

Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro ‘Conilon’¹

Genetic gain in the productivity of processed coffee from the selection of clones of ‘Conilon’ coffee

André Rostand Ramalho^{2*}, Rodrigo Barros Rocha², Flávio França Souza³, Wilson Veneziano² e Aleksandro Lara Teixeira²

RESUMO - A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner possui ampla distribuição geográfica, com ocorrência em regiões tropicais de diversos continentes. Aproximadamente 30% da produção brasileira de café é proveniente do cultivo dessa espécie, sendo que o Estado de Rondônia se destaca como seu segundo maior produtor. Este trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos com a seleção de clones de *C. canephora*, da variedade botânica ‘Conilon’, visando caracterizar a variabilidade genética e estimar o progresso genético da produtividade de café beneficiado. A análise de variância da produção de café beneficiado evidenciou que a fonte de variação “clones” foi significativa nas safras avaliadas, de acordo com o teste F a 1% de significância. A predominância do componente genético na expressão dessa característica, associado a uma boa precisão experimental, indica a possibilidade de obtenção de ganhos com a seleção de plantas. O progresso genético da produção de café beneficiado com o plantio dos clones selecionados foi de 57,85%, que equivale a um aumento na média em quatro anos de 44,75 sacas ha⁻¹, para 70,64 sacas ha⁻¹. Além do incremento na produtividade de grãos, os clones de ciclo intermediário selecionados favorecem a concentração da colheita e a redução dos custos operacionais.

Palavras-chave: *Coffea canephora*. Seleção genotípica. Parâmetros genéticos.

ABSTRACT - The species *Coffea canephora* Pierre ex Froehner is geographically widely distributed, occurring in the tropical regions of several continents. Cultivation of the species accounts for approximately 30% of coffee production in Brazil, with the state of Rondonia being the second largest producer. The aim of this study was to estimate genetic parameters in the selection of clones of the ‘Conilon’ variety of *C. canephora*, seeking to characterise genetic variability and estimate genetic gain in the productivity of processed coffee. Analysis of variance of the production of processed coffee demonstrated that, according to F-test at a level of 1%, the source of variation, clones, was significant in the crops being evaluated. A predominance of the genetic component in the expression of this characteristic, together with good experimental precision, indicates the possibility of obtaining gains from plant selection. Genetic gain in the production of processed coffee from the planting of selected clones was 57.85%, which is equal to an average increase over four years of from 44.75 bags ha⁻¹ to 70.64 bags ha⁻¹. Aside from the increase in grain productivity, selecting clones with an intermediate cycle contributes to concentrating the harvest and reducing operating costs.

Key words: *Coffea canephora*. Genotypic selection. Genetic parameters.

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160062

¹Recebido para publicação em 21/03/2013; aprovado em 06/10/2015

Pesquisa financiada em parte pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq

²Embrapa Rondônia, BR 364, Km 5,5, Zona Rural, Caixa Postal 127, Porto Velho-RO, Brasil, 76.815-800, andre.rostand@embrapa.br, rodrigo.rocha@embrapa.br, wilson.veneziano@yahoo.com.br, alexsandro.teixeira@embrapa.br

³Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, Petrolina-PE, Brasil, 56.302-970, flavio.franca@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner possui ampla distribuição geográfica, com ocorrência em diversos continentes, se expandido por uma faixa tropical que engloba as regiões mais quentes do planeta (FAZUOLI, 1986). Aproximadamente 30% da produção nacional de café deve-se ao cultivo dessa espécie, que se caracteriza pelo seu elevado vigor vegetativo e pela produção de uma bebida neutra com alto teor de sólidos solúveis, utilizada na indústria de cafés solúveis e em misturas com o café arábica (FASSIO; SILVA, 2007).

Os principais estados produtores de café 'Conilon' são: Espírito Santo, Rondônia, Bahia (CONAB, 2012). A cafeicultura rondoniense apresenta relevância social, pois é a principal fonte de renda para 38.000 pequenas propriedades rurais, distribuídas em cinco pólos cafeeiros (MARCOLAN *et al.*, 2009). No Estado, o cultivo do cafeeiro 'Conilon' é realizado em diferentes condições de fertilidade dos solos e de altitude, com temperaturas médias anuais elevadas, precipitação de 1.800 a 2.200 mm/ano com acentuado déficit hídrico de junho a setembro. O parque cafeeiro rondoniense de, aproximadamente, 140 mil hectares é constituído em sua maioria pelas variedades botânicas 'Conilon' e 'Robusta', pertencentes à espécie *C. canephora*, plantados a partir de sementes e clones de origem genética desconhecida. Apenas uma pequena parte desse parque cafeeiro é composta por variedades de *Coffea arabica* L. (MARCOLAN *et al.*, 2009; VENEZIANO; FAZUOLI, 2000).

O cafeeiro 'Conilon' caracteriza-se como uma planta tipicamente alógama, que apresenta mecanismos que favorecem a polinização cruzada tais como, a auto-incompatibilidade gametofítica e o florescimento sincronizado (BERTHAUD, 1980). A alta diversidade entre plantas de uma mesma lavoura é característica marcante dessa espécie que apresenta alta variabilidade genética natural e polinização cruzada entre gerações (FERRÃO *et al.*, 2009; FONSECA *et al.*, 2006). Essa heterogeneidade, causada pela segregação genética, dificulta os tratos culturais e diminui a produtividade média da lavoura, uma vez que resulta em uma distribuição normal de plantas com maior e menor produtividade de grãos. A propagação assexuada de clones superiores tem propiciado um aumento qualitativo na uniformidade, produtividade e qualidade dos frutos (BRAGANÇA *et al.*, 2001; FERRÃO *et al.*, 2007).

A seleção clonal objetiva a identificação de genótipos de maior produtividade de grãos que reúnam características favoráveis, tais como: menor bienuidade, maturação uniforme, grãos graúdos, tolerância a estresses bióticos (ferrugem alaranjada, nematoses, broca do café) e abióticos (baixa altitude, temperaturas elevadas com

déficit hídrico anual acima de 150 a 200 mm). Entre as características de interesse, destaca-se a produtividade e estabilidade da produção de grãos, pela sua herança complexa e associação com outros componentes da produção (BAUDOUIN *et al.*, 1997; FERRÃO *et al.*, 2008; FONSECA *et al.*, 2004).

A seleção de plantas baseia-se nos valores genéticos aditivos das matrizes que serão recombinadas e nos valores genotípicos dos clones que serão propagados assexuadamente. Para a predição dos ganhos com a seleção de clones não aparentados é necessário estimar a variância genotípica associada à ação aditiva e não aditiva dos genes. Na sua essência, o sucesso do melhoramento genético depende da acurácia das estimativas utilizadas na seleção dos indivíduos portadores da maior frequência de alelos favoráveis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; PETERNELLI *et al.*, 2009).

Entre os principais procedimentos para a estimação dos parâmetros genéticos destaca-se o REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não-viesada). Essa metodologia tem se consolidado na avaliação genética de espécies perenes, por permitir a predição de valores genéticos associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações por parcela (RESENDE, 2002). Como critério para seleção de plantas de maior estabilidade e adaptabilidade foi estimada a média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG).

Este trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos com a seleção de clones de *C. canephora* variedade 'Conilon', provenientes de diferentes condições ambientais do Estado de Rondônia, visando caracterizar a variabilidade genética da produção de café beneficiado e estimar o progresso genético com a seleção.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de seleção clonal

Na Embrapa Rondônia, as atividades de melhoramento iniciaram-se na década de 90, quando plantas pré-selecionadas de cafeeiro 'Conilon' foram clonadas para instalação de testes clonais. Após monitoramento em campo de 400 plantas localizadas em lavouras comerciais dos principais pólos cafeeiros do Estado de Rondônia, foram selecionados 153 acessos para compor um teste preliminar de seleção clonal. O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Rondônia no município de Ouro Preto do Oeste (10°37'03" S e 62°51'50" W), no mês de dezembro de

1998. O clima do município é do tipo Aw (classificação Köppen), definido como tropical úmido com estação chuvosa (outubro a maio) no verão e seca bem definida no inverno. Deficiência hídrica acumulada de junho a setembro (DEF = 175 mm) e excedente hídrico acumulado de novembro a abril (EXC = 781 mm) para 100 mm de retenção hídrica. A amplitude média anual varia de 21,2 °C a 30,3 °C, sendo que as temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de julho e agosto. A precipitação média anual é de 1.939 mm, com umidade relativa média do ar de 81%.

O teste preliminar de competição clonal foi instalado em delineamento de blocos casualizados com seis repetições, duas plantas por parcela e espaçamento de 3 x 2 m. Os 153 clones foram avaliados durante quatro safras, entre os anos de 2000 a 2004, considerando as seguintes características: ciclo de maturação dos frutos, produtividade de café beneficiado (grãos cru ou verde, descascados e com teor de umidade de 12%), rendimento industrial (café coco/café beneficiado), classificação por peneira média, porcentagem de grãos de formato chato, moca (redondo) e chocho. A produtividade de café beneficiado foi a principal característica considerada para seleção de plantas clonais superiores.

Após seleção de 15 genótipos de ciclo intermediário e produtividade superior de grãos foi instalado, em outubro de 2006, um teste ampliado de competição clonal em delineamento aleatorizado em blocos com seis repetições, parcela de 10 plantas conduzidas com cinco hastes produtivas em e espaçamento de 3 x 2 m. Os clones foram avaliados nos anos de 2008 a 2011, considerando as mesmas características descritas. O manejo e tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para o Estado de Rondônia (MARCOLAN *et al.*, 2009).

Estimativas de parâmetros genéticos

Os valores genéticos da produtividade de café beneficiado foram obtidos utilizando-se métodos de Máxima Verossimilhança Restrita (REML) para estimação dos componentes de variância, e Melhor Predição Linear Não Viesada (BLUP) para estimação dos valores genéticos. Esses procedimentos estão associados a um modelo linear misto que contém, além da média geral, efeito aleatório de tratamento (clones) e efeito fixo de ambiente. As estimativas dos valores genéticos foram obtidas utilizando-se o programa Selegen-REML/BLUP, considerando os seguintes modelos lineares mistos (RESENDE, 2002):

$$y = Xb + Zg + e \quad (1)$$

sendo y é o vetor de dados; X é a matriz de incidência para o efeito fixo de bloco; b é o vetor dos efeitos de

bloco, tomados como fixo; Z é a matriz de incidência do efeito aleatório de indivíduos; g é o vetor dos efeitos genotípicos, tomados como aleatórios; e é o vetor de erros aleatórios. As pressuposições acerca da distribuição de y , g , e e das estruturas de médias e variâncias para cada vetor são dadas por: $y|b, V \sim N(Xb, V)$, $g|G, \sigma_g^2 \sim N(0, \sigma_g^2)$, $e|\sigma_e^2 \sim N(0, I\sigma_e^2)$, $Cov(g, e) = 0$. Entre os parâmetros genéticos mais importantes para a caracterização do controle genético das características e da eficiência do processo de seleção destacam-se a herdabilidade, a repetibilidade e a acurácia de seleção.

A herdabilidade em sentido amplo mensura a proporção relativa dos efeitos genotípicos e ambientais na expressão das características. É um dos componentes mais importantes das estimativas de progresso genético obtido com a propagação assexuada, e segundo Vencovsky e Barriga (1992), pode ser estimada por:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2} \quad (2)$$

h^2 é a herdabilidade em sentido amplo, σ_g^2 é a variância genotípica, σ_e^2 é a variância ambiental.

A eficiência e a acurácia da seleção dependem da qualidade das estimativas das variâncias genotípica e ambiental. Para obtenção das estimativas de progresso genético foi calculada a herdabilidade realizada, que é obtida pela comparação entre o ganho de seleção estimado e a produtividade real quantificada na geração seguinte. Na prática, a média dos valores genéticos preditos dos indivíduos selecionados pode ser utilizada como uma estimativa do ganho de seleção (RESENDE, 2002):

$$h_r^2 = \frac{\mu_{VG}}{\mu_{GI}} \quad (3)$$

h_r^2 é a herdabilidade realizada, μ_{VG} é a média dos valores genotípicos, μ_{GI} é a média da geração atual.

O coeficiente de repetibilidade, que mensura a manutenção da superioridade genética ao longo do tempo, foi estimado para avaliar a precisão de se selecionar os clones com medidas repetidas obtidas conforme o estimador (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004):

$$\rho = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{ep}^2}{\sigma_y^2} \quad (4)$$

A acurácia seletiva para os efeitos genotípicos é uma estimativa de correlação entre o valor genotípico verdadeiro e o estimado, (\hat{r}_{gg}), sendo considerada uma importante medida de qualidade dos procedimentos de seleção. A acurácia seletiva foi obtida por meio de (RESENDE, 2002):

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{\frac{mh_g^2}{1+(m-1)p}} \quad (5)$$

sendo: m é o número de medidas, h_g^2 é a herdabilidade genotípica, p é a repetibilidade.

A acurácia seletiva varia de 0 a 1, sendo que segundo classificação de Resende (2002), pode ser considerada como: muito alta ($\hat{r}_{gg} \geq 0,9$), alta ($0,7 \geq \hat{r}_{gg} > 0,9$), moderada ($0,5 \geq \hat{r}_{gg} > 0,7$), e baixa ($\hat{r}_{gg} < 0,5$).

Critério para seleção de plantas

Procedimentos que permitam interpretar simultaneamente a adaptabilidade, desempenho superior dos clones, e a estabilidade, manutenção da superioridade ao longo do tempo, devem ser considerados na seleção de plantas perenes com ciclos bianuais, como o cafeeiro 'Conilon'. Para seleção dos clones foi considerada a média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) da produção de café beneficiado, para selecionar genótipos de maior produtividade e estabilidade. Este método baseia-se em uma propriedade da média harmônica que favorece os genótipos de valor genético superior e que apresentam menor variação entre as colheitas (RESENDE; DUARTE, 2007):

$$\bar{X}_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{PRVG_i}} \quad (6)$$

sendo que PRVG refere-se aos valores genéticos expressos em função da média geral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos programas modernos de melhoramento vegetal, o planejamento e condução dos experimentos se fundamentam na interpretação das estimativas dos parâmetros genéticos que permitem inferir a qualidade experimental, a proporção da variância total devida às diferenças genéticas e a predição do ganho com o plantio dos clones selecionados (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

A análise de variância da produtividade de grãos de café beneficiado mostrou que a fonte de variação "clones" foi significativa em todas as colheitas avaliadas, de acordo com o teste F a 1% de significância (Tabela 1). As magnitudes da variância genotípica e da variância ambiental indicam uma predominância do efeito de clones na expressão desta característica, resultado da expressão genética diferenciada entre plantas. Esta

condição é fundamental para o progresso genético com a prática da seleção (Tabela 1). Estimativas elevadas de variância genotípica também foram observadas em *Coffea canephora* por Ramalho *et al.* (2011), na avaliação das três primeiras safras no período de 2000 a 2003.

Os valores do coeficiente de variação experimental foram comparáveis com os valores obtidos por Ferrão *et al.* (2008), que quantificaram valores de coeficiente de variação entre 16,92% e 26,40% para a produtividade de café beneficiado. As estimativas do coeficiente de variação genotípico, que mensuram a proporção variância total devida à variação genotípica entre os clones, indicaram a predominância do componente genético na expressão de característica, o que segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2004), caracteriza uma condição favorável para a obtenção de ganhos com a seleção.

O desvio padrão da herdabilidade (Tabela 2) foi calculado como uma medida de qualidade das estimativas, sendo que na primeira safra observou-se a maior relação entre o desvio padrão e o valor da herdabilidade (10,6%). Segundo Resende (2002), valores de desvio-padrão até 20% do valor da estimativa da herdabilidade indicam boa precisão dessas estimativas. As estimativas de herdabilidade também foram comparáveis com as obtidas por Ferrão *et al.* (2008) em *C. canephora*, e também indicam uma predominância do componente genético na expressão desta característica.

A manutenção do desempenho dos clones ao longo do tempo e a eficiência da seleção baseada em medidas repetidas permitem selecionar clones de produtividade superior e menor bienalidade (CILAS; MONTAGNON; BARHEN, 2011). Mistro *et al.* (2008) obtiveram coeficiente de repetibilidade entre 0,26 a 0,63 na produtividade de grãos em *C. arabica*, valores estes, compatíveis com a estimativa obtida neste trabalho ($\rho = 0,43$) (Tabela 2). A correlação entre os valores genotípicos verdadeiros e os valores estimados, interpretados como a acurácia do procedimento de seleção, quantifica a eficácia da inferência do valor genotípico de cada clone em função do número de medições (safras) avaliadas (CECON *et al.*, 2008; ROCHA *et al.*, 2009). Segundo classificação de Resende (2002), o valor da acurácia da seleção entre os clones evidenciou precisão nas inferências dos valores genotípicos ($r_{gg} = 0,86$), indicando que a condução experimental foi apropriada e a avaliações das quatro colheitas suficientes para a caracterização dos genótipos superiores. A seleção de plantas de maior potencial produtivo é considerada uma das melhores alternativas para a cafeicultura da região, sem aumento de custos econômicos adicionais (MARCOLAN *et al.*, 2009). Alterações na performance relativa dos genótipos devido a diferenças nas condições ambientais favorece a seleção

Tabela 1 - Parâmetros genéticos da produtividade de café beneficiado (kg planta⁻¹) avaliados em quatro safras para seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. Campo Experimental de Ouro Preto do Oeste (RO)

Parâmetros genéticos	Ano-safra			
	2000/01	2001/02	2003/04	2004/05
Variância genotípica (σ_g^2)	0,47	1,41	1,01	1,23
Variância residual (σ_e^2)	0,24	0,28	0,37	0,48
Variância fenotípica individual (σ_p^2)	0,71	1,69	1,38	1,71
Estimativa do teste da ANOVA (F)	5,47**	31,12**	17,14**	14,91**
Herdabilidade no sentido amplo (h_g^2) ¹	0,66 ± 0,07	0,83 ± 0,09	0,73 ± 0,08	0,72 ± 0,08
Herdabilidade média de clones (h_{mc}^2)	0,92	0,97	0,94	0,94
Acurácia da seleção clonal (AC_{clon})	0,96	0,98	0,97	0,97
Coefficiente de variação genotípica (CV_g)	36,62	56,76	32,33	42,66
Coefficiente de variação residual (CV_e)	26,20	25,33	19,70	26,65
Coefficiente de variação relativa (CV_r) ²	1,40	2,24	1,64	1,60
Variância do erro de (PEV)	0,06	0,05	0,08	0,10
DP do valor genotípico predito (SEP)	0,24	0,23	0,28	0,32
Média geral (μ) em kg/planta	1,87	2,09	3,11	2,60

** : significativo a 1% de significância, F: Teste F da análise de variância do efeito de clones, ¹ Herdabilidade em sentido amplo associada a seu desvio padrão ² $CV_r = CV_g/CV_e$

Tabela 2 - Parâmetros genéticos da produtividade de café beneficiado (kg planta⁻¹) avaliados em quatro safras (2000/01 a 2004/05) para seleção de clones de café 'Conilon'. Campo Experimental de Ouro Preto do Oeste (RO)

Parâmetros genéticos	Estimativas
Variância genotípica (σ_g^2)	0,600
Variância dos efeitos permanentes de ambiente (σ_{ep}^2)	0,004
Variância residual (σ_e^2)	0,801
Variância fenotípica individual (σ_p^2)	1,405
Herdabilidade sentido amplo (h_g^2) ¹	0,427 +/- 0,039
Repetibilidade (p) ²	0,430 +/- 0,040
Coefficiente de determinação dos efeitos permanentes de ambiente (C_{perm}^2)	0,003

¹ Herdabilidade em sentido amplo associada a seu desvio padrão, ² Repetibilidade associada a seu desvio padrão

local de genótipos adaptados às principais condicionantes abióticas (temperatura, umidade do ar elevadas e período seco bem definido) dos pólos cafeeiros da região.

A clonagem das plantas, seja pelo método de estaquia ou por cultura de tecidos, permite a exploração do valor genotípico completo do indivíduo. A utilização da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos, proposta por Resende (2002) permite realizar a seleção simultânea para desempenho superior e de estabilidade produtiva, similar às metodologias de Annicchiarico (1992) e de Lin e Binns (1988), agregando as vantagens dos modelos mistos (Tabela 3).

Em geral, as cultivares clonais de cafeeiro 'Conilon' são constituídas por oito a vinte clones que permitem maior segurança na polinização cruzada com menores percentuais de abortamento floral e da produção de grãos do tipo moca, decorrente da autoincompatibilidade gametofítica. Ferrão *et al.* (2007) recomendam que cultivares clonais de café 'Conilon' sejam compostos pela combinação, de no mínimo, oito genótipos diferentes, sendo que novas variedades clonais têm sido desenvolvidas pelo agrupamento de 9 a 14 genótipos. A seleção dos 15 melhores clones equivale a uma intensidade de seleção de 10%, valor este que se aproxima do máximo

Tabela 3 - Valores genotípicos estimados da produtividade de café beneficiado (sacas ha⁻¹) em quatro ano-safra e a média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos (MHPRVG), utilizada para seleção dos clones de maior adaptabilidade e repetibilidade na seleção clonal preliminar. Campo Experimental de Ouro Preto do Oeste (RO)

Clone	Produção café beneficiado				MHPRVG
	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2000-2004
1	57,06	116,45	103,27	81,66	83,26
2	32,68	108,68	120,89	92,95	67,99
3	66,08	48,14	100,59	75,18	67,63
4	47,41	75,24	90,91	70,73	67,20
5	41,21	87,57	92,32	73,70	66,57
6	57,68	65,50	83,48	64,62	66,60
7	41,57	74,05	93,69	69,44	63,86
8	27,78	121,40	101,84	78,88	59,94
9	67,36	60,50	66,97	65,92	65,07
10	57,86	64,81	79,62	57,77	63,92
11	56,48	55,74	81,47	57,77	61,32
12	45,37	68,12	79,34	58,51	60,23
13	58,51	51,01	89,20	53,70	60,13
14	48,14	66,66	79,75	53,88	59,81
15	41,55	68,17	85,26	56,48	58,68
\bar{x}_{clones}	34,63	38,70	57,54	48,14	-
\hat{x}_{MAX}	49,78	75,47	89,91	67,41	-
\hat{x}_{MIN}	67,36	121,40	120,89	92,95	-
GS	27,78	48,14	66,97	53,70	-
$GS\%$	15,15	36,77	32,37	19,27	-
$GS\%$	43,80	95,01	56,25	40,03	-

μ : média geral, \bar{x}_{clones} : Média dos clones selecionados, \hat{x}_{MAX} : valor máximo, \hat{x}_{MIN} : valor mínimo, (GS): ganho da seleção, ($GS\%$): ganho de seleção percentual

do limite inferior do intervalo de confiança do ganho genético ($i = 12\%$), que indica o número de indivíduos a serem selecionados para maximizar o ganho genético (RESENDE, 2002).

O progresso genético da produção de café beneficiado com o plantio dos clones selecionados foi de 57,85%, que equivale a um aumento na média de quatro anos de 44,75 sacas ha⁻¹ para 70,64 sacas ha⁻¹. Considerando cada ano individualmente, observou-se que a maior estimativa de ganho de seleção foi obtida na segunda safra (95,0%), e a menor estimativa na quarta safra (40,0%). Os 15 melhores clones apresentaram média 70,64 sacas ha⁻¹ com uma amplitude de variação de 49,78 a 89,91 sacas de café beneficiado por hectare (Tabela 3).

Após a interpretação dos resultados das avaliações e dos parâmetros genéticos estimados, as plantas

provenientes dos 15 clones superiores selecionados compuseram um teste final, ampliado em condições similares às de lavouras comerciais. A ampliação de testes clonais faz parte da rotina dos programas de melhoramento com o objetivo de quantificar o ganho genético real obtido com a seleção e avaliação do desempenho dos genótipos pré-comerciais em condições de manejo cultural similares aos cafezais da região.

Com a avaliação de quatro safras, nos anos de 2008 a 2011, foi possível quantificar o progresso genético real obtido com o cultivo dos clones selecionados (Tabela 4). Esse valor, que pode variar entre zero e um, mensura o ganho real obtido com a seleção de clones de maior adaptabilidade e estabilidade. Os valores da herdabilidade realizada ($h_r = 0,85$) podem ser considerados altos e indicam uma tendência dos clones de manter sua superioridade genética ao longo do tempo (Tabela 4).

Tabela 4 - Produtividade de café beneficiado dos clones selecionados avaliada em ensaio final de competição clonal no campo experimental da Embrapa em Ouro Preto do Oeste (RO)

Clone	Produtividade de café beneficiado (sacas ha ⁻¹)					Herdabilidade realizada (%)
	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	Média	
1	35,5	80,0	114,6	36,2	66,6	74,3
2	30,1	82,0	108,3	42,9	65,8	74,1
3	22,9	60,0	133,1	41,2	64,3	89,2
4	31,1	56,0	124,8	42,9	63,7	90,4
5	39,3	58,0	112,6	40,6	62,6	85,1
6	32,0	82,4	98,0	36,8	62,3	92,4
7	28,6	76,0	102,6	39,4	61,6	88,4
8	24,2	60,0	114,3	47,2	61,4	74,3
9	26,6	52,0	120,1	44,9	60,9	93,4
10	25,1	40,0	116,8	60,3	60,6	93,1
11	31,7	60,0	110,3	33,2	58,8	94,2
12	26,1	42,0	107,7	48,6	56,1	89,2
13	26,3	56,8	99,0	41,9	56,0	89,2
14	27,1	58,0	98,6	36,9	55,1	88,7
15	16,6	56,1	90,8	40,1	50,9	81,0
Média geral	28,2	61,3	110,1	42,2	60,5	0,86

Diferenças na produtividade de café beneficiado nos ensaio preliminar e final de seleção clonal são esperadas. No teste clonal ampliado, obteve-se uma produtividade de 60,45 sacas.ha⁻¹ na média de quatro safras (amplitude de variação de 51,92 a 66,57 sacas ha⁻¹), rendimento médio (café coco/café beneficiado) de 52,5 e peneira média de 15,4 (amplitude de 13,6 a 17,0). Apesar da superioridade genética dos clones selecionados subsidiar uma maior previsibilidade da produção, os efeitos do ambiente também são determinantes para a expressão dessa característica. Especificamente observou-se que devido ao plantio no começo da época das chuvas, a primeira colheita do ensaio final de competição clonal foi obtida mais precocemente que o teste clonal instalado em 1998 (Tabelas 3 e 4).

A predominância do componente genético na produtividade de grãos do café beneficiado, associado a uma boa precisão experimental, contribuíram para a eficiência do primeiro ciclo de seleção. Expressivos ganhos genéticos com a seleção de plantas superiores de café 'Conilon' também foram obtidos no estado do Espírito Santo (BRAGANÇA *et al.*, 2001, FERRÃO *et al.*, 2000).

CONCLUSÕES

1. Constatou-se expressiva variabilidade genética entre os clones de cafeeiro 'Conilon' para a produtividade de grãos de café beneficiado, condição que favoreceu a obtenção de ganhos com a seleção clonal;
2. As estimativas dos parâmetros genéticos indicaram predominância do componente genético na expressão da produção de café beneficiado e uma tendência dos clones selecionados de manter sua superioridade genética ao longo do tempo;
3. O método MHPRVG é adequado para selecionar clones cafeeiros de maior adaptabilidade e estabilidade;
4. Foi possível selecionar clones superiores de café 'Conilon' para produtividade de grãos em região tropical. Além do incremento na produtividade de grãos, a uniformidade de maturação dos frutos dos clones de ciclo intermediário selecionados favorece a concentração da colheita, reduzindo custos operacionais dos sistemas de produção.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo apoio ao projeto “Melhoramento Genético de Cafeeiros ‘Conilon’ e Arábica para Produtividade e Qualidade da Bebida na Amazônia Ocidental”, ao CNPq e a todos os técnicos agrícolas e operários rurais do campo experimental da Embrapa em Ouro Preto do Oeste, pela dedicação ao trabalho em todos esses anos.

REFERÊNCIAS

- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 46, p. 269-278, 1992.
- BAUDOUIN, L. *et al.* Recurrent selection of tropical tree crops. **Euphytica**, v. 96, n. 1, p. 101-114, 1997.
- BERTHAUD, J. Incompatibility in *Coffea-Canephora*: test method and genetic determinism. **Cafe Cacao The**, v. 24, n. 4, p. 267-274, 1980.
- BRAGANÇA, S. M. *et al.* Variedades clonais de café conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.
- CECON, P. R. *et al.* Repeated measure analysis in the clonal evaluation in ‘Conilon’ coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1171-1176, 2008.
- CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BARHEN, A. Yield stability in clones of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 2, p. 421-429, 2011.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2011/12**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 04 out. 2012.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. v. 1.
- FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G. *et al.* (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 37-49.
- FAZUOLI, L. C. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; T., Y. (Ed.). **Genética e melhoramento do cafeeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1986. p. 87-113.
- FERRÃO, M. A. G. *et al.* Genetic divergence in Conilon coffee revealed by RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 67-74, 2009.
- FERRÃO, M. A. G. *et al.* Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G. *et al.* (Ed.) **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 66-91.
- FERRÃO, R. G. *et al.* **EMCAPER 8151 - Robusta Tropical**: primeira variedade melhorada de café conilon de propagação por sementes para o Estado do Espírito Santo. Vitória: Emcaper, 2000. 2 p. (Documentos, 103).
- FERRÃO, R. G. *et al.* Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 61-69, 2008.
- FERRÃO, R. G. *et al.* Inter-trait relations for direct and indirect selection in coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, n. 4, p. 271-278, 2008.
- FONSECA, A. F. A. D. *et al.* Repeatability and number of harvests required for selection in robusta coffee. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 325-329, 2004.
- FONSECA, A. F. A. *et al.* Genetic divergence in conilon coffee. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 599-605, 2006.
- LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, p. 193-198, 1988.
- MARCOLAN, A. L. *et al.* **Cultivo dos cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 67 p.
- MISTRO, J. C. *et al.* Determination of the number of years in Arabica coffee progenies selection through repeatability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 79-84, 2008.
- PETERNELLI, L. A. *et al.* Análise dos coeficientes de endogamia e de parentesco para qualquer nível de ploidia usando o pacote estatístico R. **Bragantia**, v. 68, p. 849-855, 2009.
- RAMALHO A. R. *et al.* Progresso genético com a seleção de clones de conilon no Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 1 CD-ROM.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- ROCHA, R. B. *et al.* Genetic evaluation of bandarra (*Schizolobium amazonicum*) provenances by the REML/BLUP methodology. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 351-358, 2009.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- VENEZIANO, W.; FAZUOLI, L. C. Avaliação de cultivares de cafeeiros robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café: Minasplan, 2000. p. 459-461.