

Influência das adversidades climáticas na seleção do café robusta¹

Júlio César Mistro², Luiz Carlos Fazuoli³, Marcos Deon Vilela de Resende⁴, Roland Vencovsky⁵

Resumo

O presente estudo objetivou estudar a influência das adversidades climáticas na seleção do café robusta. Para tanto consideraram-se dois experimentos, instalados em Mococa e Campinas, ambos no estado de São Paulo. Uma análise detalhada deverá ser realizada quando ocorrerem adversidades climáticas, pois nem sempre a presença da interação genótipos x colheitas é desfavorável à seleção, mesmo ela sendo do tipo complexa. Ela poderá ser ou não prejudicial ao programa, dependendo da sua magnitude e influência nos principais parâmetros genéticos que auxiliam a seleção.

Introdução

O desenvolvimento de cultivares de café é um processo longo, levando mais de 25 anos para a finalização (Sera, 2001). O conhecimento dos principais parâmetros genéticos é uma das mais valiosas ferramentas que a genética quantitativa presta aos melhoristas no momento da seleção, pois além de não onerar o programa, é uma técnica eficiente para conhecer as possibilidades de sucesso seletivo e realinhar as estratégias adotadas.

Considerando-se do plantio até a última colheita cada ciclo seletivo no café pode variar entre cinco e oito anos, exigindo, assim, precisão na seleção para que os genótipos realmente promissores sejam corretamente identificados.

Normalmente a produção do café é crescente até a quinta colheita sendo que a partir daí inicia-se a bienalidade, isto é, alternâncias entre altas e baixas produções. Caso ocorra alguma adversidade de cultivo, principalmente as climáticas, essa oscilação é antecipada e poderá prejudicar o processo seletivo, o que poderá retardar o lançamento de uma cultivar (Sera, 2001). A quantificação dessa influência na seleção é de fundamental importância para que as tomadas de decisões sejam realizadas corretamente.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de adversidades climáticas na seleção de café robusta (*Coffea canephora*) e como proceder à seleção na sua presença.

Material e Métodos

Foram analisados dois experimentos, um instalado no Pólo Regional do Nordeste Paulista - Mococa (SP) e outro no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agrônomo (IAC), ambos pertencentes à APTA. O primeiro foi composto por 21 progênies instalado em látice balanceado 5x5 quadruplicado, com seis repetições e uma planta por parcela. Foram realizadas seis colheitas consecutivas (1979-1984) e após a poda das plantas outras seis foram efetuadas (1987-1992). O experimento em Campinas foi instalado em blocos ao acaso, com 28 tratamentos clonais, três repetições e quatro plantas por parcela, realizando-se cinco colheitas consecutivas (2008-2012).

Nos dois experimentos as análises estatísticas e biométricas foram realizadas considerando os modelos lineares mistos (procedimento REML/BLUP), por meio do software Selegen desenvolvido por Resende (2002). As análises conjuntas foram realizadas seguindo os modelos propostos por Resende (2002, 2007b), considerando os seguintes períodos:

- Mococa: seis colheitas antes da poda (1979-1984), seis colheitas após a poda (1987-1992) e doze colheitas (1979-1992);
- Campinas: cinco colheitas (2008-2012).

Foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: herdabilidades, coeficientes de determinações e variações, acurácia seletiva e a correlação genética entre colheitas.

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor

² Doutorando do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas - ESALQ/USP, Piracicaba (SP). Pesquisador científico no Centro de Café do Instituto Agrônomo (IAC/APTA), Campinas (SP); e-mail: mistrojc@iac.sp.gov.br

³ Pesquisador científico no Centro de Café do Instituto Agrônomo (IAC/APTA), Campinas (SP); e-mail: fazuoli@iac.sp.gov.br

⁴ Pesquisador da Embrapa Florestas - Colombo, PR. email: marcos.deon@gmail.com

⁵ Professor Titular Sênior do Departamento de Genética - ESALQ/USP, Piracicaba (SP). e-mail: rvencovs@usp.br

Resultados e Discussão

Ocorreram as seguintes adversidades climáticas: em 1977, dois anos após o plantio, ocorreu um veranico, em 1979 geada e em 1981 outro veranico. Em vista disso, as duas colheitas iniciais (1977 e 1978) foram desprezadas devido às baixíssimas produções (0,05 e 0,23 kg.planta⁻¹, respectivamente), além de mais de 70% das plantas terem produções iguais a zero. Considerou-se o ano de 1979 como a primeira colheita significativa do experimento (1,07 kg). As produções médias subseqüentes foram: 1,40 kg (1980); 4,60kg (1981); 0,29 kg (1982); 9,67 kg (1983) e 9,72 kg (1984). Após a poda as produções foram: 9,25 kg (1987), 7,01kg (1988), 5,51 kg (1989), 10,73 kg (1990), 10,83 kg (1991) e 6,72 kg (1992).

Constatou-se que não houve presença de variabilidade genética entre as progênes ($V_a = 0,10$) na análise conjunta das seis primeiras colheitas antes da poda das plantas (1979-1984), mostrando não haver possibilidade de eficiência na seleção (Tabela 1). Este fato foi confirmado pelos valores das herdabilidades em sentidos restrito (\hat{h}^2) e amplo (\hat{H}^2), abaixo de 0,06 (Tabela 2). Provavelmente a ocorrência destes anos atípicos refletiu também no elevado valor da interação genótipos x ambientes ($\hat{h}^2 = 0,53$). A correlação genotípica entre as colheitas (r_{gc}) praticamente não existiu (0,05), isto é, as colheitas não foram constantes, fato não desejável na cultura.

Por outro lado, verificaram-se diferenças significativas entre as progênes nas seis colheitas posteriores à poda considerando as 12 colheitas. A maior variabilidade verifica foi a ocorrida nas seis colheitas pós-poda ($V_a = 21,14$). Notou-se que a variabilidade genética considerando as doze colheitas foi demasiadamente afetada, provavelmente, pelos problemas climáticos ocorridos nos anos iniciais. Os valores dos efeitos da interação genótipos x ambientes (V_{ge}) e os seus coeficientes de determinação (\hat{h}^2) foram mais elevados nas seis primeiras colheitas, seguido pelas 12 e o menor foi nos anos após a poda das plantas. Isto confirma que quanto maior o número de colheitas, maior será a probabilidade de ocorrerem diferenças entre os anos (ambientes) e que colheitas onde os valores de produções não oscilaram demasiadamente tendem a apresentar menores interações. Vencovsky e Barriga (1992) expõem que uma interação do tipo simples não é problemática, pois mostra que existem diferenças entre ambientes, mas isto não afeta excessivamente a classificação dos genótipos. Já a falta da correlação do genótipo de um ambiente para outro (várias alterações no ordenamento dos genótipos) é do tipo complexa e dificulta a seleção de materiais.

Portanto, quando as adversidades climáticas forem severas a seleção fica prejudicada. Nessa situação é preferível não considerar o período afetado e realizar uma nova tomada de dados após a recuperação das plantas.

Resende e Duarte (2007) advertem que os coeficientes experimentais (CV_e) não são os mais apropriados para o julgamento do experimento e defendem que a acurácia seletiva (\hat{h}^2), raramente empregada, seria o parâmetro ideal para esta avaliação por levar em consideração o número de repetições, bem como as variações genotípicas e ambientais do experimento. Para apreciar o sucesso da seleção, Vencovsky (1987) propôs a estimativa do coeficiente de variação relativa (CV_r), em que resultados acima de 1,0 (CV_g maior que o CV_e) são os ideais. Resende e Duarte (2007) salientam também que no CV_r o número de repetições não é computado e acrescentam que para alcançar o sucesso seletivo o CV_r deverá ser inferido de acordo com a acurácia e o

Tabela 1 Componentes de variância e os coeficientes de determinação referentes às análises conjuntas das colheitas realizadas no experimento de progênes em Mococa, SP.

Efeito	Comp.var. ¹ Coef. deter. ²		Comp.var. ¹ Coef. deter. ²		Comp.var. ¹ Coef. deter. ²	
	6 colheitas antes poda		6 colheitas depois poda		12 colheitas	
Progênes	$V_a = 0,10^{ns}$	-	$V_a = 21,14^{**}$	-	$V_a = 9,11^{**}$	-
G x A	$V_{ge} = 18,49^{**}$	= 0,53	$V_{ge} = 6,75^{**}$	= 0,12	$V_{ge} = 14,07^{**}$	= 0,28
Resíduo	$V_e = 11,25$	= 0,32	$V_e = 8,54$	= 0,15	$V_e = 16,24$	= 0,33

* e **: significativo a 5% (3,84) e 1% (6,63) de probabilidade; ns = não significativo; 1: Componente de variância; 2: Coeficiente de determinação; V_a = variância genética aditiva; V_{ge} = variância da interação genótipos x ambientes; V_e = variância residual; \hat{h}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes; \hat{H}^2 = coeficiente de determinação dos efeitos residuais.

número de repetições. Neste sentido, valores abaixo da unidade podem ser considerados adequados para a seleção ser eficiente.

Os valores de CV_e , numa primeira análise, foram aparentemente elevados: 94,20% para as colheitas entre 1979 e 1992 e 67,56% para as colheitas realizadas entre 1987 e 1992. Uma nova classificação sobre o CV_e e o CV_r foi proposta por Resende e Duarte (2007). Adotando-se esta nova proposta sobre o CV_e e o CV_r , os valores aceitáveis deste coeficiente para as condições experimentais neste trabalho, considerando uma acurácia de 0,70 foram: 58,30% para as 12 colheitas e 69,57% para as seis colheitas (1987-1992), portanto normais para essa experimentação. Em alguns trabalhos realizados com *C. canephora* o coeficiente CV_e também apresentou valores acima de 50%, como os de Leroy et al. (1997) em que variaram entre 30 e 105% e Cilas et al. (2011) entre 32,02 e 218,40%.

No caso deste experimento o CV_r ideal foi de 0,40. A mesma discussão apresentada para o CV_e pode ser aplicada para o CV_r . As 12 colheitas exibiram valores abaixo do limite recomendado de 0,25, corroborando que estes conjuntos de anos não são propícios para efetuar a seleção. O CV_r das seis colheitas (0,41) esteve bem próximo do valor referência (0,40). Apesar do CV_g das 12 colheitas ter sido de alta magnitude (23,32%) a maior limitação destes anos foi imposta pelo valor do CV_r .

Resende (2002) propôs a classificação da acurácia seletiva (r_{aa}) em: alta ($> 0,70$), média ($0,40 < r_{aa} < 0,70$) e baixa ($0,10 < r_{aa} < 0,40$). Neste sentido acurácias acima de 0,70 foram obtidas nas seis colheitas (0,71) ao passo que nas 12 não foi atingido tal valor. A acurácia obtida nas seis colheitas indicou uma alta qualidade experimental e, portanto, segurança e eficiência na seleção, fato não observado nas demais colheitas.

Tabela 2 Estimativas de parâmetros genéticos e as produções médias referentes às análises conjuntas das colheitas realizadas no experimento de progênies em Mococa, SP.

Parâmetros ¹	6 colheitas antes poda	6 colheitas depois poda	12 colheitas
	0,06	37,95	18,36
	0,37	71,08	53,55
(%)	3,57	27,83	23,32
(%)	136,66	67,56	94,20
(%)	0,06	0,41	0,25
	0,07	0,71	0,52
r_{gc}	0,05	0,76	0,39
	4,46	8,26	6,47

¹ = herdabilidade individual no sentido restrito; = herdabilidade com base na média de progênies; = coeficiente de variação genotípica entre progênies; = coeficiente de variação residual; = coeficiente de variação relativa entre progênies; = acurácia da seleção de progênies; r_{gc} = correlação genotípica entre as colheitas; = produção média em kg de café da roça/planta.

São apresentadas na Tabela 3 os componentes de variância, os coeficientes de determinação e os parâmetros genéticos referentes à análise conjunta das cinco colheitas realizadas no experimento clonal de *Coffea canephora* em Campinas - SP.

As produções médias, em kg por planta, em cada ano foram: 0,98 em 2008; 4,07 em 2009; 1,41 em 2010; 8,59 em 2011 e 3,55 em 2012. Em 2010 houve um intenso veranico no mês de fevereiro em Campinas, o que afetou demasiadamente a produção nesse ano e iniciou a bialidade da produção.

Tabela 3 Componentes de variância, coeficientes de determinação e parâmetros genéticos referentes à análise conjunta das colheitas realizadas no experimento clonal de *Coffea canephora* em Campinas - SP.

Efeitos	Componentes de variância	Coeficientes de determinação
Clones	$V_g = 1,73^{**}$	
G x A	$V_{ga} = 4,00^{**}$	= 0,27
Resíduo	$V_{res} = 7,37$	= 0,49

Parâmetros genéticos ¹	
	11,50
	53,62
(%)	35,32
(%)	38,41
(%)	0,92
	0,84
r_{gc}	0,30
	3,72

¹ = herdabilidade no sentido amplo; = herdabilidade com base na média de clones; ; = coeficiente de variação genotípica entre progênies; = coeficiente de variação residual; = coeficiente de variação relativa entre progênies; = acurácia da seleção de progênies; r_{gc} = correlação genotípica entre as colheitas; = produção média em kg de café da roça/planta.

Constatou-se que houve efeitos significativos entre os clones ($V_g = 1,73$) e na interação genótipos x colheitas ($V_{ga} = 4,00$), todos significativos a 1% de probabilidade. Realmente, percebeu-se que houve uma maior variação entre as colheitas em Campinas, o que deve ter sido fator preponderante para que o coeficiente do efeito da interação genótipos x ambientes () fosse elevado, ou seja, maior que o verificado em Mococa depois da recepa, porém menor que o exibido nas seis primeiras colheitas. Isso confirma que, na ocorrência de alguma adversidade climática a bienalidade da produção é antecipada, provocando um efeito pronunciado da interação genótipos x ambientes, às vezes de maneira mais intensa outras vezes mais branda. Apesar da acentuada flutuação verificada em Campinas essa não comprometeu as estimativas dos principais parâmetros genéticos, ao contrário do cenário inicial verificado em Mococa que causou a exclusão das seis primeiras colheitas.

Maiores estimativas foram obtidas nos coeficientes de herdabilidades com base na média de clones (V_g , próximos a 55%. Isso indica que a seleção deverá a ser efetuada nesse tipo de unidade. Adotando-se a proposta de Resende e Duarte (2007) para o coeficiente CV_e o valor aceitável é de 60%, o que demonstra boa precisão experimental desse estudo. O CV_r ideal foi de 0,59. Portanto, a análise conjunta de cinco colheitas foi favorável para a seleção. A acurácias seletiva foi bem elevada, acima de 80%, o que reforça a confiança na avaliação e nos valores genotípicos preditos. O tipo de interação foi complexa ($r_{gc} < 0,30$), porém não comprometeu a seleção, haja vista as estimativas favoráveis dos demais parâmetros genéticos.

Pelo exposto, nem sempre a presença da interação genótipo x colheitas é prejudicial à seleção, mesmo ela sendo do tipo complexa. Uma análise detalhada deverá ser realizada quando ocorrerem adversidades climáticas. Ela poderá ser ou não prejudicial ao programa, dependendo da sua magnitude e influência nos principais parâmetros genéticos que auxiliam a seleção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D - Café) e a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA-SP) pelo auxílio financeiro na condução do experimento, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsas de produtividade científica, aos funcionários do Pólo Regional do Nordeste Paulista - Mococa (SP) pertencente à APTA pela condução do experimento.

Referências

Cilas C, Montagnon C and Bar Hen A (2011) 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** 7:421-429.

Leroy T et al (1997) Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. II. Genetic gains and results of first cycle intergroup crosses. **Euphytica** 95: 347-354.

Paterniani E and Miranda Filho JB (1987) Melhoramento de populações. In: Paterniani E e Viegas GP (eds) **Melhoramento de milho no Brasil: 1** Campinas, p.217-265.

- Resende MDV (2002) **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa, Brasília, 975p.
- Resende MDV (2007a) **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético**. Embrapa Florestas. 2007. 362 p.
- Resende MDV (2007b) **Software SELEGEN - REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos**. Embrapa, Colombo, 359p.
- Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 3: 182-194.
- Sera T (2001) Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 1: 179-200.
- Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In: Paterniani E and Viegas, GP (eds). **Melhoramento do milho**. Campinas, p137-214.
- Vencovsky R and Barriga P. (1992) **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, 406 p.