nico, 84).
- OMETTO, J.C. Uma equação para a estimativa de evapotrans-
piração potencial. Sua aplicação no cálculo das neces-
sidades hídricas e do rendimento agro-industrial da ca-
na-de-açúcar na região de Piracicaba-SP. Piracicaba,
1974. 129p. (Livre-docente - Escola Superior de Agri-
cultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo, Agronô-
mica Ceres, 1981. 425p.
- OYEBADE, I.T. A comparative growth analysis study of four
cacao varieties. Turrialba, San José, 22(3): 275-81,
1972.
- PAIVA, J.R.; ROSSETTI, A.G.; GONÇALVES, P.S. Uso do coe-
ficiente de caminhamento no melhoramento da seringueira.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17(3): 433-
40, 1982.
- PARDO, J. & ENRIQUEZ, G.A. Herencia de algunos componentes
de la calidad industrial en almendras de cacao (*Theobroma*
cacao L.). In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGA-
CIÓN EN CACAO, 10., Santo Domingo, 1987. Actas. Lagos,
Cocoa Producers'Alliance, 1988. p.695-9.

- PEREIRA, F.B. & RODRIGUES, J.S. Possibilidades agroclimáticas do município de Altamira (Pará). Belém, IPEAN, 1971. 46p. (Boletim, 1).
- PEREIRA, M.G.; CARLETTO, G.A; CASTRO, G.C.T. A variabilidade das características de frutos e sementes em *Theobroma cacao* L. Clones SIC e SIAL. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CACAO, 10., Santo Domingo, 1987. Actas. Lagos, Cocoa Producers'Alliance, 1988. p. 581-5.
- PEREIRA, M.G.; CARLETTO, G.A.; DIAS, L.A.S. Avaliação de híbridos de cacaueiros nas condições de Linhares-ES. Itabuna, CEPLAC, 1987. 40p. (Boletim técnico, 150).
- PINTO, G.C.P.; MAGALHÃES, W.S.; MARQUES, E.S.; RODRIGUES, E.M. Seleção de matrizes superiores nos cacauais da Bahia. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 2., Salvador e Itabuna, 1967. Memórias. São Paulo, CEPLAC, 1969. p. 105-13.
- PINTO, L.R.M. Correlações entre vários caracteres agrônômicos em batateira (*Solanum tuberosum* L.). Viçosa, 1979. 34p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- POUND, F.J. The principles of cocoa selection. Proceedings of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago, Trinidad, 32(4): 122-7, 1932.

- POUND, F.J. Criteria and methods of selection in cacao.
In: IMPERIAL COLLEGE OF TROPICAL AGRICULTURE. Annual Report on Cacao Researche; 1932. Trinidad, 1933. p. 27-9.
- RANGEL, P.H.N. Correlações fenotípicas, genotípicas, de ambiente e coeficientes de trilha, em variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). Viçosa, 1979. 44p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).
- REIS, G.G. & MULLER, M.W. Análise de crescimento de plantas; mensuração do crescimento. Belém, FCAP, 1979. 39p. (Informe didático, 1).
- ROBINSON, H.F. & COCKERHAM, C.C. Estimación y significado de los parámetros genéticos. Fitotecnica Latinoamericana, 2(1/2): 23-38, 1965.
- ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agronomy Journal, Madison, 43(6): 282-7, 1951.
- ROMERO, A.L. Comparación de vigor entre plántulas de varios cruces en cacao (*Theobroma cacao* L.). Guayaquil, 1971. 60p. (Ingeniero Agronomo - Facultad de Agronomia y Veterinaria del Universidade de Guayaquil).
- RUINARD, J. Variability of various pod characters as a

factor in cacao selection. Euphytica, Wageningen, 10: 134-46, 1961.

RUINARD, J. Seasonal influences upon the pod weight of cacao and their consequences for selection. Euphytica, Wageningen, 13: 19-23, 1964.

RYAN, T.A. Significance tests for multiple comparison of proportions, variances and other statistics. Psychological Bulletin, Washington, 57: 318-28, 1960.

SANTANA, M.B.M.; YAMADA, M.M.; SANTANA, C.J.L. Tolerância de cultivares híbridos de cacau a alumínio. Revista Theobroma, Ilhéus, 15(1): 9-18, 1985.

SANTOS, A.O.S.; SANTOS, M.M.; SCERNE, R.M.C. Cultivo do cacaueiro na Amazônia brasileira. Comunicado Técnico Especial, Belém, (3): 1-67, 1980.

SANTOS, M.X. & NASPOLINI FILHO, V. Estimativas de parâmetros genéticos em três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays* L.) Den_{tado} Composto Nordeste. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 9(2): 307-19, 1986.

SAS/ETS user's guide; statistics-version 6. Cary, SAS Institute, 1985.

SERA, T. Estimação dos componentes da variância e do coeficiente de determinação genotípica da produção de grãos

de café (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, 1980. 62p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SHARMA, D.K. Mango breeding. (Trabalho apresentado no SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO DE FRUTEIRAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS, Brasília, 1986. 10p.).

SHARMA, R.C.; BHATNAGAR, S.M.; BHATNAGAR, V.K.; BHARGAVA, B.D. Path-coefficient analysis of grain and fodder yields, and selection indices in 6-row barley. Indian Journal of Agricultural Science, New Delhi, 43(4): 380-5, 1973.

SINGH, L.B. & SINGH, R.N. Variability in the mango and its significance to the production of new varieties. Indian Journal of Horticulture, Bangalore, 15(3/4): 168-72, 1958.

SINGH, R.K. & CHAUDHARY, B.D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. 2.ed. New Delhi, Kalyani, 1979. 304p.

SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. Biometry. 2.ed. New York, W. H. Freeman and Company, 1981. 859p.

SORIA, J. El vigor híbrido y su uso en el mejoramiento genético de cacao. Fitotecnica Latinoamericana, Caracas, 1(1): 59-78, 1964.

- SORIA, J. Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. Turrialba, Turrialba, 16(2): 119-24, 1966.
- SORIA, J. The genetics and breeding of cacao. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 5., Ibadan, 1975. Proceedings. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1977. p. 18-24.
- SORIA, J. The breeding of cacao (*Theobroma cacao* L.). Tropical Agriculture Research Series, Yatabe, (11): 161-8, 1978.
- SORIA, J. & ESQUIVEL, O. Estudio preliminar sobre el período mínimo y confiable de producción en cacao para su uso en experimentos de evaluación de cultivares. Cacao, Turrialba, 12(4): 9-14, 1967.
- SORIA, J. & ESQUIVEL, O. Algunos resultados del programa de mejoramiento genético de cacao en el IICA - Turrialba. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 2., Salvador e Itabuna, 1967. Memórias. São Paulo, CEPLAC, 1969. p. 35-42.
- SORIA, J. & ESQUIVEL, O. Relationship between precocity, growth and yield in cacao. Turrialba, San José, 22(2): 193-7, 1970.
- SORIA, J.; OCAMPO, F.; PAEZ, G. Parental influence of

several cacao clones on the yield performance of their progenies. Turrialba, San José, 24(1): 58-65, 1974.

SOUZA, J.; GARCIA, J.R; MÜLLER, M.W.; MIDDLEJ, P.R.M. In: influência das condições climáticas, peso e volume de sementes no desenvolvimento de plantas de cacau em condições de viveiro e posteriormente no campo. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CACAO, 8., Cartagena, 1981. Actas. Lagos, Cocoa Producers'Alliance, 1982. p. 61-4.

SOUZA, M.A. Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*T. aestivum* L.), em doze ambientes de Minas Gerais. Viçosa, 1985. 118p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.

TONDJE, P.R. & BENGONO, N.E. Differences en pepiniere de deux groupes de familles d'hybrides du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) ayant des productivites differentes en champ: mise en evidence d'une possibilite de selection precoce basee sur l'observation des coefficients de variation des mesures de croissance. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CACAO, 10., Santo Domingo, 1987. Actas. Lagos, Cocoa Producers'Alliance, 1988. p. 701-7.

- TOXOPEUS, H. Cacao breeding; a consequence of mating system, heterosis and population structure. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 4., St. Augustine, 1972. Proceedings. Port-of-Spain, Government of Trinidad and Tobago, 1972. p. 3-12.
- TOXOPEUS, H. & JACOB, V.J. Studies on pod and bean values of *Theobroma cacao* L. in Nigeria; II. Number of beans per pod, with special reference to the natural pollination process. Netherlands Journal of Agricultural Science, Wageningen, 18(3): 188-94, 1970.
- TOXOPEUS, H. & WESSEL, M. Studies on pod and bean values of *Theobroma cacao* L. in Nigeria; I. Environmental effects on West African Amelonado with particular attention to annual rainfall distribution. Netherlands Journal of Agricultural Science, Wageningen, 18(2): 132-9, 1970.
- VASCONCELLOS, M.E.C. Análise do coeficiente de caminhamento ("path coefficient") e estimativas de parâmetros genéticos em clones de seringueira (*Hevea* spp). Piracicaba, 1982. 77p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VELLO, F. Estudio preliminar sobre la influência del origen de los padres en la expresión del vigor híbrido en plântulas de cacao. Turrialba, 1963. 61p. (M.S. - Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la O.E.A.).

- VELLO, F. & NASCIMENTO, I.F. Influência da origem do pólen na produção do cacaueiro. Revista Theobroma, Ilhéus, 1(1): 7-14, 1971.
- VELLO, F.; GARCIA, J.R.; MAGALHÃES, W.S. Produção e seleção de cacaueiros híbridos na Bahia. Revista Theobroma, Ilhéus, 2(3): 15-35, 1972.
- VELLO, F.; MARIANO, A.H.; GARCIA, J.R.; NASCIMENTO, T. F.; MAGALHÃES, W.S. O programa de melhoramento genético do cacau na Bahia. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 2., Salvador e Itabuna, 1967. Memórias. São Paulo, CEPLAC, 1969. p. 43-56.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1., cap.5, p. 137-214.
- VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V.; MÔRO, J. R. Correlações e análises do coeficiente-vetor (path-coefficient) em linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L). Ciência e Cultura, São Paulo, 32(9): 1235-42, 1980.
- WELSCH, R.E. Stepwise multiple comparison procedures. Journal of the American Statistical Association, Washington, 72(359): 1235-42, 1977.
- WESSEL, M. & TOXOPEUS, H. Seasonal influences on pod and

bean values of west African Amelonado cacao. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 2., Salvador e Itabuna, 1967. Memórias. São Paulo, CEPLAC, 1969. p. 351-5.

WRIGHT, S. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, 20(7): 557-85, 1921.

WRIGHT, S. The method of path coefficients. Annals of Mathematical Statistics, Ann Arbor, 5(1): 161-215, 1934.

ZIMBACK, L. Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em uma variedade de milho dentado opaco (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1985. 169p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ZOBEL, B. & TALBERT, J. Applied forest tree improvement. New York, John Wiley & Sons, 1984. 496p.

APÊNDICES

Apêndice 1. Médias mensais de temperatura (máxima, mínima e média) e umidade relativa e totais mensais de precipitação e evapotranspiração, durante o período de janeiro a dezembro de 1986, obtidas na Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Meses	Temperatura média (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	29,8	19,3	24,5	87,0	108,1	52,7
Fevereiro	28,8	18,3	23,3	90,0	388,1	37,9
Março	29,0	18,6	22,8	91,0	281,5	38,0
Abril	29,2	19,1	23,8	92,1	404,5	32,9
Maiο	30,5	18,7	24,2	94,0	186,7	52,1
Junho	30,0	17,4	23,6	86,0	155,0	67,8
Julho	30,7	16,9	23,5	85,0	42,9	75,5
Agosto	32,2	17,1	24,2	82,0	7,0	99,2
Setembro	32,3	18,4	24,8	83,0	35,1	87,6
Outubro	31,4	21,1	24,3	86,0	65,7	75,3
Novembro	30,5	21,7	24,9	87,0	112,1	64,8
Dezembro	30,3	21,9	24,9	87,0	151,9	62,6
Total	364,7	228,5	288,8	1050,1	1938,6	746,4
Média	30,4	19,0	24,1	87,5	-	-

Fonte: Divisão de Agrologia, COPES/CORAM/CEPLAC.

Apêndice 2. Médias mensais de temperatura (máxima, mínima e média) e umidade relativa e totais mensais de precipitação e evapotranspiração, durante o período de janeiro a dezembro de 1987, obtidas na Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Meses	Temperatura média (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	30,0	22,3	24,8	88,0	265,5	52,0
Fevereiro	30,0	22,4	25,0	89,0	258,1	47,6
Março	29,6	22,3	24,7	91,0	354,4	40,6
Abril	30,5	22,3	25,2	89,0	269,9	51,4
Maiο	31,2	21,8	25,2	87,0	147,8	67,2
Junho	31,7	21,3	25,1	87,0	76,4	61,3
Julho	32,3	20,7	25,2	81,0	12,1	91,7
Agosto	31,7	20,8	25,2	84,0	72,2	72,2
Setembro	32,4	20,8	25,9	81,0	66,4	66,4
Outubro	32,7	20,1	25,9	79,0	66,8	84,8
Novembro	32,7	19,3	26,1	75,0	29,4	110,3
Dezembro	32,9	20,7	26,5	74,0	98,5	123,1
Total	377,7	254,8	304,8	1005,0	1717,5	868,6
Média	31,5	21,2	25,4	83,8	-	-

Fonte: Divisão de Agrologia, COPES/CORAM/CEPLAC.

Apêndice 3. Médias mensais de temperatura (máxima, mínima e média) e umidade relativa e totais mensais de precipitação e evapotranspiração, durante o período de janeiro a dezembro de 1988, obtidas na Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA.

Meses	Temperatura média (°C)			Umidade relativa (%)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (mm)
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	30,5	20,1	24,8	86,0	153,4	70,4
Fevereiro	29,9	20,7	24,6	90,0	235,2	44,4
Março	29,4	19,5	24,3	90,0	433,7	47,2
Abril	29,3	19,7	24,2	91,0	354,0	37,5
Maiο	30,3	19,8	24,5	88,0	192,9	44,9
Junho	30,5	19,0	24,2	88,0	61,8	61,2
Julho	30,9	18,0	24,1	83,0	127,2	95,7
Agosto	32,2	17,4	24,4	78,0	24,9	106,0
Setembro	32,4	18,5	25,0	80,0	67,9	94,9
Outubro	31,6	19,1	25,0	84,0	121,2	82,6
Novembro	30,6	19,0	24,6	85,0	119,9	55,7
Dezembro	29,7	18,7	23,9	89,0	204,6	54,5
Total	367,3	229,5	293,6	1032,0	2096,7	795,0
Média	30,6	19,1	24,5	86,0	-	-

Fonte: Divisão de Agrologia, COPES/CORAM/CEPLAC.

Apêndice 4. Análises químicas dos solos dos locais dos experimentos. Estação Experimental Paulo Dias Morelli, Medicilândia, PA. 1988.

LOCAL	pH	miliequivalente/100 g de solo					P (ppm)	Na ⁺
		Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Ca+Mg	K ⁺		
Viveiro	7,5	0,0	11,8	0,4	12,2	1,02	38	0,05
Experimento D-1 ^{a/}	6,4	0,0	7,8	0,4	8,2	0,12	1	0,05
Experimento D-1 ^{b/}	6,1	0,0	5,0	0,5	5,5	0,01	1	0,01
Experimento D-2 ^{a/}	6,4	0,0	6,2	0,8	7,0	0,01	1	0,01
Experimento D-2 ^{b/}	6,2	0,0	4,5	0,4	4,9	0,01	1	0,01

a/ Correspondentes à 0-20 cm de profundidade.

b/ Correspondentes à 20-40 cm de profundidade.

Apêndice 5. Significado, origem, tipo genético e compatibilidade dos cultivares utilizados nos cruzamentos biclonais.

Cultivar	Significado	Origem	Tipo genético	Compatibilidade a/
BE 10	Belém, município	Pará-Brasil	Amazônico	C
CA 4	Careiro, município	Amazonas-Brasil	Amazônico	I
CATONGO	Nome de uma fazenda	Bahia-Brasil	Amazônico	C
ICS 1	Imperial College Selection	River Estate-Trinidad	Trinitário	C
IMC 67	Iquitos Mixed Calabacillo	Iquitos-Peru	Amazônico	I
PA 121	Parinari	Rio Marañon-Peru	Amazônico	I
PA 150	Parinari	Rio Marañon-Peru	Amazônico	I
POUND 7	Sobrenome do pesquisador F.J.POUND	Rio Nanay-Peru	Amazônico	I
POUND 12	Sobrenome do pesquisador F.J.POUND	Rio Nanay-Peru	Amazônico	I
SCA 6	Scavina, nome de uma fazenda	Rio Ucayali-Peru	Amazônico	I
SIAL 505	Seleção do Inst.Agrônomo do Leste	Bahia-Brasil	Amazônico	C
SIC 328	Seleção do Instituto de Cacau	Bahia-Brasil	Amazônico	C
SIC 329	Seleção do Instituto de Cacau	Bahia-Brasil	Amazônico	C

a/ C - autocompatível

I - auto-incompatível

Fontes: ENRIQUEZ & SORIA, 1967; ENGELS, 1981; CASTRO & BARTLEY, 1982

Apêndice 6. Sistemas de equações e equação de determinação referentes ao diagrama apresentado na Figura 1, utilizados para cálculo dos coeficientes de caminhamento.

Foram estabelecidas 9 equações, a saber:

$$r_{12} = P_{21} + r_{23}P_{31} + r_{24}P_{41} + r_{25}P_{51} + r_{26}P_{61} + r_{27}P_{71} + \\ + r_{28}P_{81} + r_{29}P_{91} + r_{210}P_{101}$$

$$r_{13} = r_{23}P_{21} + P_{31} + r_{34}P_{41} + r_{35}P_{51} + r_{36}P_{61} + r_{37}P_{71} + \\ + r_{38}P_{81} + r_{39}P_{91} + r_{310}P_{101}$$

$$r_{14} = r_{24}P_{21} + r_{34}P_{31} + P_{41} + r_{45}P_{51} + r_{46}P_{61} + r_{47}P_{71} + \\ + r_{48}P_{81} + r_{49}P_{91} + r_{410}P_{101}$$

$$r_{15} = r_{25}P_{21} + r_{35}P_{31} + r_{45}P_{41} + P_{51} + r_{56}P_{61} + r_{57}P_{71} + \\ + r_{58}P_{81} + r_{59}P_{91} + r_{510}P_{101}$$

$$r_{16} = r_{26}P_{21} + r_{36}P_{31} + r_{46}P_{41} + r_{56}P_{51} + P_{61} + r_{67}P_{71} + \\ + r_{68}P_{81} + r_{69}P_{91} + r_{610}P_{101}$$

$$r_{17} = r_{27}P_{21} + r_{37}P_{31} + r_{47}P_{41} + r_{57}P_{51} + r_{67}P_{61} + P_{71} + \\ + r_{78}P_{81} + r_{79}P_{91} + r_{710}P_{101}$$

$$r_{18} = r_{28}P_{21} + r_{38}P_{31} + r_{48}P_{41} + r_{58}P_{51} + r_{68}P_{61} + r_{78}P_{71} + \\ + P_{81} + r_{89}P_{91} + r_{810}P_{101}$$

$$r_{19} = r_{29}P_{21} + r_{39}P_{31} + r_{49}P_{41} + r_{59}P_{51} + r_{69}P_{61} + r_{79}P_{71} + \\ + r_{89}P_{81} + P_{91} + r_{910}P_{101}$$

$$r_{110} = r_{210}P_{21} + r_{310}P_{31} + r_{410}P_{41} + r_{510}P_{51} + r_{610}P_{61} + \\ + r_{710}P_{71} + r_{810}P_{81} + r_{910}P_{91} + P_{101}$$

Através destas equações e do efeito residual (P_{x1}) foi obtida a seguinte equação de determinação total:

$$\begin{aligned}
 1 = & P_{x1}^2 + P_{21}^2 + P_{31}^2 + P_{41}^2 + P_{51}^2 + P_{61}^2 + P_{71}^2 + P_{81}^2 + P_{91}^2 + \\
 & + P_{101}^2 + 2P_{21}r_{23}P_{31} + 2P_{21}r_{24}P_{41} + 2P_{21}r_{25}P_{51} + 2P_{21}r_{26}P_{61} + \\
 & + 2P_{21}r_{27}P_{71} + 2P_{21}r_{28}P_{81} + 2P_{21}r_{29}P_{91} + 2P_{21}r_{210}P_{101} + \\
 & + 2P_{31}r_{34}P_{41} + 2P_{31}r_{35}P_{51} + 2P_{31}r_{36}P_{61} + 2P_{31}r_{37}P_{71} + \\
 & + 2P_{31}r_{38}P_{81} + 2P_{31}r_{39}P_{91} + 2P_{31}r_{310}P_{101} + 2P_{41}r_{45}P_{51} + \\
 & + 2P_{41}r_{46}P_{61} + 2P_{41}r_{47}P_{71} + 2P_{41}r_{48}P_{81} + 2P_{41}r_{49}P_{91} + \\
 & + 2P_{41}r_{410}P_{101} + 2P_{51}r_{56}P_{61} + 2P_{51}r_{57}P_{71} + 2P_{51}r_{58}P_{81} + \\
 & + 2P_{51}r_{59}P_{91} + 2P_{51}r_{510}P_{101} + 2P_{61}r_{67}P_{71} + 2P_{61}r_{68}P_{81} + \\
 & + 2P_{61}r_{69}P_{91} + 2P_{61}r_{610}P_{101} + 2P_{71}r_{78}P_{81} + 2P_{71}r_{79}P_{91} + \\
 & + 2P_{71}r_{710}P_{101} + 2P_{81}r_{89}P_{91} + 2P_{81}r_{810}P_{101} + 2P_{91}r_{910}P_{101}.
 \end{aligned}$$

sendo:

$$P_{21}^2 + P_{31}^2 + \dots + 2P_{91}r_{910}P_{101} = R_1^2 \quad (2, 3, \dots, 10)$$

e $R_1^2 \quad (2, 3, \dots, 10)$ = coeficiente de determinação múltipla do peso das sementes secas por planta pelos componentes primários.

A variação não explicada pelos componentes primários de produção (efeito residual), foi obtida conforme a seguir:

$$P_{x1}^2 = \{1 - R_1^2 \quad (2, 3, \dots, 10)\}$$

Apêndice 7. Simbologia adotada para os caracteres avaliados

Plantas Adultas

- ALTF: altura do fuste
- DIAT: diâmetro do tronco
- PSUP: peso das sementes úmidas por planta
- PSSP: peso das sementes secas por planta
- PSUF: peso das sementes úmidas por fruto
- PSSF: peso das sementes secas por fruto
- PISU: peso individual da semente úmida
- INSE: índice de semente
- NFCP: número de frutos colhidos por planta
- NFSP: número de frutos sadios por planta
- NSFR: número de sementes por fruto
- FTCV: fator de conversão do peso das sementes úmidas para peso da matéria seca das sementes
- PSFR: peso do fruto
- INFR: índice de fruto
- PFCC: proporção de frutos colhidos na copa
- PUFR: produto utilizável por fruto

Plantas Juvenis

- ALTP: altura da plântula
- DIAC: diâmetro do caule
- PMST: peso da matéria seca total
- IAF : índice de área foliar
- TAL : taxa de assimilação líquida
- TCR : taxa de crescimento relativo
- RAF : razão de área foliar
- TPMS: taxa de produção de matéria seca