

ARTIGO



AUTORES:

André Luiz Atroch¹

Firmino José do Nascimento Filho¹

Marcos Deon Vilela de Resende²

Ricardo Lopes¹

Charles Roland Clement³

¹Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, km 30, 69011-970, Manaus, AM - Brasil.

²Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil

³INPA, Departamento de Ciências Agronômicas. Av. André Araújo, 2936, Aleixo, 69060-001 - Manaus, AM, Brasil

Recebido: 09/11/2009

Aprovado: 01/10/2010

AUTOR CORRESPONDENTE:

André Luiz Atroch
E-mail: atroch@cpaa.embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE:

Variabilidade genética,
Melhoramento genético,
Índice de seleção,
Ganho genético.

KEY WORDS:

Genetic variability,
Plant breeding,
Selection index,
Genetic gain.

Avaliação e seleção de progênies de meios-irmãos de guaranazeiro

Evaluation and selection of half sib progenies of guarana

Resumo: Este trabalho teve como objetivos estudar a variabilidade genética, estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, prever valores genéticos, estabelecer correlações genéticas entre os caracteres e construir um índice de seleção dos indivíduos de guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) num experimento conduzido em Maués, Amazonas. Trinta e seis progênies foram avaliadas para 10 caracteres morfoagronômicos, incluindo resistência às doenças antracnose e superbrotamento e produção de frutos, em três safras consecutivas, num delineamento experimental de blocos ao acaso, com duas repetições e seis plantas por parcela. Os componentes de variância, parâmetros e valores genéticos e fenotípicos foram estimados pelo procedimento REML/BLUP. Existe variabilidade fenotípica e genética entre as progênies para a produção de frutos, que pode ser explorada no programa de melhoramento. Os ganhos genéticos obtidos neste trabalho apontam para um ganho maior do que o da seleção clonal. A seleção de indivíduos para produção de sementes e composição da população de melhoramento deve ser avaliada por mais quatro anos.

Abstract: The aim of this study was to estimate the genetic and phenotypic parameters and variance components, to predict breeding values, to establish genetic correlations and to build up a selection index of individual guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) plants as part of an experiment conducted in Maués, Amazonas, Brazil. Thirty-six half sib progenies were evaluated according to ten morpho-agronomic characteristics, including resistance to anthracnose and oversprouting diseases and yield (grams of fresh fruit per plant), in a randomized complete block design with two replicates and six plants per plot in three consecutive harvests. The estimation of genetic parameters, variance components, and genetic and phenotypic values was carried out using the Computerized Genetic Selection - SELEGEN-REML/BLUP program. There is phenotypic and genetic variation among progenies for fruit production that can be exploited by breeding programs. The genetic gain obtained in this study points to something that goes beyond clone selection. The selection of individuals for seed production and composition of the breeding population should be evaluated by more than four years.

1 Introdução

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke, Sapindaceae) é importante econômica e socialmente, na Amazônia brasileira e no Estado da Bahia, por suas propriedades medicinais e estimulantes (SMITH; ATROCH, 2007; TFOUNI, 2007). O Brasil é o único produtor mundial de guaraná e atende ao mercado nacional (80% da produção) e internacional. Na segunda metade do século 20 a área de cultivo do guaranazeiro expandiu-se além de seu centro de origem na Amazônia central, com plantios comerciais nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Bahia e Mato Grosso (NASCIMENTO FILHO; ATROCH, 2002).

No guaranazeiro, o ciclo de melhoramento, que compreende a seleção de genitores, seleção de indivíduos para reprodução sexuada (progênies) e reprodução assexuada (clones), obtenção de sementes de polinização aberta e recomendação de clones para plantio em escala comercial, pode demorar de 20 a 30 anos. Desse modo, é de grande importância o conhecimento da variabilidade fenotípica e genotípica e da herança de caracteres de interesse para a escolha dos métodos mais adequados na seleção de plantas, tanto na fase juvenil quanto na fase adulta.

Os testes de progênies são úteis ao melhorista para conhecer a magnitude e a natureza da variância genética disponível visando quantificar os ganhos com a seleção e prever o melhor método de seleção a ser utilizado no melhoramento. Nesses testes são discriminados os indivíduos superiores para o novo ciclo de melhoramento baseado nas estimativas dos parâmetros genéticos (RESENDE, 2002; CRUZ; REGAZZI, 2004).

As pesquisas com progênies de guaranazeiro foram retomadas em 2003, com a implantação do experimento deste trabalho, após um período bem sucedido de competição e recomendação de clones (NASCIMENTO FILHO; ATROCH, 2002). O método de melhoramento empregado é a seleção recorrente com teste de progênies de meios-irmãos.

O uso de modelos mistos como de máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada (REML/BLUP) vem sendo aplicado com alta eficiência no melhoramento de espécies florestais (RESENDE et al., 1996), fruteiras (RESENDE; DIAS, 2000; FARIAS NETO; RESENDE, 2001; PAIVA et al., 2001; 2002) e em clones de guaranazeiro (ATROCH et al., 2004). Nesse modelo, a seleção é baseada em procedimentos biométricos que não con-

fundem os efeitos genotípicos e ambientais.

Uma das maneiras de se aumentar a chance de êxito de um programa de melhoramento é por meio da seleção simultânea de um conjunto de caracteres de importância econômica. Para isso, a utilização de índices de seleção é uma alternativa eficiente, pois permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, de modo que seja possível a seleção com base no conjunto de variáveis (CRUZ; REGAZZI, 2004). No guaranazeiro, portanto, a construção de um índice de seleção é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão (NASCIMENTO FILHO; ATROCH, 2002). Vale ressaltar que o número de variáveis é de grande importância na construção do índice, pois quanto menor o número de caracteres utilizados no índice menor será sua eficiência (RESENDE, 2002).

Existem várias propostas para obtenção de índices de seleção. De modo geral, há métodos que se caracterizam pela necessidade de estimar variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas, e de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres (HAZEL, 1943). Por outro lado, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando desta forma a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias. O índice de Mulamba e Mock (1978) caracteriza-se por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias.

Este trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade fenotípica, estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, prever valores genéticos, estabelecer correlações genéticas entre os caracteres e construir um índice de seleção dos indivíduos de guaranazeiro num experimento de progênies de meios-irmãos conduzido pela Embrapa Amazônia Ocidental, em Maués, Amazonas.

2 Material e Métodos

O experimento foi implantado em abril de 2003, no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, em Maués (latitude de 3°23'56"S, longitude de 57°40'24"W e altitude de 18 m), Amazonas, num Latossolo Amarelo muito argiloso de baixa fertilidade natural ($pH_{(H_2O)} = 4,5$; $P = 5 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 40 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca = 1,26 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg = 0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al = 1,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O clima, conforme classificação de Köppen, é do tipo Af, tropical chuvoso, com temperatura média anual de 25,5 °C, média das máximas de 30,6 °C e média das mínimas de 21,3 °C,

precipitação pluviométrica média anual de 2070 mm e umidade média relativa do ar de 90%. Na Tabela 1 encontra-se o programa de adubações.

Tabela 1. Programa de adubação utilizado para o guaranazeiro.

Época	Período	Ureia	Superfosfato Triplo	Cloreto de Potássio	Sulfato de Magnésio	Bórax	Sulfato de Zinco
1º ano	No plantio	--	160	--	--	--	--
	3 meses após o plantio	40	--	--	--	--	--
	6 meses após o plantio	60	--	40	85	5	5
	9 meses após o plantio	60	--	40	85	5	5
2º ano	1ª aplicação (jan/fev)	60	160	--	70	5	5
	2ª aplicação (mar/abr)	60	--	80	70	--	--
	3ª aplicação (mai/jun)	60	--	80	70	5	5
3º ano	1ª aplicação (jan/fev)	80	200	--	--	--	--
	2ª aplicação (mar/abr)	70	--	100	80	5	5
	3ª aplicação (mai/jun)	80	--	150	80	5	5

*As quantidades e épocas a partir do 4º ano de cultivo são iguais às do 3º ano de cultivo.

Foram avaliadas 36 progênies de meios-irmãos de guaranazeiro, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com duas repetições e seis plantas por parcela, dispostas em duas fileiras de três plantas, no espaçamento de 5 m x 5 m. Essas progênies foram obtidas de plantas provenientes de ensaios de competição de progênies e de ensaios de competição de clones avaliados pela Embrapa Amazônia Ocidental durante, no mínimo, cinco anos, nos quais foram selecionadas, como matrizes (genitor feminino), as melhores plantas individuais quanto à produção e resistência a doenças.

A altura das plantas, número de folhas, número de ramos e diâmetro do caule, a resistência à antracnose e ao superbrotamento (escala de severidade de incidência de 0 a 4) (PEREIRA et al., 2005), e a produção inicial de frutos por planta (ano de 2005) foram avaliados aos 24 meses após o plantio. As notas das variáveis antracnose e superbrotamento foram tomadas por três avaliadores, ou seja, são médias de três repetições, não havendo necessidade da transformação dos dados. As variáveis altura das plantas e diâmetro do caule são de grande importância na formação precoce da copa e adaptação ao campo (NASCIMENTO FILHO, 1988) e poderiam ser usadas futuramente para estimar biomassa vegetativa para comparar com a produtividade. Com a finalidade de avaliar o potencial produtivo das progênies, a produção de frutos (em gramas de frutos frescos por planta) foi medida em três anos consecutivos, 2006, 2007 e 2008.

Foram estimados componentes de variância, parâmetros genéticos e valores genéticos pelo procedimento REML/BLUP, usando o programa Seleção Genética Computadorizada – Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2007). A partir dos valores genéticos aditivos foram propostas duas estratégias de seleção: a curto prazo, com a seleção dos 20 melhores indivíduos, com a finalidade de produção de sementes; e a longo prazo, com 50 indivíduos, para compor a população de melhoramento. Foram estimadas *m* medidas para obter o real valor das progênies, em termos de produção de frutos, com a máxima eficiência e correlações genéticas entre todos os caracteres morfoagronômicos, conforme Resende (2002).

Finalmente, foi realizada a análise com o índice de seleção Mulamba-Rank (RESENDE, 2002), envolvendo as dez características morfoagronômicas, inclusive a produção da fase juvenil.

Todas as análises foram realizadas utilizando o programa Seleção Genética Computadorizada – Selegen-REML/BLUP (RESENDE, 2007).

3 Resultados e Discussão

A análise de variância revelou diferença entre as progênies ($p < 0,05$), indicando a existência de variabilidade a ser explorada no programa de melhoramento. A fonte de variação-anos também foi significativa ($p < 0,01$), indicando seu efeito na produção de frutos do guaranazeiro. A interação das progênies com os anos não foi significativa, ou seja, não houve troca de classificação entre as progênies de um ano para outro. A existência de interação genótipos x ambientes é comum no guaranazeiro (NASCIMENTO FILHO, 2003), mas sua ausência nesse ensaio facilitará a identificação das melhores progênies (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta dos anos de 2006, 2007 e 2008 do caráter produção de frutos.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios
Blocos	1	97627742*
Progênies	35	37545341*
Anos	2	802991176**
Anos X Progênies	69	16497714 ^{ns}
Erro	349	24596483
Dentro	140	44186377
Média		5417
CV(%)		91,6

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F;

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

ns – não significativo.

A produtividade média dos três anos (5417 g de frutos por planta) é considerada alta, principalmente se considerarmos que a produção máxima do experimento ainda não foi atingida, o que deve acontecer a partir do quinto ou sexto ano de cultivo (NASCIMENTO FILHO, 2003; ATROCH et al., 2004). As produtividades médias alcançadas pelos ensaios com clones são de 4195 a 4523 g de frutos por planta.

O coeficiente de variação experimental de 91,6% é alto (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005). O erro experimental é influenciado, e consequentemente o coeficiente de variação, por diversos fatores, como: o tamanho das parcelas, o número de repetições, a heterogeneidade dos solos, a cultura e a variável estudada (ESTEFANEL et al., 1987). Em experimentos com plantas frutíferas, o tamanho das parcelas é grande e o número de repetições geralmente é pequeno, o que reduz a precisão do experimento (RESENDE, 2002). Por esses motivos, são esperados maiores coeficientes de variação na cultura do guaranazeiro (ATROCH; NASCIMENTO FILHO, 2005).

O caráter produção de frutos revelou variabilidade genética suficiente para utilização no programa de melhoramento (Tabela 3). Embora o valor da herdabilidade individual no sentido restrito tenha sido muito baixo, fato comum em caracteres quantitativos como produtividade, conduz a um valor de magnitude moderada da herdabilidade em nível de médias de progênes (RESENDE, 2002). Os valores das herdabilidades em nível de médias de progênes para cada ano são maiores do que os valores das herdabilidades individuais no sentido restrito e das herdabilidades aditivas dentro de progênes (Tabela 4), indicando que a seleção para produção deve ser realizada em nível de progênes.

Por outro lado, a repetibilidade individual foi de média magnitude (Tabela 3), e representa a proporção da variância fenotípica total de um caráter, que é explicada por diferenças permanentes entre indivíduos (CHAPMAM, 1985). Estas diferenças são ocasionadas por variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum, sendo uma correlação intraclasses fenotípica (RESENDE, 2002). Enquanto que a herdabilidade refere-se à regressão do valor genético aditivo, no caso de herdabilidade no sentido restrito, e do valor genotípico, no caso de herdabilidade no sentido amplo, sobre o valor fenotípico (RESENDE, 2002).

Tabela 3 - Componentes de variância e estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos associados à produção de frutos em gramas por planta na análise conjunta dos anos 2006, 2007 e 2008.

Parâmetros	Estimativas
Variância genética aditiva individual	169962
Variância ambiental entre parcelas	2562223
Variância dos efeitos permanentes	10010985
Variância residual temporária	17436725
Variância fenotípica individual	30179897
Herdabilidade individual no sentido restrito	0,005632 + -0,02
Repetibilidade individual	0,422240 + -0,07
Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela	0,08
Coeficiente de determinação dos efeitos permanentes	0,33
Média Geral	4569

O coeficiente de determinação dos efeitos de parcela foi baixo (Tabela 3), o que indica que quase nenhuma variação ambiental permaneceu dentro das parcelas. O coeficiente de determinação dos efeitos permanentes foi de média magnitude, ou seja, a variação ambiental permanente, de um ano para outro, é importante. A variância genética aditiva, a variância dos efeitos de parcela, a variância residual e a variância fenotípica individual aumentaram a cada ano, acompanhando o aumento da produção, e também aumentaram os coeficientes de variação residual (Tabela 4). Por outro lado, os coeficientes de variação relativa e a acurácia seletiva diminuíram com o decorrer dos anos, indicando que, com o aumento das variâncias, principalmente a fenotípica e a residual, torna-se necessária a utilização de outros métodos mais eficientes de seleção, (RESENDE, 2002).

Tabela 4 - Componentes de variância e estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos associados à produção de frutos em gramas, por planta, nos anos de 2006, 2007 e 2008.

Parâmetros	Estimativas		
	2006	2007	2008
Variância genética aditiva	69140	276140	296378
Variância dos efeitos de parcela	66789	3204887	9079430
Variância residual	7237686	18521024	43872047
Variância fenotípica individual	7373617	22002051	53247856
Herdabilidade individual no sentido restrito	0,0093	0,01255	0,0055
Herdabilidade da média de progênes	0,0262	0,0213	0,0089
Herdabilidade aditiva dentro de progênes	0,0071	0,0110	0,0050
Acurácia da seleção de progênes	0,16	0,1461	0,0945
Coeficiente de variação genética aditiva individual	8,76	10,19	7,59
Coeficiente de variação genética entre progênes	4,38	5,09	3,79
Coeficiente de variação residual	37,72	48,80	56,56
Coeficiente de variação relativa	0,12	0,10	0,06
Média geral do experimento	3001	5153	7165

As correlações genéticas entre os dez caracteres e os anos variam muito (Tabela 5). As doenças antracnose e superbrotamento são altamente correlacionadas. A antracnose influencia negativa-

mente a produção a partir do segundo ano de produção (2007), o que também ocorre com a doença superbrotamento. A produção na fase juvenil e no primeiro ano (2006) não foi influenciada pelas duas doenças, que apenas estavam começando a se manifestar.

Tabela 5 - Correlações genéticas entre dez caracteres morfoagronômicos avaliados em 36 progênies de guaranazeiro.

Carater	ANT	SUPERB	NFOL	NRAM	DIAM	ALT	Produção Juvenil 2005	Prod 2006	Prod 2007	Prod 2008
ANT	1	0,79	0,26	0,21	0,24	0,36	-0,09	-0,09	-0,49	-0,26
SUPERB		1	0,04	0,01	0,02	0,04	-0,16	-0,08	-0,49	-0,32
NFOL			1	0,70	0,67	0,67	0,27	0,28	0,11	0,17
NRAM				1	0,55	0,57	0,49	0,30	0,04	0,06
DIAM					1	0,84	0,30	0,49	0,16	0,29
ALT						1	0,31	0,39	0,11	0,28
Prod Juv 2005							1	0,56	0,38	0,31
Prod 2006								1	0,23	0,21
Prod 2007									1	0,65
Prod 2008										1

ANT: Resistência à Antracnose; SUPERB: Resistência ao superbrotamento;
NFOL: Número de folhas; NRAM: Número de ramos; DIAM: Diâmetro do caule;
ALT: Altura de plantas.

Dentre os fatores de produção do guaranazeiro encontram-se as doenças, e entre estas, a antracnose é a mais severa (DUARTE; ALBUQUERQUE, 1999), sendo que diversos fatores ambientais e níveis variáveis de populações do patógeno influenciam a resistência da cultura (PEREIRA et al., 2005). Os resultados encontrados neste trabalho mostram que, de um ano para o outro, a antracnose e o superbrotamento podem ou não influenciar na produção, e como estão altamente correlacionadas, ambas as doenças podem contribuir para a queda da produção em determinado ano, dependendo da resistência do genótipo e do nível populacional do patógeno. Desse modo, a estratégia de obter genótipos com estabilidade e previsibilidade da resistência, como enfatizam Pereira et al. (2005), deve ser prioritária no programa de melhoramento do guaranazeiro.

O número de folhas teve altos valores de correlação positiva com o número de ramos ($r = 0,70$), com o diâmetro do caule ($r = 0,67$) e com a altura das plantas ($r = 0,67$). O número de ramos correlacionou-se positivamente com o diâmetro do caule, com a altura das plantas e com o número de folhas. O diâmetro do caule, além da correlação com o número de folhas e com o número de ramos, exibiu a maior correlação com a altura das plantas ($r = 0,84$).

A produção juvenil foi influenciada positivamente pelo número de ramos e, em menor grau, pelo diâ-

metro do caule e pela altura das plantas. Nas produções da fase adulta (2006, 2007 e 2008), somente a primeira produção (2006) foi correlacionada positivamente com os caracteres diâmetro do caule ($r = 0,49$) e medianamente pela altura de plantas ($r = 0,39$). Esse resultado indica que a planta atingiu sua fase máxima de crescimento aos três anos após o plantio e que, após a primeira produção, a influência nas outras produções é reduzida, tendo as doenças como principal fator que influencia a produção.

Nascimento Filho (2003) constatou que clones de guaranazeiro que apresentam um maior número de ramos, ramos longos e maior número de folhas, em relação a clones com características de ramos longos, muitas folhas nos ramos e poucos ramos por planta, de uma maneira geral possuem um desenvolvimento vegetativo e melhor adaptação inicial às condições de campo e produzem frutos já no primeiro e segundo anos, principalmente em ambientes favoráveis. Nos anos posteriores, porém, suas produções decresceram em relação à abundante massa vegetativa produzida, o que pode ter exigido uma excessiva quantidade de fotoassimilados, em detrimento da produção de frutos. Nas condições de ambientes desfavoráveis, onde foram selecionados, provavelmente a relação massa vegetativa e a produção deve ter se mantido em equilíbrio ao longo dos anos, tendo a planta investido equitativamente na produção de frutos e na parte vegetativa.

Nesse caso, a produção do guaranazeiro ao longo dos anos parece ser influenciada pela incidência de doenças associada à partição de assimilados, canalizando para o crescimento inicial em detrimento da produção de frutos.

As correlações entre as produções da fase adulta e da fase juvenil só foram significativas entre a produção da fase juvenil e a primeira produção da fase adulta (2006) e a produção de 2007. Entretanto, as produções da fase adulta (2007 e 2008), após a primeira produção (2006), são bem correlacionadas ($r = 0,65$).

A seleção inicial no guaranazeiro é indicada para a obtenção de plantas mais vigorosas e que, por consequência, adaptam-se melhor a ambientes desfavoráveis, não sendo propícia para identificar plantas resistentes a doenças e nem produtivas. Somente com mais anos de avaliação isso é possível. Em clones de guaranazeiro, Atroch et al. (2004) recomendam no mínimo cinco safras consecutivas para maximizar a acurácia seletiva, e plantas oriundas de propagação sexual deveriam requerer mais tempo. A eficiência no uso de *m* medidas é mostrada na Tabela 6,

e pode ser verificado que, após seis anos de avaliação, a produção medida representa o valor real da progênie, com uma determinação de 81% e uma eficiência 40% maior do que somente uma medida.

Tabela 6 - Eficiência do uso de *m* medidas em relação ao caráter produção de frutos por planta em 36 progênies de guaranazeiro.

<i>m</i>	Herdabilidade individual	Determinação	Acurácia	Eficiência
	média			
1	0,0056	0,42	0,07	1,00
2	0,0079	0,59	0,09	1,18
3	0,0092	0,68	0,09	1,27
4	0,0099	0,74	0,09	1,33
5	0,0105	0,78	0,10	1,36
6	0,0109	0,81	0,10	1,39
7	0,0111	0,83	0,10	1,41
8	0,0113	0,85	0,11	1,42
9	0,0115	0,87	0,11	1,43
10	0,0117	0,88	0,11	1,44

A estratégia de seleção considera evitar a endogamia na geração de plantio para composição da população para produção de sementes, bem como a composição da população de melhoramento. A maximização do ganho foi realizada pelo preestabelecimento do número de 20 plantas para a população para produção de sementes e de 50 plantas para a população de melhoramento, de acordo com Farias Neto et al. (2008). Na Tabela 7 são apresentados os indivíduos selecionados pelos valores genéticos aditivos para compor as duas populações, com tamanho efetivo populacional mínimo de 15,54 e máximo de 31,83 para a composição da população para produção de sementes e para o melhoramento, respectivamente.

A seleção dos 20 melhores indivíduos pertencentes a 13 progênies proporcionou um ganho genético de 1,80% acima da média geral do experimento, elevando a média de 4570 g/planta para 4634 g de frutos/planta (Tabela 7). Em relação à produtividade média das progênies, de 4195 g de frutos por planta, esse ganho é da ordem de 10%. Em relação aos clones recomendados pela Embrapa Amazônia Ocidental (NASCIMENTO FILHO; ATROCH, 2002), a seleção do melhor indivíduo, cuja produtividade fenotípica (18.953 g de frutos por planta) proporcionou um ganho da ordem de 100%, em relação ao melhor clone, é expressiva.

Por outro lado, a seleção dos 50 melhores indivíduos pertencentes a 21 progênies, para compor a

população de melhoramento, proporcionou um ganho de 1,4% acima da média do experimento, elevando a produtividade de 4570 para 4605 g de frutos/planta. Esses ganhos genéticos, em relação à média da população, são baixos, porque os genitores não são muito divergentes (NASCIMENTO FILHO et al., 2001; SOUSA, 2003).

Tabela 7 - Valores fenotípicos, valores genéticos aditivos individuais, ganho genético e tamanho efetivo populacional (*N_e*) com a seleção dos 20 melhores indivíduos e do indivíduo de número 50 para o caráter produção de frutos, em guaranazeiro, visando a propagação sexuada.

Ordem	Progênie	Bloco/Planta	Valor fenotípico (g/planta)	Valor genético aditivo (g/planta)	Ganho genético (%)	<i>N_e</i>
1	3	2/5	18953	4687	2,58	1,00
2	21	2/1	18270	4676	2,46	2,00
3	21	2/2	14623	4671	2,39	2,48
4	30	1/4	14546	4671	2,35	3,49
5	29	1/3	12576	4664	2,29	4,49
6	8	1/5	15033	4655	2,23	5,49
7	34	1/1	14780	4653	2,17	6,49
8	21	1/2	10973	4653	2,13	6,62
9	20	1/2	14770	4653	2,09	7,61
10	10	2/3	13396	4651	2,06	8,60
11	35	2/5	15046	4649	2,04	9,59
12	17	1/5	13266	4646	2,01	10,58
13	32	1/4	14153	4644	1,98	11,58
14	4	2/4	13586	4643	1,95	12,57
15	8	1/3	12923	4638	1,92	13,16
16	29	2/3	12180	4638	1,89	13,75
17	21	2/3	10400	4637	1,87	13,63
18	23	2/3	11663	4634	1,85	14,60
19	29	2/5	9606	4634	1,82	14,89
20	30	2/3	10550	4634	1,80	15,54
N	n	n	n	n	n	n
50	9	1/5	9393	4605	1,38	31,83

O índice de Mulamba-Rank foi utilizado para a seleção das progênies para utilização imediata como fonte de produção de sementes para distribuição aos produtores. As progênies 21 (clone 611), 30 (clone 624) e 10 (clone 614) podem ser utilizadas como plantas matrizes para produção de sementes, por reunir todos os atributos desejáveis (resistência a doenças, crescimento vegetativo, produção juvenil e produção adulta), proporcionando um ganho de 96,8% a 103,3% em relação à pior progênie, a 1 (clone 631) (Tabela 8).

Tabela 8 - Seleção de 36 progênies de meiosirmãos, avaliadas pelo índice Mulamba-Rank, envolvendo dez caracteres morfoagronômicos em Maués, Amazonas.

Ordem	Progênie- Genitor	Rank Médio	Ganho (%)
1	21 - clone 611	9,10	103,29
2	30 - clone 624	9,40	100,00
3	10 - clone 614	9,70	96,81
4	20 - clone 605	11,00	88,77
5	23 - clone 952	11,60	82,08
6	26 - clone 706	12,70	74,80
7	3 - clone 227	14,00	67,09
8	24 - progênie 23	14,10	61,57
9	29 - clone 626	14,40	57,07
10	15 - clone 607	14,70	53,27
11	13 - clone 609	14,70	50,29
12	4 - clone 388	14,90	47,70
13	22 - clone 612	15,20	45,32
14	8 - clone 871	16,00	42,69
15	7 - clone 862	16,10	40,43
16	12 - clone 225	16,40	38,32
17	36 - clone 610	16,70	36,32
18	32 - clone 389	17,20	34,32
19	17 - clone 388	17,20	32,59
20	9 - clone 882	17,40	30,97
21	6 - clone 224	18,90	28,89
22	34 - clone 616	20,00	26,63
23	11 - clone 635	20,10	24,59
24	33 - clone 601	20,90	22,52
25	5 - clone 222	21,00	20,63
26	35 - clone 723	22,00	18,64
27	27 - progênie 709	23,40	16,49
28	16 - clone 300	24,00	14,39
29	25 - clone 619	24,00	12,52
30	19 - clone 275	24,50	10,71
31	14 - clone 505	24,70	9,03
32	28 - progênie 745	24,90	7,46
33	18 - clone 514	26,00	5,82
34	2 - clone 624	26,50	4,24
35	31 - clone 631	29,00	2,39
36	1 - clone 631	33,60	0,00

Segundo Cruz e Regazzi (2004), a utilização de índices de seleção é uma alternativa eficiente para aumentar a chance de êxito no programa de melhoramento, pois permite reunir, com base em um complexo de variáveis, vários atributos desejáveis de interesse agrônomo e econômico. Esses autores acreditam que a utilização de índices de seleção é uma alternativa eficiente para evitar a rejeição do genótipo pelos agricultores e aumenta a chance de êxito no programa de melhoramento, pois permite reunir, com base em um complexo de variáveis, vários atributos desejáveis de interesse agrônomo e econômico. Resende (2002) apresenta alguns índices baseados em agregado genotípico, que é um conceito similar ao da adaptação (fitness), utilizado pelos evolucionistas para representar um conjunto de caracteres adaptativos sob seleção natural. O índice de Mulamba-Rank (RESENDE, 2002) tem a vantagem de não necessitar estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias.

4 Conclusões

Existe variabilidade fenotípica e genética entre as progênies para a produção de frutos, que pode ser explorada no programa de melhoramento.

Os ganhos genéticos obtidos neste trabalho apontam para um ganho maior do que o da seleção clonal.

A seleção de indivíduos para produção de sementes e composição da população de melhoramento deve ser avaliada por mais quatro anos.

Referências

- ATROCH, A.L.; RESENDE, M.D.V.; NASCIMENTO FILHO, F.J. Seleção clonal em guaranazeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n.41, p.193-201, 2004.
- ATROCH, A.L.; NASCIMENTO FILHO, F.J do. Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n.43, p.43-48, 2005.
- CHAPMAN, A.B. *General and quantitative genetics*. Amsterdam: Elsevier Science, 1985. 408 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 2004. 480p.
- DUARTE, M.L.R.; ALBUQUERQUE, F.C. Doenças da cultura do guaranazeiro. In: DUARTE, M.L.R. (Ed.). *Doenças de plantas no trópico úmido brasileiro*. Belém: Embrapa-CPATU, 1999. p.89-121.
- ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I.A.B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. *Anais...* Londrina: UEL/Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1987. p.115-131.
- FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes* K.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.2, p.320-324, 2001.
- FARIAS NETO, J.T.; RESENDE, M.D.V. de; OLIVEIRA, M.S.P. de; NOGUEIRA, O.L.; FALCÃO, P.N.B.; SANTOS, N.S.A. dos. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.1051-1056, 2008.
- GONDIM, C.J.E. *Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis)*. Dissertação (Mestrado) - INPA/FUA, Manaus, 1978. 83p.

- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, v.28, p.476-490, 1943.
- MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, v.7, p.40-57, 1978.
- NASCIMENTO FILHO, F.J. *Coefficientes de caminhamento entre caracteres da parte aérea e do sistema radicular em guaraná ("Paullinia cupana var. sorbilis")*. 101f. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Piracicaba: ESALQ, 1988.
- _____. *Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade, estabilidade e repetibilidade em clones de guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke)*. Viçosa: 199p. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Viçosa: UFFV, 2003.
- NASCIMENTO FILHO, F.J. do; ATROCH, A.L.; SOUSA, N.R. de; GARCIA, T.B.; CRAVO, M. das; COUTINHO, E.F. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.3, p.501-506, 2001.
- NASCIMENTO FILHO, F.J.; ATROCH, A.L. *Guaranazeiro*. In: BRUKNER, C.H. *Melhoramento de frutíferas tropicais*. Viçosa: UFFV, p.291-307, 2002.
- PAIVA, J.R.; RESENDE, M.D.V.; CORDEIRO, E.R. Avaliação do número de colheitas na produção de progênes de acerola, repetibilidade e herdabilidade de caracteres. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.1, p.102-107, 2001.
- PAIVA, J.R.; RESENDE, M.D.V.; CORDEIRO, E.R. Índice multi-efeitos (BLUP) e estimativas de parâmetros genéticos aplicados ao melhoramento da acerola. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.6, p.799–807, 2002.
- PEREIRA, J.C.R.; ARAÚJO, J.C.A.; NASCIMENTO FILHO, F.J.; ATROCH, A.L.; GASPAROTTO, L.; ARRUDA, M.R.; SANTOS, L.P. Avaliação da estabilidade fenotípica e da previsibilidade da resistência em clones de guaranazeiro a *Colletotrichum guaranicola*. In: PEREIRA, J.C.R.; ARRUDA, M.R. de (Eds.). *Pesquisa com guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental: status atual e perspectivas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p.62-67, 2005.
- RESENDE, M.D.V. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- _____. *O software SELEGEN-REML/BLUP*. Campo Grande: Embrapa Pantanal, 2007. 305p. (Embrapa, Documentos).
- RESENDE, M.D.V.; RATES, D. F.; JESUS, A.; YAMADA, C. K. Estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML) e melhor predição linear não viciada (BLUP) em *Pinus*. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.32/33, p.18-45, jan./dez. 1996.
- RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies frutíferas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.44–52, 2000.
- SMITH, N.; ATROCH, A.L. Guarana's journey from regional tonic to aphrodisiac and global energy drink. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Oxford, n.5, 2007. eCAM, doi:10.1093/ecam/nem162.
- SOUSA, N.R. *Variabilidade genética e estimativas de parâmetros genéticos em germoplasma de guaranazeiro*. 99f. (Tese – Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Lavras: UFLA, 2003.
- TFOUNI, S.A.V.; CAMARGO, M.C.R.; VITORINO, S.H.P.; MENEGÁRIO, T.F.; TOLEDO, M.C.F. Contribuição do guaraná em pó (*Paullinia cupana*) como fonte de caféina na dieta. *Revista de Nutrição*, Campinas, v.20, n.1, p.63-68, 2007.
- WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. *Biometrics*, v.18, p.375-393, 1962.