

PREDIÇÃO DE GANHOS POR DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO EM PROGÊNIES DE CAFEIROS DERIVADAS DO HÍBRIDO DE TIMOR

Antonio Carlos Baião de Oliveira¹ (baiao@iac.sp.gov.br), Ney Sussumu Sakiyama², Júlio César Mistro¹, Raphael José Nascif Rufino², Luiz Carlos Fazuoli¹

¹APTA-Instituto Agronômico de Campinas/Centro de Café 'Alcides Carvalho', ²Universidade Federal de Viçosa/Dep. Fitotecnia

Resumo:

A complexidade dos caracteres de importância agrônômica do cafeeiro, a maioria grandemente influenciada pelo ambiente, dificulta o processo seletivo em um programa de melhoramento. As estimativas de parâmetros genéticos, como herdabilidades, correlações e ganhos de seleção, permite a identificação de genótipos superiores em gerações precoces. Este trabalho objetivou comparar diferentes estratégias de seleção por meio de ganhos estimados e das progênies selecionadas, determinando os métodos superiores e os mais similares. Avaliaram-se 240 plantas F₂ de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor, no delineamento em blocos aumentados, com duas testemunhas intercalares. As maiores estimativas de ganhos totais foram obtidas pela seleção usando os índices, que foram mais adequados na eleição dos genótipos superiores, por apresentarem ganhos distribuídos entre todos os caracteres avaliados. Três estratégias destacaram-se como as mais eficientes em apontar as melhores plantas da progênie avaliada.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, ganhos genéticos, índices de seleção, parâmetros genéticos.

GAIN PREDICTION FOR DIFFERENT STRATEGIES OF SELECTION IN COFFEE OFFSPRINGS DERIVED OF THE HÍBRIDO DE TIMOR

Abstract:

The complexity of the coffee agronomic importance characters, most largely influenced by the environment, its difficult the selective process in an improvement program. The estimates of genetic parameters, as heritability, correlations and selection gain, it allows the identification of superior genotypes in early generations. This work aimed to compare different selection strategies through estimates gain and of the selected offsprings, determining the superior methods and the most similar. 240 coffee F₂ plants derived of the Híbrido de Timor were evaluated in the augmented blocks design, with two additional checks. The largest estimates of total gain were obtained by the selection using the indices, that were more appropriate in the election of the superior genotypes, for they present gains distributed among all the evaluated characters. Three strategies stood out as the most efficient in pointing the best plants of the analyzed offspring.

Key words: *Coffea arabica*, genetic gain, selection indices, genetic parameters.

Introdução

Os programas de melhoramento genético do cafeeiro, que visam incorporar resistência genética à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) às novas cultivares desenvolvidas, utilizam, principalmente, linhagens derivadas do Híbrido de Timor, como fonte de resistência a essa doença. Esse é um germoplasma pouco adaptado, que apresenta muitas características agrônômicas indesejáveis, como plantas pouco produtivas, de porte alto e de entrenós longos na haste principal (Pereira et al., 2002). No entanto, é de grande interesse em programas de melhoramento genético a utilização de germoplasma exótico em populações adaptadas, visando a melhoria de caracteres agrônômicos.

As várias características de importância agrônômica estão correlacionadas entre si, em magnitude e sentido variados. Isto implica que a seleção em determinada característica pode proporcionar alterações em outras, cujo sentido pode ser ou não de interesse do melhoramento. Dessa forma, a quantificação dos efeitos indiretos da seleção praticada em uma característica sobre outras secundárias é fundamental para que se possa orientar programas de melhoramento, que visem a obtenção de materiais genéticos que reúnam, simultaneamente, vários atributos favoráveis (Cruz et al., 2004).

A predição de ganhos por determinada estratégia de seleção possibilita orientar de maneira mais eficiente um programa de melhoramento e prever o sucesso do esquema seletivo adotado, decidindo, com base científica, por técnicas alternativas que possam ser mais eficazes. Contudo, é trabalhoso selecionar progênies superiores, uma vez que os caracteres de importância, em sua maioria quantitativos, apresentam comportamento complexo, além de serem altamente influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados, de tal forma que a seleção de um provoca uma série de mudanças em outros (Cruz, 2001). Para a obtenção de genótipos superiores, é necessária a reunião de uma série de atributos favoráveis em um mesmo genótipo, que atenda aos interesses dos produtores e do mercado consumidor (Cruz et al., 2004).

Neste contexto, a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de expressividade econômica aumenta a probabilidade de êxito de um programa de melhoramento. Para tal, a teoria de índice de seleção permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental, possibilitando a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico. Desse modo, o índice de seleção constitui-se num caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres, que permite efetuar, com eficiência, a seleção simultânea

(Cruz et al., 2004). Os índices de seleção têm sido mais freqüentemente utilizados nos programas de melhoramento animal e vegetal de espécies perenes e semiperenes, com uso muito restrito em espécies anuais e de ciclo curto (Cruz, 1990).

Neste trabalho foram empregadas diferentes estratégias de seleção para estimar os ganhos das progênes selecionadas, para determinar qual(is) método(s) mais eficiente(s) na indicação das plantas superiores, que irão compor os próximos ciclos de seleção.

Material e Métodos

Este experimento foi instalado, em 2004, na área pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi composto de 240 plantas em geração F_2 , oriundas da autofecundação de uma única planta F_1 , derivada do cruzamento entre a cultivar Catuaí Amarelo (UFV 2154-344) e uma linhagem do Híbrido de Timor (UFV 440-10). O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos aumentados de Federer (1955), constituído de seis blocos com 40 tratamentos regulares (plantas F_2) e duas testemunhas comuns, 'Catuaí UFV 2144' (mais cultivada na região, mas susceptível à ferrugem) e 'Catuaí Amarelo (resistente à ferrugem), intercaladas a cada 20 plantas da progênie. As características avaliadas foram: altura de planta (AP), número de nós na haste principal (NN), comprimento médio dos entrenós da haste principal (CEN), dado pela divisão de AP por NN, número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP) e diâmetro do caule (DC). O experimento recebeu os tratos culturais recomendados para a cultura do cafeeiro.

O seguinte modelo estatístico foi empregado na análise de blocos aumentados: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + B_j + \varepsilon_{ij}$, em que Y_{ij} é o valor da característica para o i -ésimo tratamento no j -ésimo bloco; μ é a média geral; τ_i é o efeito do i -ésimo tratamento, que pode ser decomposto em T_i (efeito da i -ésima testemunha, com $i = 1, 2, \dots, t$) e G'_i (efeito do i -ésimo genótipo, com $i = 1, 2, \dots, g_j$); B_j é o efeito do j -ésimo bloco, com $j = 1, 2, \dots, b$; e ε_{ij} é o erro aleatório.

As análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando-se o aplicativo computacional Genes (Cruz, 2001). Os coeficientes de herdabilidade, calculados com base em plantas individuais, foram estimados no sentido amplo, através da razão entre as variâncias genotípica e fenotípica, que foram obtidas na análise de variância de blocos aumentados.

A seleção dos melhores genótipos e as estimativas dos ganhos genéticos esperados foram realizadas, utilizando-se as seguintes estratégias, citados por Cruz (2001): seleção direta e indireta, índice baseado em soma de "ranks" (Mulamba e Mock, 1978), índice baseado nos ganhos desejados (Pesek e Baker, 1969) e índice multiplicativo (Subandi et al., 1973). Na seleção direta e indireta, em princípio, espera-se obter ganhos em um único caráter sobre o qual se pratica a seleção, podendo ocorrer respostas favoráveis ou desfavoráveis nos caracteres de importância secundária.

Na estimativa dos ganhos genéticos, quanto aos caracteres principais, os pesos econômicos e ganhos desejados foram estabelecidos a partir dos próprios dados experimentais, conforme recomendações de Cruz (1990). Adotou-se como ganho desejado, no índice de Pesek e Baker (1969), o equivalente a um desvio-padrão genético (DP). Na predição de ganhos pelo índice baseado em soma de "ranks", empregou-se como pesos econômicos, para os caracteres principais, o valor 1, as estimativas de coeficiente de variação genético (CVg) e a razão entre o coeficiente de variação genético e o experimental (CVg/CVe). Quanto aos caracteres secundários, foram adotados valores nulos.

A seleção baseada no índice multiplicativo (Suband et al., 1973) considerou a relação índice-variável como inversa para AP e CEN e como direta para NN, NRPP e DC. Esse mesmo tipo de critério foi adotado na seleção direta e indireta, considerando acréscimos nos caracteres NN, NRPP e DC e decréscimos em AP e CEN.

A comparação dos ganhos pelo índice baseado na soma de "ranks" e índice baseado nos ganhos desejados considerou duas situações: todos os caracteres avaliados, como principais, e AP e NRPP, como principais. Como nos casos anteriores, na seleção baseada nesses dois últimos índices, o objetivo foi selecionar genótipos com redução nos caracteres AP e CEN, e acréscimo em NN, NRPP e DC.

Resultados e Discussão

Na análise de variância de blocos aumentados, todas as características, com exceção de DC, foram significativas pelo teste F, indicando que houve variabilidade genética suficiente na população sob investigação, o que permitiu a prática da seleção, com possibilidades de ganhos. Os coeficientes de variação experimental foram consideravelmente baixos (<10%), para todas as características avaliadas, retratando reduzida sensibilidade em relação às variações experimentais não-controláveis (Tabela 1).

As elevadas estimativas de herdabilidades no sentido amplo, para a maioria das características, bem como dos elevados valores da relação CVg/CVe (todos maiores que a unidade), e o fato de a magnitude das estimativas das correlações genotípicas serem quase todas superiores às fenotípicas (Tabela 2) indicaram predominância dos componentes genéticos em relação aos ambientais, refletindo uma situação bastante favorável à seleção das características analisadas. Os sinais negativos dos coeficientes de correlação ambientais entre NN e NRPP (-0,42) e entre NRPP e DC (-0,42) indicam que essas características foram influenciadas de formas diferentes pelo ambiente (Tabela 2).

Um aspecto interessante que deve ser discutido é que todas as estimativas de ganho de seleção estão superestimadas, uma vez que foram calculadas utilizando-se a herdabilidade no sentido amplo. Por se tratar de plantas na geração F_2 , não foi possível estimar isoladamente o componente aditivo da variância genotípica, porém, esse fato não interferiu nos resultados finais, visto que, todas as estratégias de seleção utilizadas estavam sujeitas a esse mesmo problema de estimação.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características altura de planta (AP), número de nós na haste principal (NN), comprimento dos entrenós do ramo ortotrópico (CEN), número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP) e diâmetro do caule (DC) de uma progênie F₂ constituída de 240 cafeeiros derivados do Híbrido de Timor.

Fonte de Variação ¹	GL	QM				
		AP	NN	CEN	NRPP	DC
Blocos	5	198,57	7,48	1,79	19,44	0,13
Trat(Aj)	241	142,26**	1,40**	0,83**	7,86*	0,03 ^{ns}
Méd Pond		52,33	11,32	4,62	23,97	1,28
CVg(%)		21,99	10,65	18,93	11,83	12,5
CVe(%)		5,5	2,55	5,45	5,79	8,53
CVg/CVe		4,00	4,18	3,48	2,04	1,47
h ² a(%)		94,11	94,58	92,36	80,64	68,26

¹Trat(Aj)=tratamentos ajustados; méd pond=médias ponderadas; CVg=coeficiente de variação genético; Cve=coeficiente de variação experimental; h²a=herdabilidade no sentido amplo; ^{ns}não significativo pelo teste F; * e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2. Coeficientes de correlações fenotípicas (acima da diagonal), genotípicas (acima da diagonal, entre parênteses) e de ambientes (abaixo da diagonal) entre cinco características, avaliadas em uma progênie F₂ de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor.

	AP	NN	CEN	NRPP	DC
AP ¹	-	0,48(0,47)	0,89(0,90)	0,37(0,42)	0,65(0,74)
NN	0,68	-	0,06(0,06)	0,45(0,57)	0,25(0,20)
CEN	0,83	0,06	-	0,22(0,22)	0,60(0,69)
NRPP	0,02	-0,42	0,28	-	0,43(0,72)
DC	0,42	0,42	0,33	-0,42	-

¹AP=altura de planta; NN= número de nós na haste principal; CEN=comprimento dos entrenós do ramo ortotrópico; NRPP=número de ramos plagiotrópicos primários; e DC=diâmetro do caule.

Foram selecionadas 36 plantas (15%) da progênie pela seleção direta das características AP, NN, CEN, NRPP e DC e avaliada a resposta correlacionada nas características secundárias (Tabela 3). O critério de seleção em AP e CEN foi no sentido de decréscimo na magnitude destas características e em NN e NRPP foi no sentido de acréscimo. Portanto, na soma do ganho total os valores em AP e CEN foram considerados em valores absolutos. Estes critérios de seleção foram adotados, pois, o interesse do programa de melhoramento genético da UFV/EPAMIG é pela obtenção de plantas mais compactas, de porte reduzido, com entrenós mais curtos e com maior número de nós e de ramos plagiotrópicos, visando a obtenção de genótipos mais produtivos e melhor adaptados aos níveis tecnológicos adotados por cafeicultores de várias regiões de Minas Gerais e de outros estados da Federação.

O ganho pela seleção direta em todos os caracteres foi sempre superior ao ganho indireto (Tabela 3), ficando próximo nas situações em que as características são altamente correlacionadas, como AP e CEN. Falconer (1987) salienta que a seleção indireta pode promover maiores ganhos que a direta, se o caráter auxiliar apresentar maior herdabilidade que o principal, e se a correlação genética entre ambos for positiva e de alta magnitude. O maior ganho individual foi observado para AP. O maior ganho percentual total foi obtido quando a seleção foi praticada em CEN. Entretanto, esta estratégia proporcionou ganhos ínfimos em NN e negativos em NRPP e DC, que são caracteres relevantes agronomicamente e normalmente correlacionados positivamente com produtividade.

Tabela 3. Estimativas das médias originais (\bar{X}_o) herdabilidades no sentido amplo (h²a) e ganhos de seleção (GS%), obtidos pela seleção direta e indireta em 240 plantas F₂ de cafeeiros derivados do híbrido de Timor.

Caracteres ¹	\bar{X}_o	h ² a	GS% ²					TOTAL
			AP	NN	CEN	NRPP	DC	
AP	52,45	94,11	27,17	-11,13	17,9	-9,47	-11,06	13,41
NN	11,33	94,58	-12,81	15,41	11,43	7,53	4,19	15,75
CEN	4,62	92,36	21,44	0,12	21,54	-5,73	-9,19	28,18
NRPP	23,98	80,64	-10,86	7,88	-4,0	15,0	6,77	14,8
DC	1,28	68,26	-24,97	4,29	-20,42	7,06	16,6	-17,44

¹AP=altura de planta; NN= número de nós na haste principal; CEN=comprimento dos entrenós do ramo ortotrópico; NRPP=número de ramos plagiotrópicos primários; e DC=diâmetro do caule.

²Critérios de seleção: aumento nos caracteres NN, NRPP e DC; redução em AP e CEN.

Na estimativa dos ganhos genéticos pelos índices de seleção (Tabela 4), adotando-se diferentes pesos econômicos para o índice baseado em soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978) (MM) e as duas situações anteriormente citadas, o índice multiplicativo (Subandi et al., 1973) (SU) mostrou-se superior aos demais, com o maior ganho total. O índice MM, quando foi utilizado peso econômico igual a um e todos os caracteres como principais, apresentou resposta muito parecida com a apresentada pelo índice SU. Além dessas duas estratégias mencionadas, apenas o índice baseado nos ganhos desejados (Pesek e Baker, 1969) (PB), quando se considerou AP e NRPP como caracteres principais, apresentaram ganhos simultâneos para todos os caracteres.

Entre as três estratégias de seleção citadas anteriormente, o índice de PB, com AP e NRPP como principais, foi a que apresentou o menor ganho percentual total. No entanto, este critério foi o que apresentou os maiores ganhos para o caráter NRPP, podendo implicar na seleção de plantas mais produtivas, quando essa estratégia é adotada, em razão dos ramos plagiotrópicos serem, potencialmente, produtivos (Tabela 4).

De acordo com Cruz (1990), a utilização dos índices, mesmo considerando apenas um caráter como principal, mostra-se vantajosa em relação à seleção direta, uma vez que possibilita ganhos mais distribuídos em todos os caracteres avaliados, com ganhos totais maiores, sem proporcionar perda significativa no caráter principal. Essa situação foi detectada em trabalhos com arroz (Rodriguez et al., 1998) e com soja (Costa et al., 2004).

Comparando-se os genótipos selecionados nas três estratégias, em que ocorreram ganhos positivos em todos os caracteres avaliados, notou-se que houve coincidência de 24 plantas (67%) entre aquelas escolhidas. Considerando-se apenas o índice MM, com peso econômico igual a um e todos os caracteres como principais, e o índice SU (tabela 4), o nível de coincidência sobe 86,1%, denotando a eficiência das estratégias adotadas em indicar os genótipos superiores.

Tabela 4. Estimativas de ganhos pela seleção (GS%) em cinco caracteres avaliados em uma progênie F₂ de cafeeiros derivados do Híbrido de Timor, com base nos índices propostos por Mulamba e Mock (1978) (MM) e Pesek e Baker (1969) (PB), com os pesos econômicos (PE) e duas situações (Sit). São também apresentados os ganhos estimados pelo índice proposto por Subandi et al. (1978) (SU).

Índice	PE	Sit ¹	GS% ²					TOTAL
			AP	NN	CEN	NRPP	DC	
MM	1	Todos	6,13	9,27	13,44	7,43	3,64	39,91
		AP e NRPP	14,06	-1,27	12,29	7,34	-2,84	32,12
MM	CVg	Todos	15,60	2,90	18,03	1,55	-0,86	37,22
		AP e NRPP	19,69	-5,22	14,63	3,42	-5,47	37,49
MM	CVg/CVe	Todos	12,11	6,95	17,13	3,32	-1,46	38,05
		AP e NRPP	19,99	-5,91	14,41	2,95	-5,55	25,89
PB	DP	Todos	0,4	-2,9	-1,99	5,29	-7,09	-6,29
		AP e NRPP	9,42	3,01	11,34	10,05	2,84	36,70
SU	-	-	8,48	7,77	14,57	7,34	2,80	40,96

¹Todos os caracteres (AP=altura de planta; NN=nº de nós; CEN comprimento dos entrenós; NRPP=nº de ramos plagiotrópicos primários; e DC= diâmetro de caule) como principais. AP e NRPP como caracteres principais.

²Critérios de seleção: aumento nos caracteres NN, NRPP e DC; redução em AP e CEN.

Conclusões

- O delineamento de blocos aumentados é uma alternativa viável a ser adotada no início de um programa de seleção de cafeeiros portando características agronômicas de interesse.
- O uso dos índices de seleção é vantajoso no melhoramento do cafeeiro, uma vez que proporcionam ganhos totais superiores, distribuídos entre todos os caracteres avaliados, situação adequada em um programa de seleção.
- Alguns índices e situações apresentam vantagens em relação a outros, principalmente quando a seleção envolve acréscimos em determinadas variáveis e decréscimos em outras.

Referências Bibliográficas

- Costa MM, Mauro AO, Uneda-Trevisoli SH, Arriel NHC, Bárbaro IM, Muniz FRS (2004) Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39: 1095-1102.
- Cruz CD (1990) *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 188p.
- Cruz CD (2001) *Programa GENES – versão Windows*. Viçosa: UFV, 642p.
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, v1, 3.ed., 480p.
- Federer WT (1955) *Experimental design: Theory and application*. New York: MacMillan. 544p.
- Mulamba NN, Mock JJ (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 7: 40-57.
- Pereira AP, Moura WM, Zambolim L, Sakiyama NS, Chaves GM (2002) Melhoramento genético do cafeeiro no Estado de Minas Gerais - Cultivares lançados e em fase de obtenção. In: Zambolim, L. (Ed.). *O estado da arte de tecnologias na produção de café*. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV. pp.253-296.
- Pesek J, Baker RJ (1969) Desired improvement in relation to selected indices. *Canadian Journal of Plant Science*, 49: 803-804.
- Rodríguez RES, Rangel PHN, Morais OP de (1998) Estimativas de parâmetros genéticos e de respostas à seleção na população de arroz irrigado CNA 1. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33: 685-691.
- Subandi W, Compton A, Empig LT (1973) Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science*, 15: 827-833.