



**JOÃO PAULO FELICORI CARVALHO**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO  
ORIUNDAS DA HIBRIDAÇÃO DE  
CULTIVARES Catuaí COM GERMOPLASMA  
Icatu E Híbrido de Timor**

**LAVRAS – MG**

**2014**

**JOÃO PAULO FELICORI CARVALHO**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO ORIUNDAS DA  
HIBRIDAÇÃO DE CULTIVARES Catuaí COM GERMOPLASMA Icatu  
E Híbrido de Timor**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

**LAVRAS – MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Carvalho, João Paulo Felicori.

Seleção de progênies de cafeeiro oriundas da hibridação de cultivares Catuaí com germoplasma Icatú e Híbrido de Timor / João Paulo Felicori Carvalho. – Lavras : UFLA, 2014.

82 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Gladyston Rodrigues Carvalho.

Bibliografia.

1. Café. 2. Melhoramento genético. 3. Ranqueamento. 4. Soma de postos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.7323

**JOÃO PAULO FELICORI CARVALHO**

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO ORIUNDAS DA  
HIBRIDAÇÃO DE CULTIVARES Catuaí COM GERMOPLASMA Icatu  
E Híbrido de Timor**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 8 agosto de 2014.

Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Dr. Antônio Carlos Baião de Oliveira	EMBRAPA
Dra. Juliana Costa de Rezende Abrahão	EPAMIG
Dr. César Elias Botelho	EPAMIG

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

*Aos meus pais, Vicente e Valéria, pelo incentivo, carinho, amor e paciência. Aos meus familiares, pela confiança, reconhecimento e amizade. À minha namorada, pela paciência, companheirismo e amor. Aos amigos que ajudaram na realização deste sonho. Ao meu orientador, Gladyston Rodrigues Carvalho, pelos ensinamentos e conselhos tão valiosos.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar em tudo que faço, colocar coisas boas no meu caminho e me dar condições para realizá-las.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura que, por meio de professores e funcionários, ajudaram na realização deste trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), pelo apoio.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Consórcio Pesquisa Café e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT Café), pela concessão dos recursos para a realização deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pela orientação, ensinamentos e amizade.

Ao pesquisador Me. Vinícius Teixeira Andrade, pelo companheirismo, ensinamentos, tempo e atenção dispensados.

Ao pesquisador Dr. César Elias, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao pesquisador Dr. Rodrigo Luz da Cunha, pelo apoio e ensinamentos, desde quando eu ainda estava na graduação.

Ao professor Dr. Rubens José Guimarães e ao professor Virgílio Anástacio da Silva, pelos ensinamentos e exemplos de vida.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura, em especial aos amigos José Mauricio e Agrimar (em memória), pela experiência transmitida. Agrimar, foi embora cedo, amigo, que esteja bem onde estiver.

Aos funcionários e amigos da Fazenda Experimental da EPAMIG em Patrocínio e à Fazenda Ouro Verde, em Campos Altos, pelo auxílio na execução do experimento.

Aos amigos Diego, Allan, Paulo Rodrigues, Ramiro e Rodolfo, pela amizade, troca de experiências e ajuda na condução do experimento.

## RESUMO

Objetivou-se selecionar progênies de *Coffea arabica* com elevada capacidade produtiva, portadoras de outras características agrônômicas e tecnológicas de interesse, que apresentem potencial para constituir novas cultivares para plantio comercial. Foram instalados três experimentos em três regiões produtoras de café em Minas Gerais, sendo um na Universidade Federal de Lavras, em Lavras; um na Fazenda Ouro Verde, em Campos Altos e um na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Patrocínio. Foram avaliadas 18 progênies de cafeeiro em geração F<sub>5</sub>. Das 18 progênies, oito são do grupo Catuaí (cruzamento de cultivares do grupo Catuaí com cafeeiros do germoplasma Icatu), dez são descendentes do Híbrido de Timor (Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo com Híbrido de Timor) e duas cultivares comerciais como testemunha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e parcelas constituídas por dez plantas, sendo considerada parcela útil todas as plantas. As avaliações foram realizadas durante seis colheitas (2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013). As características avaliadas foram produtividade em (sacas.ha<sup>-1</sup>), vigor vegetativo (notas 1-10), porcentagem de frutos chocho, porcentagem de grãos retidos em peneira '16 e acima', porcentagem de grãos tipo moca e rendimento (L). Os parâmetros estimados foram herdabilidade e acurácia. Foi feita análise conjunta para cada característica em cada local. Para escolher as melhores progênies, foi feito o ranqueamento de acordo com o índice de seleção de Mulamba e Mock (1978) conhecido como soma de postos. A soma de postos usada como índice de seleção apontou as progênies 10 (H516-2-1-1-18-1-2) e 15 (H419-3-4-5-2-1-2) com grande potencial para constituírem novas cultivares de café arábica para plantios comerciais.

Palavras-chave: Café. Melhoramento genético. Ranqueamento. Soma de postos.



## ABSTRACT

The objective of this research was to select progenies of *coffea arabica* with high production capacity, carriers of other agronomic and technological characteristics of interest that have the potential to constitute in new cultivars for commercial planting. Three experiments were conducted in three coffee producing regions in Minas Gerais, one in the Universidade Federal de Lavras, one at FazendaOuro Verde in Campos Altos and at the Experimental Farm of EPAMIG in Patrocínio. 18 coffee progenies were evaluated in the F5 generation. Eight are the Catucaí group (cross of cultivars Catucaí group with coffee germplasm Icatú), ten are descendants of Timor Hybrid (Red Catucaí and Yellow Catucaí with Timor Hybrid) and two commercial cultivars as control treatments. The experimental design was a randomized complete block design with three replications, each consisting of ten plants per plot being considered all the plants. The evaluations carried out during for six harvests (2008, 2009, 2010, 2011, 2012 and 2013). The traits evaluated were, yield (bags.ha-1), vegetative vigor (grades 1-10), percentage of fruits with empty locule, percentage of grain retained in sieve '16 and above ', percentage of oval grain type and bean yield (L). The parameters estimated were, heritability and accuracy. Conjoint analysis for each trait at each site was done. To choose the best progeny was done by the ranking proposed by Mock e Mulamba, (1978) known as the sum of ranks. The sum of ranks used as selection index pointed progenys 10 (H516-2-1-1-18-1-2) and 15 (H419-3-4-5-2-1-2) with great potential for constitute in new cultivars of arabica coffee for commercial plantations.

Keywords: Coffee. Genetic improvement. Rank. Sum ofranks.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Relação e caracterização das 18 progênes e 2 cultivares utilizadas nos experimentos conduzidos em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	31
Tabela 2	Relação dos ambientes de instalação dos ensaios de seleção de progênes derivadas de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor.....	32
Tabela 3	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Produtividade sc/ha .....	46
Tabela 4	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Vigor (Nota).....	47
Tabela 5	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Chocho (%).....	48
Tabela 6	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Peneira 16 e acima (%).....	49
Tabela 7	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Porcentagem de grãos tipo moca (%)	50
Tabela 8	Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênes na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Rendimento (Litros) .....	51
Tabela 9	Ranqueamento individual da produtividade (sc/ha) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	54
Tabela 10	Ranqueamento individual de vigor vegetativo (nota) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	56
Tabela 11	Ranqueamento individual da porcentagem de frutos chochos (%) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG .....	58

Tabela 12	Ranqueamento individual de peneira 16 e acima (%) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	60
Tabela 13	Ranqueamento individual de grãos tipo moca (%) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	62
Tabela 14	Ranqueamento individual rendimento (litros de café da roça por saca de 60kg de café beneficiado) de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	64
Tabela 15	Ranqueamento pela soma de postos de 18 progênes e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), com base na média de seis colheitas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	66
Tabela 16	Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênes e duas cultivares de café arábica no município de Lavras. Lavras, 2014. EPAMIG.....	68
Tabela 17	Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênes e duas cultivares de café arábica no município de Campos. Lavras, 2014. EPAMIG.....	69
Tabela 18	Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênes e duas cultivares de café arábica no município de Patrocínio. Lavras, 2014. EPAMIG.....	69

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1	História do melhoramento genético do café arábica no Brasil .....	15
2.2	Melhoramento genético de <i>Coffea arabica</i> .....	17
2.3	Fontes de resistência à ferrugem, Híbrido de Timor e Icatu .....	20
2.4	Estatística no melhoramento do cafeeiro.....	23
2.4.1	Modelagem estatística .....	24
2.5	Interação genótipos x ambientes.....	27
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.1	Materiais genéticos avaliados .....	30
3.2	Locais dos experimentos .....	32
3.3	Delineamento e detalhes da parcela experimental .....	32
3.4	Características avaliadas .....	33
3.5	Análise dos dados .....	34
3.6	Estruturas de covariância.....	37
3.6.1	Antependência (ANTE).....	38
3.6.2	Autorregressivas com variâncias heterogêneas (ARH).....	38
3.6.3	Simetria composta com variâncias heterogêneas (CSH).....	39
3.6.4	Fator Analítica (FA).....	39
3.6.5	Toeplitz (TOEP).....	40
3.6.6	Toeplitz com Variâncias Heterogêneas (TOEPH).....	41
3.6.7	Não estruturada (UN) .....	41
3.7	Estimação dos parâmetros .....	42
3.8	Ranqueamento .....	43
3.9	Correlação de Spearman .....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
4.1	Análise exploratória .....	45
4.1.1	Produtividade.....	45
4.1.2	Vigor vegetativo .....	46
4.1.3	Porcentagem de frutos chochos .....	48
4.1.4	Peneira 16 e acima .....	49
4.1.5	Porcentagem de grãos tipo moca .....	50
4.1.6	Rendimento .....	51
4.2	Ranqueamento e seleção .....	52
4.2.1	Produtividade.....	52
4.2.2	Vigor.....	54
4.2.3	Porcentagem de frutos chochos .....	56
4.2.4	Peneira 16 e acima .....	58

4.2.5	Porcentagem de grãos tipo moca .....	60
4.2.6	Rendimento .....	62
4.3	Soma de postos .....	64
4.4	Correlação de Spearman .....	67
5	CONCLUSÕES .....	70
	REFERÊNCIAS .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de café é uma das atividades mais importantes para a economia brasileira. O Brasil detém o título de maior produtor, tendo alcançado 49,151 milhões de sacas, na safra 2012/2013, o que correspondeu a 30% da produção mundial, sendo também o principal exportador, com aproximadamente 33 milhões de sacas exportadas de novembro de 2012 até outubro de 2013. O parque cafeeiro brasileiro é formado por mais de 5,6 bilhões de plantas cultivadas em 2,0 milhões de hectares. A atividade envolve 300 mil cafeicultores e emprega, direta e indiretamente, 8 milhões de pessoas. Minas Gerais aparece como o maior produtor do Brasil, responsável por 55% de todo o café produzido (arábica e robusta), sendo o maior produtor de arábica (CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2013).

As cultivares dos grupos Catuaí e Mundo Novo, juntas, estima-se, representam cerca de 85% das cultivares plantadas no país, sendo ambas susceptíveis à principal doença da cultura, a ferrugem-alaranjada, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk & Br. A ferrugem-alaranjada pode ocasionar prejuízos que podem chegar a 50% na produção, em função de fatores edafoclimáticos, como altitude, condições climáticas e estado nutricional (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005).

Nos programas de melhoramento de café do Brasil, uma estratégia que visa à resistência à ferrugem é o acúmulo de genes de resistência qualitativa presentes nos materiais genéticos derivados de ‘Híbrido de Timor’, conjuntamente com genes de efeitos quantitativos presentes, por exemplo, em linhagens de ‘Icatu’ (FAZUOLI et al., 2002; PEREIRA et al., 2002; PETEK et al., 2001; SERA; ALTEIA; PETEK, 2002; VÁRZEA et al., 2002).

Alto vigor vegetativo é uma característica desejada quando se selecionam materiais genéticos e é uma estratégia que aumenta a produtividade

de cultivares, pois indica maior eficiência em absorver nutrientes e ser menos vulnerável às condições edafoclimáticas desfavoráveis. Além do vigor vegetativo, o tamanho dos grãos é outra característica que está relacionada com a produtividade, a qual proporciona maior rendimento após a secagem e o beneficiamento (FAZUOLI, 1977).

Para se obter ganhos de produtividade de grãos é necessário que as progênies selecionadas sejam realmente superiores geneticamente. Para se alcançar tal objetivo, os requisitos indispensáveis constituem uma fenotipagem fidedigna, mediante uma experimentação adequada e a subsequente exploração minuciosa dos dados experimentais, por meio da adoção de métodos estatísticos acurados. No melhoramento de plantas perenes, essa tarefa merece especial atenção, devido à tomada de várias mensurações na mesma parcela, a exemplo das colheitas. Esse procedimento gera dados do tipo longitudinais no tempo. Suas principais características estão relacionadas com a estrutura das correlações existentes entre essas medições e a presença ou não de heterogeneidade de variâncias. Esses aspectos elevam a complexidade dos modelos estatísticos e tendem a provocar distorções na seleção dos indivíduos superiores, quando se utilizam modelos estatísticos não condizentes com a natureza biológica do caráter e/ou métodos pouco robustos para a estimação de parâmetros (ANDRADE, 2013).

Dessa forma, objetivou-se, com o presente trabalho, selecionar progênies de *Coffea arabica* com elevada capacidade produtiva, portadoras de outras características agrônômicas e tecnológicas de interesse, que apresentem potencial para constituir novas cultivares para plantio comercial.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 História do melhoramento genético do café arábica no Brasil**

A história do melhoramento genético do cafeeiro teve início com a introdução dos primeiros cafeeiros em território brasileiro. A primeira variedade plantada, oriunda da introdução de sementes e mudas efetuada no Brasil em 1727, em Belém do Pará, foi o café Nacional, Crioulo, Typica ou Comum. Até hoje pode-se encontrar esses cafeeiros em bosques ou fundos de quintal, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo (Vale do Paraíba) e Minas Gerais, e, em maior escala, nas plantações tradicionais, sombreadas, em Pernambuco e no Ceará (MATIELLO et al., 2005).

Foi introduzida no país a variedade ‘Bourbon Vermelho’, trazida da Ilha de Reunião, aqui ocupando grandes áreas de cultivo, por volta de 1864. Em 1870, foi encontrada, em Botucatu, SP, a variedade ‘Amarelo de Botucatu’, como uma mutação da Typica, de frutos amarelos, que despertou interesse a princípio, mas que não foi difundida, pois era menos produtiva que a Typica.

Por volta de 1896, a variedade ‘Sumatra’ foi introduzida no Brasil, tendo sido importada da ilha de mesmo nome, na Indonésia. Foi bastante plantada em São Paulo e depois se difundiu para o Paraná. A ‘Bourbon Amarelo’, surgida em Pederneiras, SP, foi resultado do cruzamento entre ‘Bourbon Vermelho’ com ‘Amarelo de Botucatu’, sendo selecionada a partir de 1945 e distribuída para plantio, e até hoje vem sendo plantada em pequena escala.

Por volta de 1930, foi encontrada a variedade ‘Caturra’, resultado de mutação do ‘Bourbon Vermelho’, identificada na Serra do Caparaó. Os cafeeiros ‘Caturra’ apresentavam porte baixo, com boa produtividade nos primeiros anos, em seguida entrando em degenerescência, devido ao seu baixo vigor.



Até 1930, o melhoramento do cafeeiro ficou marcado como a primeira fase do melhoramento no Brasil. Este período é considerado empírico (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002) porque o processo era realizado pelos próprios produtores, que selecionavam as plantas mais produtivas e os novos materiais genéticos introduzidos, para colher sementes e formar mudas para as novas plantações.

A partir de 1930, teve início a segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil, quando foi criada a Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O plano de trabalhos constituía-se, basicamente, dos seguintes setores: seleção de cafeeiros matrizes de cultivares comerciais e isolamento de progênies; geração de novos genótipos por meio da hibridação intra e interespecífica; introdução e estudo de novas cultivares comerciais e pesquisa sobre novos genótipos que ocorrem em plantações como consequência de hibridações e/ou mutações (CARVALHO et al., 1993). Posteriormente, outros programas foram criados em outras instituições, com destaque para o convênio EPAMIG/UFLA/UFV e o MAPA/PROCAFÉ, em Minas Gerais; o programa do IAPAR, no Paraná e o INCAPER, no Espírito Santo (MEDINA FILHO; BORDIGNON; CARVALHO, 2008). Os trabalhos realizados proporcionaram grandes avanços no melhoramento genético do cafeeiro no Brasil, disponibilizando, para o agricultor, cultivares com elevado potencial produtivo, vigor, rusticidade, uniformidade de maturação e resistência à ferrugem, além de outras características de interesse agrônomo e comercial (AGWANDA et al., 2003).

Dessa forma, começaram a ser empregadas metodologias científicas nos programas de melhoramento do cafeeiro, conseguindo ganhos mais expressivos com a seleção, principalmente em relação à produtividade. Em seguida, passou-se a dar ênfase aos estudos de caracteres de interesse agrônomo, como porte,

arquitetura, desenvolvimento e vigor das plantas (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002).

Em 1943, a variedade 'Mundo Novo' (oriunda do cruzamento natural entre as cultivares Bourbon Vermelho e Sumatra) teve sua seleção iniciada, com acréscimo de até 225% na produtividade, em relação à variedade Typica.

Em 1949, foi realizado o cruzamento entre as cultivares Mundo Novo e Caturra, para dar origem à seleção da variedade 'Catuaí', atualmente com 'Mundo Novo', as duas cultivares mais plantadas no país, ocupando, aproximadamente, 85% da área cultivada com café arábica (MATIELLO et al., 2005).

Atualmente, os trabalhos de melhoramento do cafeeiro visam, além de aumento da produtividade, a melhoria de outras características agronômicas, como qualidade de bebida, atributo importante diante de mercados cada vez mais exigentes, e seleção de cultivares adaptadas às diferentes condições e sistema de cultivo, e ainda, resistências a pragas e doenças (MENDES; GUIMARÃES, 1998).

## **2.2 Melhoramento genético de *Coffea arabica***

A espécie *Coffea arabica* é a única espécie alotetraploide e autofértil do gênero, com  $2n = 4x = 44$  cromossomos. Multiplica-se predominantemente por autofecundação, tendo uma taxa de fecundação cruzada em torno de 10% (CARVALHO; KRUG, 1949).

Os cafeeiros iniciam sua fase reprodutiva por volta do segundo ou do terceiro ano após o plantio e a produção tende a crescer, com uma menor oscilação bienal até o quinto ano. Depois disso, a bienalidade fica acentuada (FAZUOLI, 1977). O cafeeiro tem um período de produção de 20 anos, atingindo as produções máximas entre o décimo primeiro e o décimo quarto ano

após o início de produção. Após esse período de crescimento, a produção do cafeeiro entra em um período de declínio (CARVALHO et al., 1973; FAZUOLI, 1977; MEDINA et al., 1984). Por causa desse longo ciclo de produção, se torna necessário um período experimental de vários anos consecutivos de avaliação da produção, para se estimar o potencial produtivo total de genótipos de cafeeiros. Sendo assim, o grande período de tempo gasto e as grandes áreas experimentais que são necessárias acabam tornando os programas de melhoramento de cafeeiro caros. Dessa forma, é vantajoso, para estes programas, praticar a seleção de genótipos superiores, com base na produção dos primeiros anos, quando se têm materiais genéticos em gerações mais avançadas.

Na Costa Rica, pesquisadores fizeram o cruzamento de variedades selvagens do Sudão e da Etiópia com cultivares americanas, com a finalidade de verificar o progresso genético com o uso de híbridos. Os resultados mostraram uma produtividade superior dos híbridos em relação aos genitores, da ordem de 34% a 58% (BERTRAND et al., 2011). Essa superioridade também foi observada no trabalho de Cilas et al. (1998), que realizaram um dialelo parcial. Devido ao reduzido número de sementes híbridas obtidas por meio do cruzamento entre linhagens, a propagação do híbrido para os produtores constitui um problema. Técnicas de clonagem em *Coffea arabica* estão sendo desenvolvidas com sucesso, porém, o custo da muda obtida ainda é alto (CARVALHO et al., 2008; ETIENNE et al., 2002).

As estratégias para se iniciar um programa de melhoramento do cafeeiro são adotadas em função da herdabilidade do caráter, dos recursos disponíveis e da habilidade do melhorista (RAMALHO et al., 2012). A condução da população é realizada até se atingir a homozigose necessária para selecionar os melhores indivíduos. O longo prazo requerido no processo seletivo é função da necessidade de se avaliar os genótipos no decorrer do tempo e no período juvenil do cafeeiro. Há estimativas de que a liberação de uma nova cultivar de café

necessite de, aproximadamente, quinze a vinte anos. No entanto, estratégias vêm sendo desenvolvidas para se reduzir o tempo do ciclo de melhoramento (RAMALHO; CARVALHO; NUNES, 2013; SERA, 2001).

O rendimento é um dos traços mais importantes do processo de seleção. No café, a seleção do genótipo com base na média de rendimento mostrou-se eficiente a partir da terceira ou da quarta colheita. De acordo com Mendes e Guimarães (1998), eficiência de seleção é razoavelmente alta a partir da quarta colheita em diante. Em outro trabalho também foi constatado que quatro colheitas seriam suficientes para compilar dados confiáveis sobre o desempenho de progênies de café (OLIVEIRA et al., 2011).

Toda prática que vise diminuir o intervalo entre gerações é benéfica. A acumulação de alelos favoráveis é um processo gradativo conseguido por meio da seleção e da recombinação contínua entre os melhores indivíduos. Esse fato é tão mais importante quanto maior for a influência ambiental sobre o caráter em estudo (BERNARDO, 2010).

Oliveira et al. (2011) avaliaram 98 progênies em quatro colheitas, utilizando quatro modos de se considerar os dados para se realizar a seleção. Analisaram-se a média das quatro colheitas, as colheitas anuais, a média dos melhores anos e a média dos anos com produção mais baixa. O interessante nos resultados obtidos é que o maior ganho em porcentagem em relação à média original foi para as colheitas com baixa produção. Na média das duas safras baixas, o valor foi de 103,30%. O pior resultado foi obtido utilizando-se a média das produções, que foi de 20,8%. Apesar da maior porcentagem de ganho com a seleção obtida nas colheitas de baixa produção, selecionar com base nesses dados não foi recomendado pelos autores, uma vez que apresentaram baixas correlações fenotípicas e genéticas com a média das quatro colheitas. Os autores argumentam que a seleção com base na primeira alta safra é mais indicada para o melhoramento do cafeeiro. Esses resultados condizem com o relatado por Sera

(1987), que foi um dos primeiros pesquisadores a estudar a viabilidade da seleção precoce no cafeeiro.

### **2.3 Fontes de resistência à ferrugem, ‘Híbrido de Timor’ e ‘Icatu’**

Com a constatação da ferrugem-alaranjada no Brasil, na década de 1970, muitos genótipos de cafeeiros com resistência à ferrugem foram pesquisados. Inicialmente, foram liberados materiais genéticos com fatores simples, porém, esses materiais mostraram baixa produtividade e características agrônomicas não interessantes, sendo abandonados (MATIELLO; ALMEIDA, 2006). Catimores e sarchimores foram introduzidos e testados, dois híbridos que, apesar da boa resistência e da produtividade, inicialmente, não foram aprovados, devido ao baixo vigor apresentado pelos fenótipos testados.

Atualmente, a maior parte das cultivares melhoradas resistentes à ferrugem tem como fonte de resistência o material denominado ‘Híbrido de Timor’ (HDT), material selecionado pelo Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC) (VÁRZEA et al., 2002).

O ‘Híbrido de Timor’ é um cruzamento natural entre *C. canephora* e *C. arabica*, cujas plantas apresentam fenótipo próximo ao de *C. arabica* e mostraram boa variabilidade para os caracteres vigor, produtividade, tamanho e formato de fruto. Estes têm, pelo menos, cinco genes dominantes, SH<sub>5</sub>, SH<sub>6</sub>, SH<sub>7</sub>, SH<sub>8</sub> e SH<sub>9</sub>, que, isolados ou em associação, condicionam variáveis de resistência às raças do *H. vastatrix* e que caracterizam os grupos fisiológicos R, 1, 2 e 3 (CARDOSO, 1996).

Devido às características semelhantes às das cultivares de *C. arabica*, a população de ‘Híbrido de Timor’ torna-se extremamente importante para os melhoristas. O germoplasma de ‘Híbrido de Timor’ assumiu grande importância para o melhoramento genético do cafeeiro, como fonte de resistência às doenças.

O germoplasma é constituído de genótipos com grande variabilidade genética, portadores de genes de resistência à ferrugem-alaranjada, causada por *Hemileia vastatrix* Berk. & Br.; à antracnose dos frutos do cafeeiro, ou *coffee berry disease* (CBD), causada por *Colletotrichum kahawae*; à bacteriose, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *garçae*; ao nematoide-das-galhas, *Meloidogyne exigua* e, possivelmente, a outros patógenos.

As cultivares Obatã, Tupi e Iapar 59 foram obtidas do cruzamento entre ‘Híbrido de Timor’ e ‘Villa Sarchi’ (sarchimores), todas apresentando resistência à ferrugem, porte baixo e peneira média alta, sendo indicadas para plantios mais adensados (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002). Vários autores comprovaram a resistência à ferrugem dos materiais genéticos de ‘Híbrido de Timor’ ou materiais híbridos que o tenham como um dos genitores (BRITO et al., 2005; FONTES et al., 2001).

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) vem trabalhando com sucesso em cruzamentos do ‘Híbrido de Timor’ diretamente com cultivares do grupo Catuaí. Progênies avançadas desses materiais genéticos já foram lançadas pela EPAMIG com os nomes comerciais de Paraíso MGH419-1, (PEREIRA et al., 2002), Catiguá MG1, Catiguá MG2 e Catiguá MG3, ((EMPRESA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG, 2004b), Pau Brasil MG1 (EPAMIG, 2004c), Sacramento MG1 (EPAMIG, 2004d) e Araponga MG1 (EPAMIG, 2004a).

A cultivar Araponga MG1 é derivada da hibridação artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo IAC 86 e a seleção de Híbrido de Timor UFV 446-08, sendo sua primeira geração (F<sub>1</sub>) conduzida sob designação de H 516, e lançamento em geração F6. A cultivar apresenta produtividade, altura e diâmetro de copa ligeiramente superiores ao da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. Destaca-se pelo alto vigor vegetativo, boa arquitetura de plantas, alta produtividade e resistência à ferrugem, além de apresentar qualidade de bebida

semelhante à de cultivares comerciais do grupo Catuaí e do grupo Mundo Novo. A cultivar Paraíso MGH419-1 é também resultante de cruzamento artificial entre a cultivar Catuaí Amarelo 30 e a seleção de Híbrido de Timor UFV 445-46, cruzamento este que, em geração F<sub>1</sub>, recebeu a identificação de H 419. Posteriormente, foi lançada sob mistura de sementes de oito progênies, em geração F<sub>4</sub>, com o nome de Paraíso MG H 419-1. Este material apresenta alto nível de resistência ao agente causal da ferrugem-do-cafeeiro e segregação em relação aos nematoides-das-galhas, podendo apresentar cafeeiros resistentes e susceptíveis. Apresenta altura, diâmetro e volume de copa inferiores aos da cultivar Catuaí Vermelho IAC 15, além de ser bastante produtiva (CARVALHO et al., 2008).

Bonomo et al. (2004), trabalhando com descendentes de ‘Híbrido de Timor’, destacaram a progênie H505-9-2 como material de porte alto, produtivo e vigoroso, enquanto a H514-7-10 e a H514-7-6, além de produtivas e vigorosas, apresentaram porte baixo, semelhante ao da cultivar Catuaí Vermelho IAC 15, porém, com média de produção de grãos superior à do Catuaí. Em trabalho de avaliação de progênies F<sub>4</sub> resultantes do cruzamento entre Catuaí Amarelo com Híbrido de Timor, em São Sebastião do Paraíso, MG, Pereira et al. (2001) obtiveram resultados que indicam ser possível obter progênies desse cruzamento com elevada produção e estabilidade, apresentando potencial para a obtenção de cultivares de porte baixo e resistentes à ferrugem.

Outro germoplasma com resistência à ferrugem que vem sendo amplamente utilizado é o Icatu. Sua resistência vem diretamente de *Coffea canephora*, por meio de cruzamento artificial desse material com a cultivar Bourbon Vermelho (*Coffea arabica*). A cultivar Icatu apresenta-se como boa opção por apresentar rusticidade, alto vigor vegetativo, boa produção e variabilidade para resistência à ferrugem, tanto vertical quanto horizontal (ALVARENGA, 1991; FAZUOLI; CARVALHO; COSTA, 1984). O

desenvolvimento das cultivares do grupo Catucaí foi iniciado com o aproveitamento de um cruzamento natural entre 'Icatu' e 'Catuaí', ocorrido nos experimentos do Instituto Brasileiro de Café (IBC), em São José do Vale do Rio Preto, RJ. A primeira seleção foi feita em 1988, por pesquisadores do IBC, em uma população de cafeeiros da cultivar Icatu Vermelho, cujas sementes eram provenientes de Londrina, PR e que tinham sido plantadas no município de São José do Vale do Rio Preto, RJ. Progênies ( $F_3$ ) dessas seleções foram plantadas na Fazenda Experimental de Varginha, MG, pertencente ao MAPA/PROCAFÉ (CARVALHO et al., 2008).

As primeiras seleções foram efetuadas em 1988, visando sempre selecionar plantas produtivas, com elevado vigor vegetativo e resistentes à ferrugem do cafeeiro, originando cultivares, tanto de frutos amarelos quanto de frutos vermelhos. De maneira geral, as cultivares do grupo Catucaí apresentam boa capacidade de rebrota, elevado vigor vegetativo e alta produtividade, além de todas produzirem bebida de boa qualidade (CARVALHO et al., 2008). Dias (2002), em trabalho de competição de cultivares no Sul de Minas Gerais, observou, após duas colheitas, que as progênies de Catucaí Amarelo 2SL e Vermelho, apresentaram produção igual à das cultivares comerciais, como Catuaí Vermelho IAC 99 e Topázio MG 1189, além de bom vigor vegetativo.

#### **2.4 Estatística no melhoramento do cafeeiro**

A seleção de indivíduos superiores com base em seus dados fenotípicos é uma das práticas mais comuns no melhoramento de plantas. Essa seleção é feita a partir de comparações entre os indivíduos. O processo consiste em selecionar indivíduos avaliados que apresentem os melhores valores reprodutivos preditos (ANDRADE, 2013).



A eficiência do processo de seleção depende de alguns fatores. O primeiro se refere à caracterização dos recursos genéticos para atributos diversos dos genótipos em teste. Isso está diretamente vinculado à adoção de delineamentos experimentais apropriados e à observância de aspectos relacionados ao dimensionamento dos experimentos (número de repetições, tamanho de parcela, etc.) (ANFRADE, 2013). Outro ponto importante para a melhoria da eficiência da seleção é o emprego de métodos estatísticos que possibilitem explorar ao máximo os dados experimentais e as informações adicionais acerca dos genótipos (e.g. grau de parentesco existente, genotipagem, etc.), resultando em estimativas ou predições acuradas dos valores genéticos ou “breeding values” (RESENDE, 2007; RESENDE; DUARTE, 2007).

As características específicas do cafeeiro, como o ciclo reprodutivo longo, que necessita de medidas repetidas, a bienalidade e a sobreposição de gerações, entre outros, conduzem a algumas peculiaridades em termos de melhoramento. Outra questão é a redução da taxa de sobrevivência dos experimentos durante sua vida útil, fato que gera dados desbalanceados. O desbalanceamento pode também ocorrer porque algumas plantas não produzem em determinada colheita. Para o cafeeiro também é relevante a seleção em nível de planta, e não somente com base na média de progênie (ANDRADE, 2013). Em função do exposto, há a necessidade do uso de métodos especiais de estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos (PETEK; SERA; FONSECA, 2008; RESENDE, 2007; RESENDE; DIAS, 2000; RESENDE et al., 2001).

#### **2.4.1 Modelagem estatística**

A ANOVA foi inicialmente desenvolvida pelo estatístico britânico Sir Ronald Fisher, como instrumento para a análise de experimentos, e é

tradicionalmente utilizada na estimação dos componentes de variância. Algumas condições são necessárias para que as estimativas por ele geradas sejam confiáveis, entre elas balanceamento dos dados e ausência de efeitos fixos e aleatórios, juntos no mesmo modelo (MISTRO, 2013).

Sabendo disso, o método do quadrado mínimo não deve ser utilizado para se analisar dados de melhoramento genético de espécies perenes, como o café. Alguns motivos são: presença simultânea de efeitos fixos e aleatórios no mesmo modelo, desbalanceamento provocado por morte de plantas, possibilidade de se obter estimativas negativas de variâncias e medições repetidas em um mesmo indivíduo durante vários anos ou épocas. Isso faz com que estas medições sejam correlacionadas ao longo do tempo, o que fere a independência e a homogeneidade dos erros, pressuposições básicas para efetuar a ANOVA (MISTRO, 2013; RESENDE, 2002, 2007).

Com isso, um aspecto importante na modelagem é a especificação da natureza dos efeitos presentes no modelo estatístico, o qual pode ser fixo ou aleatório. A definição de como o efeito será considerado, em certas ocasiões, pode não ser tarefa fácil. No entanto, mais importante do que aspectos teóricos é ponderar o contexto da pesquisa, pois, em se considerando um efeito como aleatório, a inferência é ampliada para a população de referência, enquanto, para efeitos fixos, a inferência é restrita aos níveis do fator em estudo (ANDRADE, 2013).

É fundamental, para fins de melhoramento, independente do modelo empregado, a busca por estimadores ou preditores que resultem em estimativas ou predições mais próximas possível dos verdadeiros valores genéticos dos genótipos em teste (WHITE; HODGE, 1988). O procedimento BLUP foi desenvolvido por Henderson, em 1949, no contexto de modelos mistos, visando prever os valores genéticos de animais para a produção de leite sob condições de desbalanceamento nos dados, ou seja, a seleção dos genótipos seria pautada

com base no preditor BLUP, que também constitui uma função linear dos fenótipos, de elevada acurácia e não viciada (MRODE, 1996). Mas, para que o BLUP se constitua absolutamente no mais eficiente dentre todos os preditores, é preciso que as variâncias associadas aos efeitos aleatórios ou componentes de variância sejam conhecidas. Como, na prática, dispõem-se apenas de estimativas para essas variâncias, essas predições são denominadas de Empirical-BLUP (LITTELL, 2002).

As vantagens de se usar o método de modelos mistos (REML/BLUP) para estimar simultaneamente os parâmetros genéticos e prever os valores genéticos são: aplicabilidade a dados desbalanceados; não exige dados obtidos sob estruturas rígidas de experimentação; utilização, simultaneamente, de um grande número de informações provenientes de vários experimentos; corrige os dados para os efeitos ambientais e prediz, de maneira precisa e não viesada, os valores genéticos, conduzindo à maximização do ganho genético com seleção. O procedimento BLUP/REML pode ser perfeitamente utilizado no melhoramento vegetal, pois apresenta uma série de vantagens em relação às metodologias tradicionalmente utilizadas (RESENDE; ROSA-PEREZ, 2001).

Alguns pesquisadores desenvolveram os chamados critérios de informação. Esses critérios penalizam a verossimilhança em função do número de parâmetros a serem estimados e, dependendo do critério, também em relação ao tamanho amostral. Eles podem ser divididos em consistentes e eficientes. Critérios eficientes escolhem o melhor modelo de dimensão finita quando o verdadeiro modelo, que é desconhecido, é de dimensão infinita. Os critérios consistentes escolhem o modelo correto, com probabilidade se aproximando da unidade, quando o modelo verdadeiro de dimensão finita é considerado existente. Os mais utilizados são os de Akaike (AIC), Akaike corrigido (AICC) e o critério de Schwarz (BIC) (AKAIKE, 1974; SCHWARZ, 1978). Os dois primeiros são considerados como eficientes e o último, como critério

consistente. Os critérios de seleção de modelos citados não garantem a escolha do modelo verdadeiro, apenas indicam qual modelo é o mais provável dentre os analisados e referentes aos dados em questão. As respostas dos diferentes critérios de informação e seleção de modelos variam em função de algumas características, como a distribuição de probabilidade dos dados e, principalmente, do padrão de covariância presente nos mesmos (ANDRADE, 2013).

## **2.5 Interação genótipos x ambientes**

A seleção e a recomendação de genótipos mais produtivos são objetivos básicos dos programas de melhoramento genético de qualquer espécie cultivada. A avaliação de progênies em vários locais é uma etapa importante na fase final de um programa de melhoramento de plantas, pois, com este recurso, é possível determinar a interação dos genótipos com os ambientes e, no caso da existência, podem-se indicar os melhores genótipos para cada ambiente. O processo de seleção é, frequentemente, realizado pelo desempenho dos genótipos em diferentes ambientes (local, ano e época de semeadura). Contudo, a decisão de lançamento de novas cultivares, normalmente, é dificultada pela ocorrência da interação genótipos x ambientes (CARVALHO et al., 2002).

Bartholo e Chebabi (1985) e Carvalho et al. (2006b) observaram que, em cada ambiente, as melhores progênies se alteram, demonstrando a influência do ambiente sobre as progênies. Por isso, a necessidade de se instalar um mesmo experimento em mais locais, quando se deseja selecionar progênies de cafeeiro nos programas de melhoramento genético.

Segundo Cruz e Regazzi (1997), a presença da interação genótipos x ambientes está aliada a dois fatores, sendo eles simples ou complexos. A interação é simples quando proporcionada pela diferença de variabilidade entre

genótipos nos ambientes; a complexa é quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos e indica haver inconsistência na superioridade de genótipos com a variação ambiental. Essa interação genótipos x ambientes faz com que a correlação entre o fenótipo e o genótipo seja reduzida. Baixa correlação indica que o genótipo superior em um ambiente, normalmente, não terá o mesmo desempenho em um ambiente diferente. A seleção com base no componente da interação genótipos x ambientes pode estar eliminando constituições genéticas altamente ajustadas aos ambientes específicos. Além de dificultar a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade, a existência desse tipo de interação traz a necessidade de realizar avaliações em um número maior de ambientes.

Essa interação não dificulta apenas a recomendação de cultivares a ambientes específicos, interfere também no trabalho dos melhoristas, que precisam adotar critérios diferenciados para selecionar genótipos superiores e usar métodos alternativos de identificação de material de alto potencial genético (CRUZ; REGAZZI, 1997). Ainda na interação genótipos x ambientes, ela pode ser diminuída ou contornada, direcionando cultivares específicas para cada ambiente e ou utilizando cultivares com ampla adaptabilidade ou boa estabilidade. Pode-se fazer, ainda, uma estratificação das regiões, separando sub-regiões com características ambientais semelhantes, dentro das quais a interação passa a ser não significativa (ALLARD; BRADSHAW, 1964; RAMALHO; SANTOS; ZIRMMRMAM, 1993; SOUZA, 1985).

Os fatores ambientais têm que ser bem observados, pois auxiliam nas interações com os genótipos. Podem ser os chamados de previsíveis, como tipo de solo, comprimento do dia e práticas agronômicas, e de não previsíveis, como distribuição de chuva durante o ano, temperatura e ataque de pragas e doenças (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A finalidade de compreender a interação genótipo x ambiente é conseguir escolher um material com alta estabilidade (quando apresenta interações mínimas com os ambientes) e ampla adaptabilidade (quando assimila o estímulo ambiental de forma vantajosa). Os ensaios realizados em vários anos e várias regiões são úteis para minimizar os efeitos desta interação, dando maior segurança aos profissionais no momento da seleção. Experimentar em apenas um ambiente influencia a média do caráter, devido ao efeito do local, e tende a inflacionar a variância genética, devido à presença da variância da interação genótipo x ambiente (RESENDE, 2007).

A ANOVA utilizada para analisar dados de experimentos sobre interação genótipo x ambiente não é a mais adequada para espécies perenes, pelas mesmas limitações descritas anteriormente (RESENDE, 2007).

O procedimento REML/BLUP acaba sendo o mais indicado, pois analisa os vários ambientes como se fossem diferentes caracteres e isso não é realizado pelos métodos tradicionais de estabilidade e adaptabilidade. Neste caso, são preditos valores genéticos para cada ambiente, para o ambiente médio e para novos ambientes. O REML/BLUP considera, essencialmente, a heterogeneidade de variâncias, via transformação, ou ponderação prévia nos dados, sendo, portanto, o procedimento ideal (BUENO FILHO; VENCOVSKY, 2009).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais genéticos avaliados**

Foram avaliadas 18 progênies de cafeeiro em geração  $F_5$  (Tabela 1). Das 18 progênies, oito são do grupo Catucaí (cruzamento de cultivares do grupo Catucaí com cafeeiros do germoplasma Icatu), dez são descendentes de Híbrido de Timor (Catucaí Vermelho e Catucaí Amarelo com Híbrido de Timor) e duas cultivares comerciais como testemunha. As progênies em estudo foram selecionadas por meio de plantas superiores da Fazenda Ouro Verde, em Campos Altos e realizada a colheita para a abertura de famílias com a mistura de sementes (MS). A relação e a caracterização das progênies/cultivares avaliadas no estudo são representadas na Tabela 1.

Tabela1 Relação e caracterização das 18 progênes e 2 cultivares utilizadas nos experimentos conduzidos em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Nº	Identificação	Caracterização das progênes/cultivares
1	Catucaí Vermelho 20/15-MS cv 01	Fruto vermelho escuro, broto bronze.
2	Catucaí Vermelho 20/15-MS cv 02	Fruto graúdo, menor diâmetro de copa e broto bronze.
3	Catucaí Vermelho 20/15-MS cv 03	Fruto vermelho-escuro e arquitetura aberta.
4	Catucaí Amarelo 24/137-MS cv 01	Broto bronze e arquitetura cilíndrica.
5	Catucaí Amarelo 24/137-MS cv 02	Porte médio e broto bronze.
6	Catucaí Amarelo 24/137-MS cv 03	Maturação tardia e broto verde.
7	Catucaí Amarelo 24/137-MS cv 04	Broto verde e menor diâmetro de copa.
8	Catucaí Amarelo 24/137-MS cv 05	Porte baixo e ramificação intensa.
9	H516-2-1-1-18-1-1	Broto bronze e fruto vermelho-escuro.
10	H516-2-1-1-18-1-2	Broto bronze, fruto graúdo e pouca resistência do pedúnculo.
11	H516-2-1-1-18-1-3	Maturação tardia, broto bronze e porte médio.
12	H516-2-1-1-18-1-4	Porte médio, ramificação intensa, fruto médio e broto bronze.
13	H516-2-1-1-18-1-5	Fruto graúdo, pouco ramificado e folhas grandes.
14	H419-3-4-5-2-1-1	Broto verde e pouca resistência do pedúnculo.
15	H419-3-4-5-2-1-2	Broto verde, ramo longo, fruto graúdo e pouca resistência do pedúnculo.
16	H419-3-4-5-2-1-3	Broto bronze e maturação precoce.
17	H419-3-4-5-2-1-4	Broto bronze, fruto vermelho e pouca resistência do pedúnculo.
18	H419-3-4-5-2-1-5	Fruto vermelho e broto bronze.
19	Tupi IAC 1669-33*	Porte baixo e fruto vermelho-escuro.
20	Obatã IAC 1669-20*	Porte baixo e maturação desuniforme.

\* Cultivares usadas como testemunha



### 3.2 Locais dos experimentos

As progênies e as cultivares foram avaliadas em três ensaios, conduzidos em duas regiões produtoras de café do estado de Minas Gerais (Tabela 1). Os ensaios foram instalados nas áreas experimentais da Universidade Federal de Lavras, na fazenda particular denominada de Ouro Verde, em Campos Altos e na Fazenda Experimental da EPAMIG em Patrocínio.

Tabela 2 Relação dos ambientes de instalação dos ensaios de seleção de progênies derivadas de Catuaí com Icatu e Híbrido de Timor

Nº	Município	Região do Estado	Altitude (m)	Temperatura média anual (°C)	Precipitação média anual (mm)
1	Lavras	Sul de Minas	919	19,3	1529
2	Campos Altos	Alto Paranaíba	1230	17,6	1830
3	Patrocínio	Alto Paranaíba	966	22,0	1620

Os ensaios foram implantados em dezembro de 2005. O espaçamento adotado em todos os ensaios foi de 3,5 x 0,70 m, correspondendo a 4.082 plantas por hectare.

### 3.3 Delineamento e detalhes da parcela experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições e parcelas constituídas por dez plantas, sendo considerada parcela útil todas as plantas. As calagens e as adubações de solo e foliares foram realizadas ao longo de toda a condução do experimento, conforme a necessidade

da cultura. Os tratos fitossanitários foram realizados preventivamente ou curativamente, de acordo com a sazonalidade da ocorrência das pragas e doenças.

### 3.4 Características avaliadas

As características agronômicas que foram avaliadas nas safras de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013, foram:

- a) produtividade (sacas/hectare): foi realizada a colheita dos frutos (litros de “café da roça”), entre os meses de maio a julho de cada ano, e depois realizada a conversão para sacas/ha, por meio do rendimento dos próprios materiais, calculado no item f;
- b) vigor vegetativo: avaliado a partir da atribuição de notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, sendo nota 1 conferida às piores plantas, com o vigor vegetativo muito reduzido e acentuado sintoma de depauperamento e nota 10 às plantas com excelente vigor, mais enfolhadas e com acentuado crescimento vegetativo dos ramos produtivos, conforme sugerido por Carvalho et al. (1979);
- c) porcentagem de frutos chochos: foi utilizada a metodologia proposta por Antunes e Carvalho (1954), em que se colocam 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície;
- d) peneira 16 e acima: uma amostra de 300 g de café beneficiado foi passada pelo conjunto de peneiras (18/64 a 13/64 para grãos chatos e 10/64 para grãos tipo moça) e o material retido em cada peneira foi pesado determinando-se a porcentagem de cada peneira, sendo expressa a porcentagem de grãos retidos em peneira “16 e acima” (peneiras altas);

- e) porcentagem de grãos tipo moca: o material retido na peneira 10/64 para grãos tipo moca foi pesado determinando-se a porcentagem, sendo expressa a porcentagem de grãos retidos na peneira de grãos tipo moca;
- f) rendimento: por meio de amostras de 3 litros de “café da roça”, coletadas durante a colheita, foi realizada a secagem do material, até 11% de umidade. Posteriormente, foi realizada a pesagem do material, antes e depois de ser beneficiado, por meio da qual foi realizada a conversão, sendo expressa em litros de “café da roça”/saca de 60 kg de café beneficiado, ou seja, quanto menor o valor em litros, maior o rendimento.

### 3.5 Análise dos dados

Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SAS<sup>®</sup> (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2009).

As estimativas dos parâmetros genéticos dos caracteres produtividade, vigor, porcentagem de frutos chochos, porcentagem de frutos peneira 16 e acima, porcentagem de grãos tipo moca e rendimento foram feitas por meio do procedimento PROC MIXED do programa SAS<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE, 2009). O modelo estatístico utilizado foi o seguinte (1):

$$y_{ij} = m + b_j + p_i + e_{ij} \quad (1)$$

em que

$y_{ij}$ : observação da  $ij$ -ésima parcela no bloco  $j$  que recebeu a progênie  $i$ ;

$m$ : constante associada a todas as observações;

$b_j$ : efeito fixo do o j-ésimo bloco;  
 $p_i$ : efeito aleatório da i-ésima progênie, sendo  $p_i \sim \text{NMV}(0, \sigma_p^2)$ ;  
 $e_{ij}$ : efeito aleatório do erro experimental associado à observação da ij-ésima parcela, sendo  $e_{ij} \sim \text{NMV}(0, \sigma_e^2)$ .

A partir das análises individuais foram obtidas as estimativas das acurácias, de acordo com Ramalho et al. (2012b). Além disso, foram computadas as predições *Empirical Best Linear Unbiased Prediction*, ou E-BLUP, dos valores genotípicos das progênies (LITTELL et al., 2006).

Posteriormente, foi realizada a análise no esquema de parcelas subdivididas no tempo para todas as colheitas (seis colheitas) (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijq} = m + b_j + p_i + c_q + pb_{ij} + bc_{jq} + pc_{iq} + e_{ijq} \quad (2)$$

em que

$y_{ijq}$ : observação da ijq-ésima parcela no bloco j na colheita q que recebeu a progênie i;

$m$ : constante associada a todas as observações;

$b_j$ : efeito fixo do o j-ésimo bloco;

$p_i$ : efeito aleatório da i-ésima progênie, sendo  $p_i \sim \text{NMV}(0, \sigma_p^2)$ ;

$c_q$ : efeito fixo da q-ésima colheita;

$pb_{ij}$ : efeito aleatório da ij-ésima interação progênie com bloco, sendo  $pb_{ij} \sim \text{NMV}(0, \sigma_{pb}^2)$ ;

$bc_{jq}$ : efeito fixo da jq-ésima interação bloco com colheita;

$pc_{iq}$ : efeito aleatório da iq-ésima interação progênie com colheita, sendo  $pc_{iq} \sim \text{NMV}(0, \sigma_{pc}^2)$ ;

$e_{ijq}$ : efeito aleatório do erro experimental associado à observação da  $ijq$ -ésima parcela, sendo  $e_{ijq} \sim \text{NMV}(0, \sigma^2_e)$ .

O modelo de parcela subdividida no tempo na forma matricial é denotado por

$$y = X_m + Z_{Bi}b + Z_{Pi}pc + Z_{Ti}p_i + e_i \quad (3)$$

em que

$X_m$ : matriz de incidência e vetor  $m$  de feitos fixos;

$Z_{Bi}b$ : matriz de incidência e vetor  $b$  de efeitos aleatórios da interação bloco com progênie;

$Z_{Pi}pc$ : matriz de incidência e vetor  $pc$  de efeitos aleatórios da interação progênie com colheita;

$Z_{Ti}p_i$ : matriz de incidência e vetor de  $p_i$  de efeitos aleatórios de progênie;

$e_i$ : vetor  $a$  de erros aleatórios.

Os valores esperados e a matriz de dispersão assumindo distribuição normal multivariada (NMV) são

$$\begin{bmatrix} y \\ b \\ pc \\ p_i \\ e_i \end{bmatrix} \sim \text{NMV} \begin{bmatrix} X_m \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i & Z_{Bi}B_0 & Z_{Pi}PC_0 & Z_{Ti}P_0 & R_0 \\ B_0Z_{Bi} & B_0 & 0 & 0 & 0 \\ PC_0Z_{Pi} & 0 & P_0 & 0 & 0 \\ PZ_{Ti} & 0 & 0 & G_0 & 0 \\ R_0 & 0 & 0 & 0 & R_0 \end{bmatrix}$$

$B_0$ ,  $PC_0$ ,  $P_0$  e  $R_0$  são as matrizes de covariância para os fatores interação bloco com progênie, interação progênie com colheita, progênie e resíduo, respectivamente, e 0 representa matriz nula.

A escolha da estrutura mais adequada foi obtida pela ponderação do valor obtido pelo critério de informação de Schwarz (BIC). A estimativa de BIC é obtida por  $-2 \log L + p \log v$ , em que  $L$  é o valor estimado da verossimilhança do modelo,  $p$  é o número de parâmetros estimados e  $v$  é o número de graus de liberdade do resíduo. O cálculo da ponderação foi realizado conforme proposto por Gonçalves e Fritzche-Neto (2012). O resultado obtido ( $W_i$ ) informa qual a probabilidade de o modelo escolhido ser o correto em relação aos considerados nas comparações. A expressão utilizada para a ponderação foi

$$W_i = \frac{\exp(-\Delta_i/2)}{\sum_{i=1}^r \exp(-\Delta_i/2)} * 100 \quad (5)$$

em que  $W_i$ : probabilidade do modelo  $i$  ser o correto em relação aos demais utilizados na comparação e  $\Delta_i$  é a diferença entre o menor valor de BIC (melhor ajuste) dentre os analisados com o valor obtido por cada modelo considerado. O menor valor foi utilizado, pois os critérios de informação calculados pelo SAS® o consideram como o melhor, ou seja, menor valor de BIC, maior ajustamento do modelo aos dados. De acordo com Gonçalves e Fritzche-Neto (2012), esse cálculo é apenas uma mudança de escala para comparar as diferenças de BIC entre os modelos em uma escala de 0-1.

### 3.6 Estruturas de covariância

Foram testadas 11 estruturas das matrizes de covariância ( $C_{ov}$ ) e a que melhor explicou cada característica em cada local foi exemplificada considerando-se as seis colheitas.

### 3.6.1 Antedependência (ANTE)

Na estrutura de Antedependência de primeira ordem assume-se que uma observação no tempo considerado pode ser explicada por observações prévias. Nesta estrutura é necessária a estimação de  $2t-1$  parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho_1 & \sigma_1\sigma_3\rho_1\rho_2 & \sigma_1\sigma_4\rho_2\rho_3 \\ \sigma_2\sigma_1\rho_1 & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho_2 & \sigma_2\sigma_4\rho_3\rho_4 \\ \sigma_3\sigma_1\rho_2\rho_1 & \sigma_3\sigma_2\rho_2 & \sigma_3^2 & \sigma_3\sigma_4\rho_3 \\ \sigma_4\sigma_1\rho_3\rho_2 & \sigma_4\sigma_2\rho_4\rho_3 & \sigma_4\sigma_3\rho_3 & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

em que

$\sigma_i^2$ : refere-se ao  $i$ -ésimo parâmetro de variância;

$\rho_k$ : é o  $i$ -ésimo parâmetro de autocorrelação, satisfazendo a condição de  $|\rho_k| < 1$ .

### 3.6.2 Autorregressivas com variâncias heterogêneas (ARH)

Específica a estrutura autorregressiva com variâncias heterogêneas. Resende (2007) comenta que, para intervalos iguais entre as medições, esse modelo se assemelha ao processo caráter de Pletchere Geyer (1999). Eles foram desenvolvidos para reduzir a imposição de estacionariedade das correlações. É necessário estimarem-se  $t-1$  parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho & \sigma_1\sigma_3\rho^2 & \sigma_1\sigma_4\rho^3 \\ \sigma_2\sigma_3\rho & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho & \sigma_2\sigma_4\rho^2 \\ \sigma_3\sigma_1\rho^2 & \sigma_3\sigma_2\rho & \sigma_3^2 & \sigma_3\sigma_4\rho \\ \sigma_4\sigma_1\rho^3 & \sigma_4\sigma_2\rho^2 & \sigma_4\sigma_3\rho & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

### 3.6.3 Simetria composta com variâncias heterogêneas (CSH)

Estrutura de simetria composta com variâncias heterogêneas. Tem parâmetro diferente de variância para cada elemento da diagonal principal e utiliza a raiz quadrada desses parâmetros para compor as caselas fora da diagonal. Estimam-se t+1 parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho & \sigma_1\sigma_3\rho & \sigma_1\sigma_4\rho \\ \sigma_2\sigma_1\rho & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho & \sigma_2\sigma_4\rho \\ \sigma_3\sigma_1\rho & \sigma_3\sigma_2\rho & \sigma_3^2 & \sigma_3\sigma_4\rho \\ \sigma_4\sigma_1\rho & \sigma_4\sigma_2\rho & \sigma_4\sigma_3\rho & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

### 3.6.4 Fator analítica (FA)

Estrutura fator analítica com um fator (q) (FA 1). Esse modelo utiliza a técnica das variáveis latentes não observáveis (fatores). Considera que uma observação é uma combinação de fatores, ponderados pela intensidade com que o fator explica a variável observável (carga do fator), mais um erro de predição. Trata-se de uma técnica reducional da dimensão dos dados. Seu princípio é semelhante ao modelo de fatores principais aditivos e de interação multiplicativos (AMMI), utilizado para modelar a interação genótipos por ambientes (RESENDE, 2007). A diferença básica entre eles é que, em AMMI,



modelam-se as variâncias e em FA, as covariâncias. Além disso, FA é invariante às mudanças de escala nos eixos dos vetores, mas não à rotação dos mesmos, como em AMMI. Estimam-se  $[q/2](2t-q+1)+t$  parâmetros (q refere-se ao número de vetores (eixos) utilizados para captar a variabilidade dos dados).

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \lambda_1^2 + d_1 & \lambda_1 \lambda_2 & \lambda_1 \lambda_3 & \lambda_1 \lambda_4 \\ \lambda_2 \lambda_1 & \lambda_2^2 + d_2 & \lambda_2 \lambda_3 & \lambda_2 \lambda_4 \\ \lambda_3 \lambda_1 & \lambda_3 \lambda_2 & \lambda_3^2 + d_3 & \lambda_3 \lambda_4 \\ \lambda_4 \lambda_1 & \lambda_4 \lambda_2 & \lambda_4 \lambda_3 & \lambda_4^2 + d_4 \end{bmatrix}$$

$\lambda$ : desvio padrão da carga do fator. Essa estimativa se altera entre as colheitas, mas não entre progênies na mesma medição;

$d$ : variância do erro entre a variável observável e o fator.

### 3.6.5 Toeplitz (TOEP)

O modelo de correlação banda da Toeplitz pode ser visto como um modelo de séries temporais. Tem variâncias iguais para cada colheita e covariâncias diferentes em ocasiões não adjacentes. Estimam-se  $t$  parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_1 & \sigma_2 & \sigma_3 \\ \sigma_1 & \sigma^2 & \sigma_1 & \sigma_2 \\ \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma^2 & \sigma_1 \\ \sigma_3 & \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma^2 \end{bmatrix}$$

### 3.6.6 Toeplitz com variâncias heterogêneas (TOEPH)

Representa a estrutura Toeplitz com variâncias heterogêneas. Estimam-se  $2t-1$  parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho_1 & \sigma_1\sigma_3\rho_2 & \sigma_1\sigma_4\rho_3 \\ \sigma_2\sigma_1\rho_1 & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho_1 & \sigma_2\sigma_4\rho_2 \\ \sigma_3\sigma_1\rho_2 & \sigma_3\sigma_2\rho_1 & \sigma_3^2 & \sigma_3\sigma_4\rho_1 \\ \sigma_4\sigma_1\rho_3 & \sigma_4\sigma_2\rho_2 & \sigma_4\sigma_3\rho_1 & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

### 3.6.7 Não estruturada (UN)

Permite que os parâmetros de variância e covariância assumam quaisquer valores. É a mais parametrizada, sendo necessária a estimação de  $t(t+1)/2$  parâmetros.

$$C_{ov} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{21} & \sigma_{31} & \sigma_{41} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{32} & \sigma_{42} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 & \sigma_{43} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_4^2 \end{bmatrix}$$

Foi testado também o ajustamento do modelo e as inferências realizadas pelo modelo de parcela subdividida no tempo com transformação para heterogeneidades de variância, como proposto por Resende (2007). Essa correção é feita por um fator que multiplica os dados de cada parcela. Esse fator foi obtido pela relação entre a raiz da herdabilidade na parcela da colheita em

consideração, pela raiz das médias das herdabilidades de todas as colheitas ( $h_i / h_m$ ), e essa análise foi denominada de CS\*.

### 3.7 Estimação dos parâmetros

Para a estimação dos parâmetros foram utilizados os modelos escolhidos anteriormente. Os modelos foram escolhidos em função do menor valor de BIC.

Foram estimados dois parâmetros: a herdabilidade na média das progênies ( $\hat{h}^2$ ), conforme Ramalho et al. (2012) e acurácia na média das progênies ( $\hat{h}$ ), como demonstrado por Resende (2007).

#### Herdabilidade na média de progênies para as modelagens alternativas à CS

$$\hat{h}^2 = \frac{E - BLUP}{(\bar{Y}_{i..} - \bar{Y}_{...})}$$

sendo  $\bar{Y}_{i..}$  a média da progênie i em todas as colheitas e  $\bar{Y}_{...}$  a média geral de todas as colheitas em consideração. Dessa forma, tem-se uma estimativa de herdabilidade para cada progênie das quais foi extraída a média aritmética.

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Apenas o valor fenotípico de um indivíduo pode ser mensurado, porém, é o valor genético que influenciará a próxima geração. O valor da herdabilidade oscila entre zero e um. Se igual a um, o genótipo determina o fenótipo completamente e o ambiente não afeta a sua expressão; se igual a zero, a causa da variabilidade fenotípica observada no caráter em seleção é decorrente do ambiente e não dos efeitos genéticos, não havendo nenhuma

correlação entre o valor genético e o valor fenotípico, inviabilizando a seleção (FALCONER, 1987).

### **Acurácia na média das progênes**

$$\hat{h} = \sqrt{\hat{h}^2}$$

sendo  $\hat{h}^2$ : herdabilidade.

A acurácia refere-se à correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. Quanto maior a acurácia na avaliação, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito deste indivíduo e maior será o ganho com a seleção. Dessa forma, o método ótimo de seleção deve ser aquele que maximiza a acurácia. Esse método é o BLUP, que permite também o uso simultâneo de várias fontes de informação, como aquelas advindas de vários experimentos instalados em um ou vários locais. Para aplicação do BLUP são necessárias estimativas de componentes de variância e de parâmetros genéticos, como as da herdabilidade (RESENDE, 2002).

### **3.8 Ranqueamento**

Foi feito um ranqueamento das progênes utilizando os caracteres produtividade, vigor, porcentagem de frutos chochos, porcentagem de grãos peneira 16 e acima, porcentagem de grãos tipo moca e rendimento. Para tanto, utilizou-se o índice de seleção proposto por Mulamba & Mock (1978) e detalhado por Cruz e Regazzi (1994).

Esse índice consiste em classificar as progênes em relação a cada um dos caracteres em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificadas, são

somadas as ordens de cada progênie referente a cada caráter, resultando em uma média adicional, tomada como índice de seleção.

O ranqueamento das progênies foi base para a escolha de uma progênie superior para cada local estudado.

### **3.9 Correlação de Spearman**

A obtenção das correlações de Spearman foi pelo programa SAS<sup>®</sup>. Esse coeficiente varia entre -1 e 1, em que quanto mais próximo de um for o valor do coeficiente, maior será o grau de associação entre duas variáveis.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise exploratória**

#### **4.1.1 Produtividade**

Na Tabela 3 se encontram as estimativas da média da herdabilidade e da acurácia média das progênes da análise conjunta para a característica produtividade (saca/ha), para os três locais estudados. O modelo que melhor se ajustou aos dados em função do menor valor de BIC foi o antedependência estruturado ANTE para Lavras. Em Campos Altos, o modelo foi a simetria composta com variâncias heterogêneas (CSH) e, em Patrocínio, o modelo escolhido foi TOEPH, modelo Toeplitz com variâncias heterogêneas.

Os valores de herdabilidade foram de 56%, 48% e 45%, em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, respectivamente e são considerados de boa magnitude. Para o cafeeiro, alguns valores de herdabilidade para a produção de grãos encontrados na literatura variam de 37% a 57%, conforme Srinivasan, Vishershwra e Susvamanya (1979); de 71% a 80%, segundo Bonomo et al. (2004); de 61% a 93%, segundo Fazuoli et al. (2000) e de 38,4% a 86,5%, de acordo com Pereira et al. (2013). Para Bourdon (2000), são consideradas pouco herdáveis as estimativas com valores abaixo de 0,20, moderadamente herdáveis estimativas com valores entre 0,20 e 0,40 e altamente herdáveis estimativas com valores superiores a 0,40.

A acurácia mostra o grau de confiabilidade dos resultados na avaliação genética do caráter. Assim, observaram-se valores de acurácia superiores a 70%, valor considerado alto, segundo Resende (2002), que propôs uma classificação deste parâmetro em: alto, para acurácia maior que 0,70; médio, para acurácia

com valores entre 0,40 e 0,70 e baixo, para valores entre 0,10 e 0,40. Nesse sentido, a acurácia para Lavras foi de 75%, considerada alta. Os valores estimados para os ensaios de Campos Altos e Patrocínio ficaram abaixo de 70%, mas muito próximos, sendo de 69% e 67%, respectivamente. Isso indica alta qualidade experimental e, portanto, segurança e eficiência na seleção.

O p-valor observado para as localidades de Campos Altos e Patrocínio apresentou significância a 5%. Lavras, mesmo apresentando significância a 6%, será considerada, levando em conta o valor da acurácia encontrado considerado alto.

Tabela 3 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Produtividade sacas/ha

Local/estrutura	Média (sacas/ha)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (ANTE)	36,50	0,5648 (0,0670)	0,7515
C. Altos conjunta (CSH)	33,61	0,4764 (0,0413)	0,6902
Patrocínio conjunta (TOEPH)	32,02	0,4537 (0,0215)	0,6735

#### 4.1.2 Vigor vegetativo

Na Tabela 4 se observam as estimativas da média da herdabilidade e da acurácia média das progênies da análise conjunta para a característica vigor vegetativo (notas). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o ARH (estrutura autorregressiva com variâncias heterogêneas) na localidade de Lavras. Em Campos Altos, o modelo foi VC (componente da variância) e, em Patrocínio, o modelo escolhido foi TOEP (correlação bandada).

Os valores de herdabilidade encontrados foram de 2%, 31% e 76%, para Lavras, Campos Altos e Patrocínio, respectivamente. Esse baixo valor de

herdabilidade encontrado para vigor vegetativo em Lavras indica a dificuldade de seleção de genótipos a partir desta variável nesse local. Valores baixos também foram encontrados por Pereira et al.(2013), que verificaram que a reação à cercosporiose e o vigor das plantas apresentaram valores muito baixos de herdabilidade.

Observaram-se valores de acurácia para Lavras de 47%, para Campos Altos de 65% e para Patrocínio, de 87%. As acurácias de Lavras e Campos Altos podem ser consideradas médias e a de Patrocínio alta, segundo classificação proposta por Resende (2002). Valores estão próximos aos encontrados por Pereira et al. (2013), que observaram valores de acurácia para vigor vegetativo que variaram de 53% a 89%. Quanto maior a acurácia na avaliação de um genótipo, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito do indivíduo (STURION; RESENDE, 2005).

Foi observada significância a 5%, apenas para a localidade Patrocínio, onde a herdabilidade e a acurácia foram maiores. Nos outros dois locais, Lavras e Campos Altos, não foi observada significância a 5%, juntamente com valores baixos e médios de herdabilidade e acurácia. Não é boa escolha selecionar genótipos superiores para esses locais por meio dessa característica.

Tabela 4 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Vigor (Nota)

Local/estrutura	Média (nota)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (ARH)	6,25	0,0228 (0,1581)	0,4720
C. Altos conjunta (VC)	6,14	0,3135 (0,0941)	0,5599
Patrocínio conjunta (TOEP)	6,17	0,7569 (0,0070)	0,8700



### 4.1.3 Porcentagem de frutos chochos

As medições da porcentagem de frutos chochos foram realizadas durante as quatro primeiras colheitas, ou seja, de 2008 a 2011.

Os modelos que melhor explicam os dados para cada local foram escolhidos pelo menor valor BIC e foram CSH para Lavras e Patrocínio e VC para Campos Altos (Tabela 5).

As herdabilidades das análises conjuntas foram de 57%, em Lavras; de 71%, em Campos Altos e de 62%, para a cidade de Patrocínio. Esses valores de herdabilidade encontrados são de boa magnitude, quando comparados aos de outros experimentos avaliando progênies de *Coffea arabica*. Ferrão et al. (2008) encontraram porcentagem de frutos chochos variando de 49% a 90%. As médias encontradas estão um pouco acima das médias encontradas por outros autores, como Carvalho et al. (2013), que observaram médias em torno de 5,52%, para porcentagem de frutos chochos.

Observou-se significância a 5% para as três localidades estudadas, o que, aliado às altas acurácias, é um bom indicativo de que a característica porcentagem de frutos chochos é muito importante para se selecionar genótipos superiores.

Tabela 5 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Chocho (%)

Local/Estrutura	Média (%)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (CSH)	12,4	0,5737 (0,0118)	0,7574
C. Altos conjunta (VC)	7,3	0,7156 (0,0036)	0,8459
Patrocínio conjunta (CSH)	9,35	0,6285 (0,0262)	0,7927

#### 4.1.4 Peneira 16 e acima

Os modelos que melhor explicaram os dados para cada local foram escolhidos pelo menor valor BIC e foram FA, VC e ANTE para Lavras, Campos Altos e Patrocínio, respectivamente.

Com valores de 41%, 55% e 60%, as herdabilidades de peneira 16 e acima podem ser considerados de boa magnitude. Valores altos de herdabilidade são buscados, já que a herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Esses valores observados indicam que esse caractere é menos influenciado pelo ambiente e pode ser utilizado para a seleção.

Com valores da acurácia de 64%, 74% e 77%, para Lavras, Campos Altos e Patrocínio, respectivamente, se confirma confiança na avaliação e no valor genético predito desta característica nos indivíduos e, com isso, maior será o ganho com a seleção. Apenas na localidade de Lavras não foi observada a significância a 5%, localidade onde a herdabilidade e acurácia foram mais baixas. Em Campos Altos e Patrocínio constatou-se significância a 5%, junto com valores de acurácia alta, essa característica é de suma importância para escolha de uma progênie superior.

Tabela 6 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Peneira 16 e acima (%)

Local/estrutura	Média (%)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (FA)	68,14	0,4102 (0,0750)	0,6404
C. Altos conjunta (VC)	63,07	0,5480 (0,0049)	0,7402
Patrocínio conjunta (ANTE)	53,70	0,5972 (0,0056)	0,7728

#### 4.1.5 Porcentagem de grãos tipo moca

Os modelos das estruturas de covariância escolhidos foram ANTE, para Lavras; VC, para Campos Altos e UM, para Patrocínio.

As herdabilidades apresentaram valores de 51%, em Lavras; 64%, em Campos Altos e 37%, na localidade Patrocínio, valores abaixo dos encontrados por Severino et al. (2002), estudando eficiência de descritores em cafeeiros nos quais os valores observados foram de 78%. Os descritores com alta herdabilidade refletem a menor influência do ambiente, o que aumenta o poder discriminatório dos mesmos. Valores relativamente altos indicam a facilidade de seleção destas importantes características agronômicas num programa de melhoramento (SEVERINO et al., 2002).

As acurácias com valores que variam de 40% a 69% são consideradas médias, sendo o caso de Patrocínio (60%). Acurácias acima de 70% são consideradas altas, valores encontrados em Lavras (71%) e em Campos Altos (80%). Para dois locais, Campos Altos e Patrocínio, a significância a 5% foi observada, mas para Lavras não. Sendo assim, a herdabilidade não pode ser considerada existente nos casos em que esse componente foi não significativo.

Tabela 7 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Porcentagem de grãos tipo moca (%)

Local/estrutura	Média (%)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (ANTE)	9,93	0,5113 (0,1310)	0,7150
C. Altos conjunta (VC)	11,91	0,6383 (0,0568)	0,7989
Patrocínio conjunta (UN)	14,79	0,3684 (0,0171)	0,6070

#### 4.1.6 Rendimento

Os modelos que se ajustaram melhor aos dados de rendimento foram ARH, para Lavras e VC, para Campos Altos e Patrocínio.

Valores de herdabilidade encontrados foram de 60%, em Patrocínio; de 55%, em Lavras e de 47%, em Campos Altos. Carvalho et al. (2012) realizaram uma pesquisa na qual buscaram diversos trabalhos sobre herdabilidade das várias características do cafeeiro, encontrando herdabilidade média de 69%, para a característica rendimento, sendo considerada de boa magnitude. Severino et al. (2002) encontram herdabilidade de 61% em seu trabalho sobre eficiência dos descritores de cafeeiros para a característica rendimento.

As acurácias podem ser consideradas altas, observando os valores encontrados, que foram de 74%, em Lavras; de 69%, em Campos Altos e de 77%, em Patrocínio, e os p-valores que indicam a significância foram baixos, indicando a confiabilidade na escolha dessa característica para a seleção de uma progênie é alta.

Tabela 8 Estimativa da média, da herdabilidade e da acurácia na média das progênies na análise conjunta para as cidades de Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Rendimento (litros)

Local/Estrutura	Média (L)	$h^2$ (p-valor) <sup>1/</sup>	Acurácia
Lavras conjunta (ARH)	436,31	0,5535 (0,0636)	0,7439
C. Altos conjunta (VC)	459,05	0,4722 (0,0538)	0,6871
Patrocínio conjunta (VC)	467,90	0,6006 (0,0184)	0,7750

## **4.2 Ranqueamento e seleção**

Uma opção de índice de seleção de fácil utilização e interpretação é o índice de Mulamba e Mock (1978) que se caracteriza por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias (ATROCH et al., 2010). Este índice, também conhecido por índice da soma de postos, é obtido após o ordenamento dos genótipos quanto ao caráter avaliado no sentido desejado, e posterior somatório das suas classificações.

### **4.2.1 Produtividade**

O ranqueamento das 18 progênie e das duas cultivares utilizadas como testemunhas foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978), levando-se em consideração o caráter relacionado à produtividade (Tabela 9).

As predições E-BLUP dos valores genotípicos das progênie foram somadas à média geral e o valor de E-BLUP foi encontrado. O valor de E-BLUP indica a produtividade média das progênie (Tabela 9).

Verifica-se que, para a característica produtividade, os valores variaram de 33,6 sacas/ha (progênie 9) a 41,4 sacas/ha (genótipo 20 - Obatã IAC 1669-20) e em torno de 40% das progênie apresentaram desempenho superior à média geral na localidade de Lavras. Dado semelhante foi encontrado por Carvalho et al. (2012), que observaram produtividade de 49 sacas/ha, para a cultivar Obatã. Em Campos Altos, a produtividade variou de 27,4 sacas/ha (progênie 3) a 41,4 sacas/ha (progênie 10), tendo 50% das progênie apresentado produtividade superior à média geral de 33,6 sacas/ha. Com a produtividade variando de 26,5 sacas/ha da progênie 4, a 41,4 sacas/ha da progênie 10, em Patrocínio, em torno de 50% das progênie apresentaram produtividades superiores à média geral.

Observa-se que a progênie 10 se destacou em dois locais (Campos Altos e Patrocínio), ficando na primeira posição. Em Lavras, a cultivar Obatã ficou em primeiro lugar no ranking. Com os valores de herdabilidade considerados de boa magnitude encontrados para essa característica e a importância dada a ela pelos melhoristas, a seleção das melhores progênies pode ser realizada a partir da produtividade, sendo este o principal critério de seleção de cafeeiros (OLIVEIRA et al., 2011)

Dias et al. (2005), em trabalho de competição de cultivares resistentes à ferrugem no município de Lavras, sul de Minas Gerais, verificaram superioridade de produtividade para duas cultivares do grupo Catucaí, com destaque para a cultivar Catucaí Amarelo 2SL, com produtividade de 69,9 sacas/ha<sup>-1</sup>, na segunda safra. Essa superioridade não foi observada nas progênies do grupo Catucaí (genótipos de 1 a 8), avaliadas neste trabalho (Tabela 9). Carvalho et al. (2012) observaram desempenho inferior ao da cultivar Catucaí 785/15, em relação às cultivares resistentes à ferrugem avaliadas em seu experimento.

Tabela 9 Ranqueamento individual da produtividade (saca/ha) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
41,7	20*	41,4	10	41,4	10	1
39,5	15	37,8	17	40,7	11	2
39,4	1	36,6	9	38,8	13	3
37,8	19*	36,4	15	38,3	15	4
37,3	10	36,1	13	37,3	12	5
37,3	14	36,0	11	37,2	8	6
37,2	18	35,5	16	36,0	2	7
37,0	2	35,3	20*	35,6	16	8
36,3	13	33,7	14	34,8	9	9
36,2	6	33,6	8	32,8	18	10
35,7	5	33,1	18	31,9	1	11
35,4	11	32,9	19*	31,8	20*	12
35,2	8	32,9	12	31,3	5	13
34,9	16	32,0	7	30,9	3	14
34,9	4	31,1	1	30,8	14	15
34,4	3	30,7	2	30,5	19*	16
34,2	12	30,6	4	29,2	17	17
33,9	17	29,7	5	28,5	7	18
33,8	7	29,6	6	27,8	6	19
33,6	9	27,4	3	26,5	4	20
36,5	Média geral	33,6	Média geral	32,0	Média geral	

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.2.2 Vigor

O ranqueamento das 18 progênies e das duas cultivares utilizadas como testemunha foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978), levando-se em consideração o caractere relacionado ao vigor (Tabela 10).

O vigor vegetativo variou de 5,8 (progênie) da 4, a 6,7 (progênie 17), no ensaio em Lavras, tendo 60% delas ficado acima da média geral. Em Campos Altos, o vigor vegetativo variou de 5,9 (progênie19) a 6,3 (progênie9), com 35% das progênies acima da média geral. Com vigor vegetativo variando de 4,9 (progênie 6) a 7,3 (progênie 12), em Patrocínio, onde em torno de 55% das progênies tiveram média superior à média geral. Não foi observada coincidência da mesma progênie em primeiro lugar nos diferentes locais. Destaque para as progênies 17, 9 e 12, que ficaram na primeira posição do ranking, para Lavras, Campos Altos e Patrocínio, respectivamente. Carvalho et al. (2012) encontraram valores de vigor vegetativo para cultivares do grupo Catucaí, Obatã, Araponga e Paraíso, que variaram de 5,9 a 7,5, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Valores baixos de herdabilidade indicam que houve maior interferência do ambiente na fenotipagem da progênie e a característica vigor vegetativo é muito influenciada pelo ambiente. Isso foi observado nas localidades de Lavras e Campos Altos, onde os valores de herdabilidade média foram baixos (Tabela 4). Elevado vigor vegetativo correlaciona-se positivamente com a adaptação da cultivar ao ambiente, refletindo em plantas com menor depauperamento (SEVERINO et al., 2002).



Tabela 10 Ranqueamento individual de vigor vegetativo (nota) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
6,7	17	6,3	9	7,3	12	1
6,5	18	6,3	10	6,9	17	2
6,5	12	6,2	20*	6,8	15	3
6,4	13	6,2	3	6,8	13	4
6,3	19*	6,2	1	6,7	18	5
6,3	11	6,2	7	6,7	11	6
6,3	7	6,2	8	6,7	14	7
6,3	9	6,1	14	6,4	9	8
6,3	2	6,1	11	6,3	1	9
6,3	1	6,1	12	6,3	10	10
6,3	15	6,1	17	6,2	16	11
6,3	14	6,1	16	6,0	3	12
6,1	16	6,1	13	5,8	8	13
6,1	20*	6,0	4	5,7	2	14
6,1	8	6,0	6	5,7	19*	15
6,0	6	6,0	2	5,5	7	16
5,9	5	6,0	18	5,4	5	17
5,8	3	6,0	15	5,2	20*	18
5,8	10	5,9	5	5,0	4	19
5,8	4	5,9	19*	4,9	6	20
	Média geral		Média geral		Média geral	
6,2		6,1		6,1		

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.2.3 Porcentagem de frutos chochos

O ranqueamento das 18 progênies e das duas cultivares utilizadas como testemunha foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978). Na Tabela 11 se observa o ranqueamento da característica porcentagem de frutos chochos.

Analisando-se a percentagem de frutos chochos (Tabela 11), nota-se ampla variabilidade. Para Lavras, houve variação de 25,1% de frutos chochos da progênie 17, a 6,3% da progênie 11, tendo 40% das progênies apresentado valores superiores à média geral. Em Campos Altos, 70% das progênies ficaram com média superior à média geral, variando de 17,5%, da progênie 3, a 3,2% da progênie 10. Em Patrocínio, a porcentagem de frutos chochos variou de 17,5% (progênie 17) a 5,7% (progênie 10) e apresentou 55% das progênies com média superior à média geral. Verificou-se que alguns genótipos apresentaram maior percentagem de frutos bem granados em relação aos chochos, com amplitude de variação de 90%. Segundo Carvalho et al.(2006a), acima de 90% de frutos bem granados é um percentual considerado satisfatório pelos melhoristas, durante a avaliação e a seleção de cafeeiros em programa de melhoramento, visto que grande parte das cultivares comerciais apresenta tal percentual. As progênies que se destacaram no ranqueamento dessa característica foram a 11, em Lavras e a 10, em Campos Altos e Patrocínio.

Segundo Severino (2000), a ocorrência de sementes chochas também pode ser influenciada por fatores genéticos e morfológicos, tais como a localização do fruto na planta, além da partição de fotoassimilados e por fatores como ataque de pragas e doenças, e estresses térmicos e nutricionais

Tabela 11 Ranqueamento individual da porcentagem de frutos chochos (%) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
6,3	11	3,2	10	5,7	10	1
7,9	10	4,2	14	6,2	11	2
8,8	13	4,4	7	6,7	15	3
8,8	20*	4,7	20*	6,8	13	4
9,6	7	4,9	11	7,0	16	5
10,3	1	5,2	18	7,9	19*	6
10,7	15	5,8	19*	8,0	8	7
11,2	12	6,1	16	8,2	3	8
12,3	16	6,3	9	8,7	1	9
12,5	6	6,7	1	8,8	20*	10
12,6	8	6,7	5	8,9	2	11
12,7	2	6,7	8	9,2	5	12
12,9	3	6,7	13	9,2	14	13
13,1	18	6,7	15	9,3	12	14
13,3	5	7,1	6	9,3	4	15
13,3	19*	7,1	12	9,5	18	16
13,7	4	8,9	17	11,4	7	17
15,3	14	11,9	4	12,8	6	18
17,6	9	15,1	2	14,9	9	19
25,1	17	17,5	3	17,5	17	20
12,4	Média geral	7,3	Média geral	9,3	Média geral	

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.2.4 Peneira 16 e acima

O ranqueamento das 18 progênies e das duas cultivares utilizadas como testemunha foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978). Na Tabela 12 se observa o ranqueamento da característica porcentagem de grãos de peneira 16 e acima.

De forma geral, as porcentagens de grãos classificados em peneira 16 e acima foram elevadas. Em Lavras, a porcentagem variou de 62,4% (progênie 12) a 72,0% (progênie 14). O ensaio de Campos Altos apresentou médias que variaram de 54,8% (progênie 18) a 69,4% (progênie 10) e, em Patrocínio, a variação foi de 44,2% a 61,1%, para as progênies 20 e 5, respectivamente, tendo 55% delas obtido médias superiores à média geral em Lavras e em Patrocínio e 65% em Campos Altos. O município de Lavras apresentou médias mais altas, enquanto em Patrocínio, as menores. Os valores encontrados são normais e semelhantes aos encontrados por outros autores, que observaram porcentagem de grãos peneira 16 e acima variando de 51,0% a 68,7% (CARVALHO et al., 2012) e de 72,21% a 84,30% (CARVALHO et al., 2013).

É importante destacar que os genótipos apresentem alta porcentagem de grãos peneira alta, sendo esta uma característica buscada pelos melhoristas e desejada pelos cafeicultores e consumidores. Valor alto na peneira média pode ser expressão não só de boa característica genética, como também indica que a lavoura cafeeira estava em boas condições de nutrição e sanidade, durante o desenvolvimento do fruto.

Segundo Alves (2008), os frutos de café se expandem até atingir seu tamanho máximo, por volta do mês de dezembro, mantendo em seu interior uma consistência aquosa. Estresse hídrico nessa fase pode prejudicar seu crescimento e o enchimento dos frutos, resultando em percentual de grãos classificados em peneira baixa.

Em Lavras, a progênie 14 foi a melhor. A progênie 10 ficou em primeiro lugar no ranking na cidade de Campos Altos e, em Patrocínio, o destaque foi a progênie 5.

Tabela 12 Ranqueamento individual de peneira 16 e acima (%) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
72,0	14	69,4	10	61,1	5	1
71,9	15	67,9	7	61,0	18	2
71,9	10	67,1	11	60,7	14	3
71,0	6	66,5	6	59,9	13	4
70,4	7	66,3	5	59,7	6	5
69,7	17	65,5	2	58,3	10	6
69,5	8	65,4	3	56,5	16	7
69,2	20*	65,3	14	56,1	7	8
68,7	18	65,2	8	55,8	15	9
68,7	5	65,1	4	55,1	4	10
68,2	9	64,3	15	54,5	17	11
67,8	16	63,5	9	53,6	11	12
67,4	4	63,0	1	51,3	9	13
67,3	13	62,2	16	49,6	3	14
66,8	19*	59,3	17	49,5	8	15
66,8	1	58,8	12	48,6	1	16
65,3	11	58,3	13	46,7	2	17
64,1	2	56,9	19*	46,4	19*	18
63,0	3	56,7	20*	45,5	12	19
62,4	12	54,8	18	44,2	20*	20
68,1	Média geral	63,0	Média geral	53,7	Média geral	

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.2.5 Porcentagem de grãos tipo moca

O ranqueamento das 18 progênies e das duas cultivares utilizadas como testemunhas foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978). Na Tabela 13 se observa o ranqueamento para a característica porcentagem grãos tipo moca.

As menores médias de porcentagem de grãos tipo moca foram observadas no ensaio de Lavras. A progênie 10 obteve valor de 8,4% e a progênie 17, 10,4%. Cerca de 40% das progênies apresentaram médias inferiores à média geral (Tabela 13). Em Campos Altos, a progênie 5 apresentou média de 10,5% e a cultivar 19 (Tupi IAC 1669-33), 15,2%, tendo 70% das progênies apresentado médias menores que a média geral. A progênie com menor porcentagem de grãos tipo moca em Patrocínio foi a progênie 5, com 12,7% e com maior porcentagem, a progênie 1, com 17,9%, tendo 60% das progênies apresentado médias inferiores à média geral.

Sabe-se que Patrocínio se encontra em uma região com temperaturas médias mais elevadas. As médias elevadas de grãos tipo moca observadas nesse ambiente podem ser explicadas pela temperatura elevada por ocasião da florada. Mendes, Medina e Conagin (1954) e Pezzopane et al. (2007) também verificaram alta porcentagem de grãos tipo moca, associada a fatores ambientais adversos, principalmente altas temperaturas, na florada e no início da frutificação.

Apesar de não existir uma exigência para porcentagem máxima de grãos moca como critério para avaliar a qualidade dos grãos, sabe-se que existe cultivares comerciais que apresentam porcentagem de grãos moca que variam de 10% a 20%. No entanto, para o estado de Minas Gerais, há um limite de tolerância de 12% de sementes mocas nos lotes de café, para fins de comercialização (LOBATO; CARVALHO, 1988).

Tabela 13 Ranqueamento individual de grãos tipo moca (%) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
8,4	10	10,5	5	12,7	5	1
9,2	13	10,9	6	13,0	14	2
9,4	15	11,1	12	13,0	11	3
9,6	14	11,2	10	13,1	10	4
9,6	6	11,2	16	13,3	6	5
9,7	8	11,4	4	13,9	20*	6
9,7	11	11,6	17	13,9	4	7
9,7	16	11,6	9	14,0	13	8
10,0	7	11,7	15	14,0	16	9
10,0	4	11,7	1	14,2	15	10
10,1	2	11,7	2	14,5	19*	11
10,3	12	11,7	7	14,6	7	12
10,3	20*	11,8	14	15,2	8	13
10,3	18	11,9	3	15,9	3	14
10,3	1	12,1	8	16,0	18	15
10,3	19*	12,1	11	16,1	17	16
10,4	3	12,8	20*	16,5	9	17
10,4	5	13,0	13	16,6	12	18
10,4	9	13,0	18	17,5	2	19
10,7	17	15,2	19*	17,9	1	20
	Média		Média		Média	
9,9	geral	11,9	geral	14,8	geral	

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.2.6 Rendimento

O ranqueamento das 18 progênies e das duas cultivares utilizadas como testemunhas foi feito de acordo com Mulamba e Mock (1978). Na Tabela 14 estão os resultados para a característica rendimento.

A progênie 15 foi a que apresentou maior rendimento (420,3 litros de café da roça por saca de 60 kg de café beneficiado) no ensaio de Lavras, enquanto a progênie 17 mostrou o menor rendimento (470,6 litros/saca) nesse ambiente. Em Campos Altos, a progênie 5 apresentou maior rendimento com 440,3 litros/saca e a progênies 17, com 493,1 litros/saca, apresentou o menor rendimento observado. No ensaio conduzido em Patrocínio, a progênie 7 se destacou com rendimento de 421,2 litros/saca e a progênie 17, com 522,7 litros/saca. Em Lavras, 30% das progênies tiveram rendimentos superiores à média geral; em Campos Altos, foi de 55% e de 60% em Patrocínio.

Quando se avalia o rendimento médio dos ambientes, nota-se a superioridade dos ensaios instalados em Lavras e Campos Altos, tendo o ensaio de Patrocínio apresentado o menor valor médio, com 467,9 litros/saca, valor esse que implica em uma maior quantidade de “café da roça”, para a formação de uma saca de 60 kg de café beneficiado.

Em experimentos de café, vários trabalhos têm demonstrado a importância de se corrigir a produção bruta (café da roça) para o valor de café beneficiado, que é a produção real (DIAS et al., 2005). Esse fator deve ser levado em consideração como um adicional na seleção de cafeeiros, controladas, entretanto, as influências ambientais que o afetam.

O rendimento de grãos é influenciado, entre outros fatores, pela ocorrência de frutos com lojas desprovidas de grãos (chochos), grãos do tipo moca ou mal formados (GASPARI-PEZZOPANE; MEDINA FILHO; BORDIGNON, 2004). Essas características dos grãos são influenciadas por fatores climáticos e genéticos, sendo alvos de estudo de programas de melhoramento genético do cafeeiro.



Tabela 14 Ranqueamento individual rendimento (litros de café da roça por saca de 60 kg de café beneficiado) de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Lavras		Campos Altos		Patrocínio		Rank
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	
420,3	15	440,3	5	421,2	7	1
420,3	3	445,2	17	438,0	15	2
427,5	10	445,8	14	440,4	5	3
431,1	11	447,9	13	442,4	16	4
431,5	7	451,7	15	443,6	4	5
436,1	6	451,8	6	448,4	3	6
436,8	14	452,3	10	455,3	2	7
437,9	16	452,5	16	456,2	10	8
438,1	2	454,5	12	457,2	8	9
438,3	13	455,6	4	461,9	1	10
441,9	12	457,8	9	464,5	14	11
442,7	20*	459,2	11	467,9	18	12
447,4	18	462,1	7	470,9	11	13
448,3	5	463,8	1	481,7	13	14
450,8	9	465,1	18	485,8	12	15
454,8	8	466,1	8	490,6	20*	16
461,0	19*	467,3	2	495,6	19*	17
462,7	1	468,5	19*	498,7	9	18
470,4	4	480,3	20*	514,9	6	19
470,6	17	493,1	3	522,7	17	20
436,3	Média geral	459,0	Média geral	467,9	Média geral	

\* Cultivares usadas como testemunha

### 4.3 Soma de postos

A escolha do índice de seleção foi com base na facilidade de utilização e interpretação. O índice de Mulamba e Mock (1978) caracteriza-se por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias (ATROCH et al., 2010). Este índice, também conhecido por índice da soma de

postos, é obtido após o ordenamento dos genótipos quanto ao caráter avaliado no sentido desejado, em ordem favorável ao melhoramento e posterior somatório das suas classificações, resultando em uma medida adicional tomada como índice de seleção.

As ordens referentes às características são somadas para cada progênie, obtendo-se a soma de postos. Assim, quanto menor for o valor obtido na soma de postos, melhor é o desempenho da progênie, em relação às várias características avaliadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Quando analisadas separadamente, foram encontradas diferenças entre progênies para os caracteres analisados, o que mostra que as progênies apresentaram desempenho diferente entre os locais, existindo a possibilidade de melhoramento pela seleção de genótipos em todos os locais. Mas, quando foi feita a soma de postos, observou-se a superioridade de uma progênie em relação às outras, e o objetivo do trabalho é exatamente selecionar uma progênie para ser lançada como nova cultivar para ser plantada comercialmente.

Na Tabela 15 mostra-se o ranqueamento segundo a soma de postos para cada localidade estudada. Observou-se que houve uma coincidência no ranqueamento, em que houve a superioridade genética da progênie 10, que foi a melhor colocada em dois locais (Campos Altos e Patrocínio), e a segunda colocada, em Lavras. Isso infere que essa progênie é pouco afetada pelas variações ambientais. A progênie 15 foi a melhor ranqueada em Lavras e a segunda melhor, ranqueada em Patrocínio.

Ao se estudar a interação genótipos x ambientes selecionam-se materiais genéticos com alta estabilidade (seja menos afetado pelas variações ambientais) e ampla adaptabilidade (seja cultivado em vários locais com a mesma performance). Foi o caso da progênie 10, que foi a primeira no ranqueamento, em duas localidades e a segunda na terceira.

A experimentação realizada em vários anos e/ou regiões se faz útil para minimizar os efeitos desta interação, dando maior segurança ao melhorista no momento da seleção. Um genótipo estável, aquele que manifesta pequenas oscilações na sua performance quando cultivado em uma grande amplitude de ambientes, é um quesito de interesse sempre que se seleciona visando o desenvolvimento de novas cultivares.

Tabela 15 Ranqueamento pela soma de postos de 18 progênies e duas cultivares (genótipos) de café arábica, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), com base na média de seis colheitas em ensaios instalados em Lavras, Campos Altos e Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Progênie	Lavras		Campos Altos		Patrocínio	
	Progênie	Soma dos postos	Progênie	Soma dos postos	Progênie	Soma dos postos
15	26	10	16	10	30	
10	33	14	43	15	31	
13	42	9	44	13	37	
11	47	7	50	11	38	
14	48	11	51	16	44	
7	50	16	54	5	47	
6	51	17	54	14	51	
20*	52	5	55	18	60	
18	59	6	61	8	63	
16	64	15	61	3	68	
2	67	1	67	7	72	
1	68	12	67	12	72	
8	68	8	69	1	75	
12	71	13	70	2	75	
19*	73	20*	70	4	76	
3	85	4	75	20*	82	
5	85	2	85	19*	83	
17	85	3	85	9	84	
9	92	18	88	6	86	
4	94	19*	95	17	86	

\* Cultivares usadas como testemunha

#### 4.4 Correlação de Spearman

Os coeficientes de correlação de Spearman entre as características analisadas apresentaram valores positivos e negativos nos três locais avaliados (Tabelas 16, 17 e 18). Freitas et al. (2007), ao estudarem os coeficientes de correlação entre caracteres vegetativos de cafeeiros em formação, também constataram correlações negativas e positivas entre os caracteres estudados. Isso ocorre, possivelmente, devido à pleiotropia ou ao desequilíbrio de ligação entre os genes responsáveis por essas características. Alguns genes podem aumentar o valor fenotípico de duas características, enquanto outros aumentam de uma e reduzem da outra, causando correlação positiva e/ou negativa, respectivamente (FALCONER, 1987).

A correlação entre porcentagem de grãos peneira 16 e acima e porcentagem de grãos tipo moca foi negativa (-0,413, -0,418 e -0,446) e significativa a 5%, em todos os locais avaliados. Correlação negativa já era esperada, já que quanto menos grãos moca, maior o número de grãos peneira 16 e acima. Resultado semelhante foi encontrado por Costa et al. (2013) que, estudando progênies de cafeeiros resistentes à ferrugem, encontraram correlação de -0,329 entre as mesmas características.

A classificação por peneiras é indicada por ser uma característica relacionada aos padrões de qualidade do produto, para que sirva como critério na seleção de genótipos de uma nova cultivar (PAIVA et al., 2010; PEDRO et al., 2011).

A produtividade correlacionou-se positivamente com vigor e apresentou significância a 5%, em Lavras (0,422) e em Patrocínio (0,551). A produtividade com a porcentagem de frutos chochos apresentou correlação negativa em Campos Altos (-0,433) e em Patrocínio (-0,650). Correlações positivas entre o vigor da planta e a produção também foram observadas por Bonono et al.

(2004), Carvalho et al. (1979) e Fazuoli (1977). Costa et al.(2013) encontraram valores de correlação entre produtividade e porcentagem de frutos chochos negativos, em ensaio no qual estudaram o comportamento agrônomo de progênies resistentes à ferrugem.

Observou-se correlação positiva entre porcentagem de grãos moca e rendimento, para Campos Altos e Patrocínio (0,577 e 0,433). Resultado inesperado, já que autores afirmam que grãos do tipo moca são indesejáveis, pois reduzem o rendimento do material e depreciam seu valor comercial (FERREIRA et al., 2005). Grãos moca, malformados, chochos de um ou dois grãos têm a relação grão/casca alterada e, na prática, reduzem o rendimento do café (CARVALHO; ANTUNES FILHO, 1955). Mas, em trabalho realizado por Paiva et al.(2010), foram encontrados valores de porcentagem de grãos moca altos em cultivares com altos valores de renda (%), mostrando que existem outros fatores envolvidos.

Tabela 16 Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênies e duas cultivares de café arábica no município de Lavras, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Características	Vigor	% Chocho	Peneira 16 acima	% Moca	Rendimento
Produtividade	0,422*	-0,050	0,297	-0,151	0,239
Vigor		-0,017	-0,130	-0,025	-0,124
% chochos			0,136	0,363	0,226
Peneira 16 acima				-0,413*	0,123
% moca					0,172

\*Significativo a 5%

Tabela 17 Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênies e duas cultivares de café arábica no município de Campos Altos, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Características	Vigor	% Chocho	Peneira 16 acima	% Moca	Rendimento
Produtividade	0,398	-0,433*	-0,012	-0,072	-0,332
Vigor		-0,287	0,183	0,018	0,248
% chochos			-0,035	-0,296	0,017
Peneira 16 acima				-0,418*	-0,175
% moca					0,577*

\*Significativo a 5%

Tabela 18 Correlação de Spearman entre cinco características avaliadas em 18 progênies e duas cultivares de café arábica no município de Patrocínio, MG. Lavras, 2014. EPAMIG

Características	Vigor	% Chocho	Peneira 16 acima	% Moca	Rendimento
Produtividade	0,551*	-0,650*	0,033	0,082	0,030
Vigor		-0,104	0,245	0,302	0,151
% chochos			0,099	0,339	0,218
Peneira 16 acima				-0,446*	-0,248
% moca					0,433*

\*Significativo a 5%

## **5 CONCLUSÕES**

As progênies 10 (H516-2-1-1-18-1-2) e 15 (H419-3-4-5-2-1-2) apresentam grande potencial para constituírem novas cultivares de café arábica para plantios comerciais.

## REFERÊNCIAS

AGWANDA, C. O. et al. Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of Arabica coffee in multilocal field trials. **Euphytica**, Wageningen, v. 131, n. 1, p. 1-14, 1993.

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, Dec. 1974.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-507, 1964.

ALVARENGA, A. de P. **Produção e outras características de progênies de café Icatu (*Coffea spp*)**. 1991. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

ALVES, J. D. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). **Cultivares de café: origem, característica e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 33-55.

ANDRADE, V. T. **Implicações da modelagem estatística na seleção de progênies de cafeeiro**. 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro, ocorrência de lojas vazias em frutos de café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 13, n. 14, p. 165-179, 1954.

ATROCH, A. L. et al. Avaliação e seleção de progênies de meios-irmãos de guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 53, n. 2, p. 123-130, jul./dez. 2010.



BARTHOLO, G. F.; CHEBABI, M. A. Melhoramento do cafeeiro: recomendação de linhagens das variedades cultivadas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 47-50, jun. 1985.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2010. 390 p.

BERTRAND, B. et al. Performance of *Coffea arabica* F<sub>1</sub> hybrids in agroforestry and full-sun cropping systems in comparison with American pure line cultivars. **Euphytica**, Wageningen, v. 181, n. 1, p. 147-158, 2011.

BONOMO, P. et al. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí amarelo. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 207-219, 2004.

BOURDON, G. E. P. **Understanding animal breeding**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2000. 538 p.

BRITO, G. G. et al. Padrão de herança de fonte de resistência do cafeeiro a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFES DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2005. 1 CD-ROM.

BUENO FILHO, J. S. S.; VENCOVSKY, R. Selection in several environments by BLP an alternative to pooled Anova in crop breeding. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1342-1350, set./out. 2009.

CARDOSO, R. M. L. Prospecção de raças de *Hemileia vastatrix* em germoplasma de café, para seleção de cafeeiros de grupos fisiológicos com elevada resistência à ferrugem. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996. p. 305.

CARVALHO, A.; ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 14, p. 62-81, 1955.

CARVALHO, A. et al. **O melhoramento de plantas no Instituto Agronômico**. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. v. 1, 76 p.

CARVALHO, A. et al. Melhoramento do café XL: estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, p. 202-216, 1979.

CARVALHO, A. et al. Melhoramento do cafeeiro: produtividade e outras características de vários cultivares em Monte Alegre do Sul. **Bragantia**, Campinas, v. 32, n. 13, p. 245-260, 1973.

CARVALHO, A.; KRUG, C. A. Agentes da polinização flor do cafeeiro *Coffea arabica* L. **Bragantia**, Campinas, v. 9, p. 11-24, 1949.

CARVALHO, A. M. et al. Desempenho agronômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 481-487, 2012.

CARVALHO, C. G. P. et al. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, jul. 2002.

CARVALHO, C. H. S. et al. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: \_\_\_\_\_. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 157-226.

CARVALHO, G. R. et al. Avaliação e seleção de progênies resultantes do cruzamento de cultivares de café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 844-852, set./out. 2006a.

CARVALHO, G. R. et al. Comportamento de progênies F<sub>4</sub> de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 33-42, jan./mar. 2013.

CARVALHO, G. R. et al. Seleção de progênies oriundas do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006b.

CARVALHO, M. et al. Comportamento em condições de campo de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) propagados vegetativamente e por sementeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 108-114, jul./dez. 2008.

CILAS, C. et al. Prediction of genetic value for coffee production in *Coffea Arabica* from a half-diallel with lines and hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 181, n. 1, p. 49-59, 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café, safra 2013, terceira estimativa**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 29 out. 2013.

COSTA, J. C. et al. Comportamento agrônomico de progênies e cultivares de cafeeiro com resistência específica à ferrugem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 183-191, abr./jun. 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

DIAS, F. P. **Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de técnicas multivariadas**. 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

DIAS, F. P. et al. Caracterização de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionadas em Minas Gerais: I., caracteres relacionados ao crescimento vegetativo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 73-83, 2005.

EMPRESA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.  
**Araponga MG 1**: cultivares de café resistentes á ferrugem. Belo Horizonte, 2004a. Folder.

EMPRESA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.  
**Catiguá MG 1 e Catiguá MG 2**: cultivares de café resistentes á ferrugem. Belo Horizonte, 2004b. Folder.

EMPRESA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Pau Brasil MG 1**: cultivares de café resistentes á ferrugem. Belo Horizonte, 2004c. Folder.

EMPRESA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS.  
**Sacramento MG 1**: cultivares de café resistentes á ferrugem. Belo Horizonte, 2004d. Folder.

ETIENNE, H. et al. Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, Montpellier, v. 38, p. 129-138, Mar./Apr. 2002.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FAZUOLI, L. C. **Avaliação de progênies de café Mundo Novo (*C. arábica* L.)**. 1977. 146 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1977.

FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, A.; COSTA, W. M. Avaliação de progênies e seleção no cafeeiro Icatu. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 16, p. 179-189, 1984.

FAZUOLI, L. C. et al. Estimação de parâmetros genéticos e fenotípicos em progenies do café Icatu. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DE BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos Expandidos...** Poços de Caldas: Minasplan, 2000. p. 494-499.

FAZUOLI, L. C. et al. Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agronômico de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 163-215.

FERRÃO, R. G. et al. Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 61-69, jan. 2008.

FERREIRA, A. et al. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1189-1195, dez. 2005.

FONTES, J. R. M. et al. Avaliação da resistência a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. Et Br.) em cafeeiros F<sub>1</sub> de RC<sub>1</sub> oriundos do cruzamento Híbrido de Timor x Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 48, n. 280, p. 649-657, nov./dez. 2001.

FREITAS, Z. M. T. S. de et al. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de Coffea. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 29-54, 2004.

GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 282 p.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Noções de processamento pós colheita, secagem e beneficiamento de café. In: \_\_\_\_\_. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 294-300.

LITTELL, R. C. Analysis of unbalanced mixed model data: a case study comparison of ANOVA versus REML/GLS. **Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics**, Alexandria, v. 7, n. 4, p. 427-491, 2002.

LITTELL, R. C. et al. **SAS for mixed models**. 2nd ed. Cary: SAS Institute, 2006. 817 p.

LOBATO, L. C.; CARVALHO, V. M. Normas e padrões para a comercialização de sementes e mudas em Minas Gerais. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 78-81, 1988.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: Fundação PROCAFÉ, 2006. 98 p.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2005. 438 p.

MEDINA, H. P. et al. Coffee breeding and related evolutionary aspects. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. Westport: AVI, 1984. p. 157-194.

MEDINA FILHO, P. H.; BORDIGNON, R.; CARVALHO, C. H. S. Desenvolvimento de novas cultivares de café arábica. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem características e recomendações**. Brasília: EMBRAPA Café, 2008. p. 79-102.

MENDES, A. J. T.; MEDINA, D. M.; CONAGIN, C. H. T. M. Citologia da ocorrência de frutos sem sementes no café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 257-279, 1954.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Genética e melhoramento do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 1998. 99 p.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: \_\_\_\_\_. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 39-99.

MISTRO, J. C. **Estimativas de parâmetros genéticos visando o melhoramento do café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner)**. 2013. 153 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2013.

MRODE, R. A. **Linear models for the prediction of animal breeding values**. Guildford: Biddles, 1996. 184 p.

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**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p. 106-113, June 2011.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agrônômico de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, jan./abr. 2010.

PEDRO, F. C. et al. Comportamento agrônômico de progênies F<sub>4</sub> de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 3, p. 315-322, maio/jun. 2011.

PEREIRA, A. A. et al. Comportamento de progênies resultantes de cruzamentos de Catuaí Amarelo com Híbrido de Tímor, na região de São Sebastião do Paraíso, Sul de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFES DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA; MINASPLAN, 2001. p. 1312-1318.

PEREIRA, A. A. et al. Melhoramento genético do cafeeiro no Estado de Minas Gerais: cultivares lançadas e em fase de obtenção. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 253-295.

PEREIRA, T. B. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas de cultivares do grupo Icatu. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 337-346, jul./set. 2013.

PETEK, M. R. et al. Resistência à bacteriose (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) derivado do cruzamento entre 'IAPAR 59' e *Coffea arabica* Sh<sub>1</sub> x 'CATUAÍ'. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA E CARIBE, 3., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 133-134.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. de. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 133-140, 2008.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana prata anã. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.

PLETCHER, S. D.; GEYER, C. J. The genetic analysis of age-dependent traits: modeling a character process. **Genetics**, Austin, v. 153, n. 2, p. 825-833, Oct. 1999.

RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, B. L.; NUNES, J. A. R. Perspective for the use of quantitative genetics in breeding of autogamous plants. **ISRN Genetics**, Cairo, v. 2013, p. 1-6, 2013.



RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012a. 522 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012b. 305 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIRMMRMAM, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 561 p.

RESENDE, M. D. V. de; 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.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

RESENDE, M. D. V. de et al. Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 185-193, 2001.

RESENDE, M. D. V. de; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética e melhoramento de ovinos**. Curitiba: UFPR, 2001. 185 p.

SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. **The Annals of Statistics**, **Hayward**, v. 6, n. 2, p. 461-464, Mar. 1978.

SERA, T. Coffee genetic breeding at IAPAR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 179-199, 2001.

SERA, T. **Possibilidade de emprego de seleção nas colheitas iniciais de café (*Coffea arabica* L. cv. Acaiaá)**. 1987. 147 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1987.

SERA, T.; ALTEIA, M. Z.; PETEK, M. R. Melhoramento do cafeeiro: variedades melhoradas no estado do Paraná, IAPAR. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 217-251.

SEVERINO, L. S. **Caracterização de progênies de Catimor e a avaliação de descritores em *Coffea arabica* L.** 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

SEVERINO, L. S. et al. Eficiência dos descritores de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na discriminação de linhagens de "Catimor". **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1487-1492, 2002.

SOUZA, M. A. **Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*Triticumaestivum* L.) em doze ambientes de Minas Gerais**. 1985. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.

SRINIVASAN, C. S.; VISHERSHWRA, S.; SUSVAMANYA, H. Genotype enviromental interaction and heritability yeld in *Coffea Arabica* L. **Journal of Coffee Research**, Balehonnur, v. 9, p. 69-73, 1979.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT 9.0**: user's guide. Cary, 2009. Software.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics**: a biometrical approach. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1997. 666 p.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilexparaguarensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 50, p. 37-51, 2005.

VÁRZEA, V. M. P. et al. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 297-320.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

WHITE, T. L.; HODGE, G. R. Best linear prediction of breeding values in a forest tree improvement program. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p. 719-727, 1988.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: doenças de plantas cultivadas. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 165-180.