



RODRIGO ELIAS BATISTA ALMEIDA DIAS

**PRODUTIVIDADE E RESPOSTA DE
PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. A COLHEITA
SEMI-MECANIZADA**

LAVRAS - MG

2016

RODRIGO ELIAS BATISTA ALMEIDA DIAS

**PRODUTIVIDADE E RESPOSTA DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L.
A COLHEITA SEMI-MECANIZADA**

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.

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

Orientador

Prof. Dr. César Elias Botelho

Coorientador

LAVRAS – MG

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).

Dias, Rodrigo Elias Batista Almeida.

Produtividade e resposta de progênies de *Coffea arabica* L. a colheita semi-mecanizada / Rodrigo Elias Batista Almeida Dias – Lavras: UFLA, 2016.

90 p. : il.

Tese (doutorado) –Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: Gladyston Rodrigues Carvalho.

Bibliografia.

1. Mecanização. 2.Cafeeiro. 3. Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

RODRIGO ELIAS BATISTA ALMEIDA DIAS

**PRODUTIVIDADE E RESPOSTA DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L.
A COLHEITA SEMI-MECANIZADA**

**PRODUCTIVITY AND RESPONSE OF *Coffea Arabica* L. PROGENIES
TO SEMI-MECHANIZED HARVEST**

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 15 de setembro de 2016.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes	UFLA
Dr. Régis Pereira Venturim	EPAMIG
Dr. Rodrigo Luz da Cunha	EPAMIG

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

LAVRAS – MG

2016

*A Deus e Nossa Senhora
por sempre guiarem os meus passos*

OFEREÇO

*Aos meus pais Venância e Elias,
aos meus irmãos Rafael e Rafaela,
ao meu amor Ana Cláudia e minha filha Analice,
aos quais serei grato para sempre, pelo apoio, incentivo e amor*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras – UFLA e ao Departamento de Agricultura - DAG, pela realização do curso de pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por conceder a bolsa de estudos, ao CNPq e ao Consórcio Pesquisa Café pelo apoio financeiro para a realização do trabalho.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, pelo apoio para a realização deste trabalho.

Aos pesquisadores Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho e Dr Cesar Elias Botelho, pela orientação e apoio para a realização deste trabalho.

Aos professores do DAG, pelo conhecimento transmitido ao longo do curso.

À EPAMIG, por ceder a área experimental e permitir a realização do trabalho.

Aos pesquisadores, Dr Walter Antônio Adão e Dra Juliana Costa de Rezende, pela oportunidade de crescimento pessoal, pelo incentivo e amizade.

Aos professores, Dr Rubens José Guimarães, Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes e Dr Virgílio Anastácio da Silva.

Aos amigos, João Paulo Barreto Cunha, Vinícius Lemos Teixeira, Tiago Teruel, João Paulo Felicori, Rafael Antônio Almeida Dias, Guilherme Tassone, Fernando Costa Fernandes e João Luiz Washington, pelas contribuições dadas e ajuda.

Ao Núcleo de Estudos em Cafeicultura – NECAF e aos seus membros pelas contribuições dadas e ajuda na realização deste trabalho.

Aos funcionários do DAG, em especial à secretária do programa de pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia Marli.

MUITO OBRIGADO!

*“A felicidade às vezes é uma bênção,
mas geralmente é uma conquista.”*

Paulo Coelho

RESUMO

A utilização de cultivares de *Coffea arabica* L. mais produtivas e com atributos favoráveis à colheita semi-mecanizada é muito importante para a expansão da cafeicultura. Objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de *Coffea arabica* L. visando à semi-mecanização da colheita. O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG e São Sebastião do Paraíso-MG. As colheitas dos anos de 2014 e 2015 foram utilizadas para avaliar os seguintes parâmetros: queda natural dos frutos, produtividade, desfolha, vigor vegetativo, porcentagem de maturação dos frutos, força de desprendimento dos frutos e determinação da eficiência de colheita. Foi avaliada a adaptabilidade e estabilidade das progênies nos anos de 2009 a 2015 e características agronômicas relacionadas ao rendimento: determinação de renda, rendimento e análise de peneira. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas constituídas por 10 plantas. As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do software R® versão 3.2.1 (2015). A progênie F (H 105-01-39 Cova 1) apresentou boa produtividade e alta eficiência de derriça, altos índices de confiança, e características favoráveis para a semi-mecanização, podendo ser utilizada para avanço de geração no programa de melhoramento genético do cafeeiro.

Palavras-chave: Mecanização. Cafeeiro. Melhoramento genético.

ABSTRACT

The use of more productive *Coffea arabica* L. cultivars, with attributes favorable to semi-mechanized harvest, is very important for expanding coffee production. With this work, we aimed at selecting *Coffea arabica* cultivars, aiming for semi-mechanized harvest. The experiment was installed in January of 2007, in the Experimental Fields belonging to EPAMIG, in the municipalities of Machado and São Sebastião do Paraíso, both in Minas Gerais, Brazil. The 2014 and 2015 harvests were used to evaluate the following parameters: natural fall of fruits, productivity, defoliation, plant vigor, percentage of fruit maturation, fruit detachment strength and determination of harvest efficiency. We evaluated adaptability and stability of progenies from the years of 2009 to 2015, as well as the agronomic characteristics related to yield: income determination, yield and sieve analysis. The experimental design used was in randomized blocks, with four replicates and plots constituted of 10 plants. The statistical analyses of the data were conducted by using the R software®, version 3.2.1 (2015). Progeny F (H 105-01-39 Cova 1) presented good productivity and high seed dropping efficiency, high confidence indexes and favorable characteristics for semi-mechanization, allowing the use for generation advancement in the coffee breeding program.

Keywords: Mechanization. Coffee plant. Breeding.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal para as variáveis estudadas no Campo Experimental de Machado.....46
- Figura 2 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal para as variáveis estudadas no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso.....48
- Figura 3 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal – para todas as variáveis estudadas nos dois locais.....49

CAPÍTULO 3

- Figura 1 – Biplot AMMI representando as progênies em 13 ambientes em função do primeiro componente principal e da produtividade de grãos (sacas.ha^{-1}).82

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 – Relação das progênies de *Coffea arabica* L. avaliadas em Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, nos anos de 2014 e 2015.....33
- Tabela 2 – Força de desprendimento dos frutos verdes e cereja, eficiência de derriça e produtividade média em dois Campos Experimentais, Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.....37
- Tabela 3 – Queda natural, desfolha e vigor vegetativo médios nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.....40
- Tabela 4 - Análise de Maturação para porcentagem de frutos verdes, cereja e bóia das progênies avaliadas nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.....42
- Tabela 5 – Porcentagem média de frutos verdes, força de desprendimento média dos frutos verdes e força de desprendimento média dos frutos cereja das progênies avaliadas nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.....43
- Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson (r) entre as variáveis estudadas onde produtividade (PRO), queda natural (QNT), desfolha (DSF), vigor vegetativo (VIG), porcentagem de frutos verdes (VER), porcentagem de frutos cereja (CER), porcentagem de frutos bóia (BOI), eficiência de derriça (EFD),

força de desprendimento fruto cereja (FDC), força de desprendimento fruto verde (FDV).	45
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Relação das progênies de <i>Coffea arabica</i> L. avaliadas em Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.....	65
Tabela 2 – Relação de ambientes utilizando as combinações de anos e locais.	67
Tabela 3 – Produtividade média (sacas.ha ⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 à 2015, no Campo Experimental de Machado–MG.	72
Tabela 4 – Produtividade média (sacas.ha ⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 à 2015, no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso–MG.	73
Tabela 5 – Produtividade média (sacas.ha ⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nas safras 2008/2009 a 2014/2015, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG.	74
Tabela 6 - Peneira 17 acima (%) média de 10 progênies de cafeeiros, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG.....	76
Tabela 7 – Renda (%) e Rendimento (litros/saca) de progênies de cafeeiros, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG para as colheitas de 2014 e 2015.....	78
Tabela 8 - Análise de estabilidade de progênies de cafeeiro em sete safras e dois locais de cultivo quanto à produtividade de grãos (sacas.ha ⁻¹) em diferentes metodologias.....	79

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL	15
1 INTRODUÇÃO	15
2.1 O agronegócio café	17
2.2 A colheita do café	18
2.3 Melhoramento genético do cafeeiro no Brasil	19
2.4 Adaptabilidade e Estabilidade	20
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2 PROGÊNIES DE <i>Coffea arabica</i> L. E A COLHEITA SEMI-MECANIZADA	27
1 INTRODUÇÃO	31
2 MATERIAL E MÉTODOS	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 3 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE PROGÊNIES F₄ DE <i>Coffea arabica</i> L.	57
1 INTRODUÇÃO	61
2 MATERIAL E MÉTODOS	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das atividades mais importantes no agronegócio mundial. Como maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café do mundo, o Brasil ocupa uma posição de destaque neste cenário. O agronegócio café tem importante papel socioeconômico no desenvolvimento do país, pois além de gerar milhões de empregos diretos e indiretos, é responsável por grande parte da geração de divisas por meio da exportação. Minas Gerais é o principal estado produtor, sendo responsável por aproximadamente 50% de todo o café produzido no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016). A adoção de técnicas de manejo direcionadas para a sustentabilidade da cafeicultura tem proporcionado ganhos em produtividade, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento da cafeicultura mineira em todas as regiões produtoras do estado.

Ganhos em produtividade aliados a boas características agronômicas em plantas adaptadas e estáveis têm sido observados ao longo dos anos nas lavouras cafeeiras de Minas Gerais, pela adoção de técnicas de manejo direcionadas para a sustentabilidade da cafeicultura.

Independentemente da região cafeeira, a mão-de-obra tem se tornado menos qualificada e insuficiente. Por esse motivo, nos últimos anos, têm sido introduzidas derriçadoras portáteis, que são máquinas apropriadas para pequenos e médios produtores de café. Comparativamente, a colheita mecanizada realizada com colhedoras automotrizes e a semi-mecanizada realizada por derriçadores portáteis usam o princípio da vibração para derriçar os frutos do cafeeiro. A eficiência de colheita mecânica a partir de derriçadoras portáteis está intimamente ligada a características fisiológicas da planta, como carga pendente e maturação.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de *Coffea arabica* L., visando à semi-mecanização da colheita.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O agronegócio café

O Brasil ocupa posição de destaque no mercado internacional na cafeicultura, com aproximadamente 35% da produção mundial, sendo o maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café do mundo (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2016).

O parque cafeeiro brasileiro (*C. arabica* e *C. canephora*) é composto por cerca de 6,5 bilhões de cafeeiros plantados em aproximadamente 1,9 milhões de hectares, com uma produção estimada de 49,7 milhões de sacas de 60 Kg de café beneficiado, na safra 2015/2016. Essa produção está concentrada basicamente em seis estados: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná, os quais são responsáveis por aproximadamente 98% de toda a produção nacional (CONAB, 2016).

O estado de Minas Gerais detém a maior produção de café do País, colhendo na safra 2015/2016, 28,5 milhões de sacas de café beneficiado, (CONAB, 2016). Distribuída em quatro regiões principais: sul de Minas (sul/sudoeste), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce), Cerrados de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) e Chapadas de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri) (BARBOSA et al., 2009), a área destinada à produção de café no estado compreende 1,0 milhão de hectares e produtividade média de 28,27 sacas/ha, distribuídos em 587 municípios e gera aproximadamente 800 mil empregos temporários e três milhões de empregos diretos e indiretos, sendo este, um dos principais produtos da economia mineira (CARVALHO; PEREIRA, 2009).

2.2 A colheita do café

A colheita do café destaca-se por ser a operação mais complexa e a mais importante, do ponto de vista do cafeicultor, pois é por meio dela que ele tira sua produção do campo e obtém o retorno dos investimentos. Os mecanismos utilizados para a realização das operações e a ordem das mesmas definem os sistemas de colheita, que podem ser: manual, semi-mecanizado, mecanizado e super-mecanizado (SILVA, 2004).

Atualmente, há uma grande expansão da mecanização nos tratos culturais do cafeeiro e em especial nas operações de colheita, tratando-se de um processo fundamental e irreversível que visa, sobretudo, à valorização do homem e à maximização dos resultados das safras (SALES, 2011).

Segundo Silva (2008) com o crescimento das áreas cultivadas com café e a redução da disponibilidade de mão-de-obra, os cafeicultores encontram na fase de colheita suas maiores dificuldades. Isso requer grande expansão da semi-mecanização nessa atividade, principalmente com o desenvolvimento de novas cultivares, equipamentos e máquinas eficientes para a colheita.

É imprescindível que as lavouras sejam adequadas a cada situação, o que se comprova com diversos estudos relacionados às condições que limitam a colheita mecanizada, em diferentes níveis para cada região (CASSIA et al., 2013; SILVA et al., 2013), a necessidade de cultivares com elevada aptidão para a colheita mecanizada e semi-mecanizada vem transformando o processo de colheita, trazendo benefícios técnicos e econômicos a cada safra (SILVA et al., 2015), contribuindo para a renovação das lavouras, com a implantação de novos materiais melhorados para cafeicultura de montanha. O sucesso da colheita mecânica, por meio de derriçadoras portáteis, está intimamente relacionado a características fisiológicas da planta, sendo observado por Silva et al. (2013) que a força de desprendimento juntamente com o estágio de maturação dos frutos

são importantes parâmetros para definição da colheita mecanizada, visando a uma melhor eficiência de colheita.

2.3 Melhoramento genético do cafeeiro no Brasil

A importância do melhoramento genético do cafeeiro vem desde a introdução do café no Brasil, no ano de 1727, em que, mesmo de forma empírica, já contribuía significativamente para o sucesso da atividade. No entanto, foi a partir de 1933, com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, que os ganhos com a seleção começaram a ser mais expressivos, principalmente em relação à produtividade, chegando a um acréscimo de 395% da cultivar Mundo Novo em relação à variedade Typica, introduzida inicialmente (CARVALHO, 1981, 1985).

A partir da década de 70 intensificaram-se as pesquisas em café, motivadas pela ocorrência da ferrugem no Brasil, com a entrada de outras instituições de ensino e pesquisa como a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Fundação PROCAFÉ/MAPA, que deu sequência aos trabalhos do Instituto Brasileiro do Café (IBC), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), que somaram-se ao IAC, num trabalho integrado e cooperativo (PEREIRA et al., 2010), colocando o Brasil em posição de destaque, com maior número de contribuições ao melhoramento genético do cafeeiro.

A maioria das cultivares melhoradas resistentes à ferrugem atualmente em uso tem como fonte de resistência os materiais derivados do Híbrido de Timor ou do Icatu. A cultivar Icatu foi obtida no Instituto Agrônomo de Campinas por meio do cruzamento interespecífico entre *C. arabica* L. cv.

Bourbon Vermelho x *C. canephora* Pierre e retrocruzamentos com a cultivar Mundo Novo. Essa população apresenta-se como boa opção para ser aproveitada em programas de melhoramento por apresentar rusticidade, alto vigor vegetativo, boa produtividade e principalmente, variabilidade para resistência à ferrugem, com características de resistência, tanto vertical como horizontal (ALVARENGA, 1991; FAZUOLI et al., 1983).

O objetivo final de qualquer programa de melhoramento é a obtenção de cultivares que superem com vantagens as pré-existentes. Assim, ter vantagens adicionais só é possível se a nova cultivar reunir, simultaneamente, uma série de fenótipos favoráveis para caracteres de interesse (RAMALHO et al., 2012). Por isso, atualmente, os trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro visam, além de altas produtividades, a outras características desejáveis como cafeeiros com maturação mais uniforme, baixa porcentagem de grãos chochos, qualidade superior de bebida, alta peneira, elevado vigor vegetativo, resistência a pragas e doenças, e características propícias à colheita mecanizada.

2.4 Adaptabilidade e Estabilidade

Uma das etapas mais importantes dos programas de melhoramento de plantas é a avaliação de progênies ou cultivares, visando à identificação e recomendação de genótipos superiores. Testes devem ser feitos em diversas condições climáticas, edáficas e de manejo. Os genótipos devem ter maior produtividade, adaptabilidade e estabilidade em diversos ambientes (SCAPIM et al., 2010).

A alternativa mais utilizada para diminuir o efeito da interação genótipos x ambientes (G x A) é a identificação de genótipos de ampla estabilidade e adaptabilidade, pela qual se torna possível a identificação de genótipos de comportamento previsível e que respondam às variações de ambiente, tornando

o processo de recomendação de cultivares mais seguro (CRUZ; REGAZZI, 2001).

Existem inúmeras definições e interpretações para adaptabilidade e estabilidade, sendo que essas divergências provêm dos diversos conceitos utilizados e de diferentes procedimentos aplicados.

De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), a adaptabilidade e estabilidade não devem ser consideradas como único fenômeno. A capacidade de o indivíduo permanecer vivo, crescer e se reproduzir no local onde é introduzido é determinada pela adaptabilidade; já a estabilidade é a capacidade de um genótipo exibir um desempenho mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental.

Quando um genótipo responde positivamente a um estímulo ambiental de maneira a aumentar sua produtividade, este é considerado adaptado (MARIOTTI et al., 1976). Quando o genótipo tem baixa interação com o ambiente, este é considerado estável (BECKER, 1981). Se tratando de cafeeiros, a estabilidade da produção está relacionada à alta produtividade, em ampla variação de ambientes e capacidade de superar a bienalidade da produção (VOSSEN; VANDER, 1985).

O genótipo ideal tem a capacidade de responder satisfatoriamente em ambientes favoráveis e apresenta alta produtividade associada à alta estabilidade em ambientes desfavoráveis (VERMA; CHAHAL; MURTY, 1978).

De acordo com Medina Filho et al. (1984), a progênie ideal apresenta precocidade de produção responde bem à melhoria de ambiente e não apresenta comportamento insatisfatório em condições desfavoráveis, além de manter a capacidade produtiva ao longo dos anos de cultivo.

Existem várias metodologias para avaliar estabilidade e adaptabilidade de diversos materiais genéticos, surgindo constantemente novas opções com suas vantagens e desvantagens.

O Índice de Confiança, metodologia utilizada para estimar o risco de adoção de determinado genótipo, foi proposta por Annicchiarico (1992). O valor obtido a partir da análise do Índice de Confiança se refere à probabilidade de determinado genótipo ter desempenho inferior ao padrão considerado, sendo assim, genótipos com maiores valores deste índice representam maior garantia de adoção quando comparados a genótipos com menores índices.

Cruz e Carneiro (2003) recomendam a utilização de metodologias que incorporem medidas de estabilidade e adaptabilidade em uma única estatística, como os métodos de Annicchiarico (1992) ou de Lin e Binns (1988). As diferentes respostas dos genótipos às diversas condições do ambiente salientam a importância de estudos dessa natureza que aliam a necessidade de alta produtividade à qualidade das cultivares nos vários ambientes. O estudo da estabilidade de cultivares de cafeeiro é de grande valia, devido à grande diversidade de ambientes na qual é cultivado.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A. de. P. **Produção e outras características de progênies de café Icatu (Coffea spp)**. 1991. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269- 278, Mar. 1992.
- BARBOSA, J. N. et al. Distribuição espacial de cafés do estado de Minas Gerais e sua relação com a qualidade. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: EMBRAPA Café, 2009. 1 CD ROM.
- BECKER, H. C. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. **Euphytica**, Wageningen, v. 30, n. 3, p. 835-840, Jan. 1981.
- CARVALHO, A. Evolução nos cultivares de café. **O Agrônomo**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 7-11, jan./abr. 1985.
- CARVALHO, A. Novas variedades mais produtivas. **Agricultura Hoje**, São Paulo, v. 6, n. 68, p. 32-34, mar. 1981.
- CARVALHO, J. S.; PEREIRA, R. T. G. Implantação de um sistema público de certificação de propriedades cafezeiras: o caso do programa certifica Minas Café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEZEIRAS, 35., 2009, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2009. p. 333-334.
- CASSIA, M. T. et al. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 28-34, dez. 2013.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: safra 2016: segundo levantamento. Brasília: Conab, 2016. 104 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_10_15_13_24_boletim_cafe_-_maio_2016.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa: Editora da UFV, 2001. 390 p.

FAZUOLI, L. C. et al. Avaliação de progênies e seleção no cafeeiro Icatu. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 1, p. 179-189, fev. 1983.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - ICO. **Relatório sobre o mercado de café**: dezembro de 2015. London: Berners Street, 2016. Disponível em: <<http://www.ico.org>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analysing cultivars x location x year experiments: new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 3, p. 425-430, Mar. 1988.

MARIOTTI, J. A. et al. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronomica del Noroeste Argentino**, Tucuman, v. 13, n. 1/4, p. 105-127, Jan. 1976.

MEDINA FILHO, H. P. et al. Coffee breeding related evolutionary aspects. In: JANICK, H. (Ed.). **Plant breeding reviews**: volume 2. Connecticut: Avi, 1984. p. 157-160.

PEREIRA, A. A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica**: do plantio à colheita: volume 1. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 163-222.

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

SALES, R. S. **Avaliação da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derriça do café**. 2011. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SCAPIM, C. A. et al. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, Wageningen, v. 174, n. 2, p. 209-218, July 2010.

SILVA, F. C. da et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2013.

SILVA, F. C. da. **Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada**. 2008. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SILVA, F. C. et al. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56-64, jan./mar. 2015.

SILVA, F. M. Colheita mecanizada e seletiva do café. In: _____. **Cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: Editora da UFLA, 2004. p. 1-75.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416 p.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **The oritical and Apllied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 89-91, Sept. 1978.

VOSSEN, H. A. M.; VANDER, A. G. Coffee Selection and breending. In: CLINFFORD, M. N.; WILSON, K. C. Coffe: **botany biochemisty and of beans and beverage**. Westport: AVI, 1985. p. 48-96.

CAPÍTULO 2 PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. E A COLHEITA SEMI-MECANIZADA

RESUMO

A utilização de cultivares de *Coffea arabica* L. com atributos favoráveis à colheita semi-mecanizada é muito importante para a expansão da cafeicultura. Objetivou-se no presente trabalho selecionar progênies de *Coffea arabica* L., visando à semi-mecanização. O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG e São Sebastião do Paraíso-MG. As colheitas dos anos 2014 e 2015 foram utilizadas para avaliar os seguintes parâmetros: queda natural dos frutos, produtividade, desfolha, vigor vegetativo, porcentagem de maturação dos frutos, força de desprendimento dos frutos e determinação da eficiência de colheita. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas constituídas por 10 plantas. As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio do software R® versão 3.2.1 (2015). A progênie F (H 105-01-39 Cova 1) apresentou boa produtividade e alta eficiência de derrça, características favoráveis para a semi-mecanização, podendo ser utilizada para avanço de geração no programa de melhoramento genético do cafeeiro.

Palavras-chave: Mecanização. Cafeeiro. Melhoramento genético. Produtividade.

ABSTRACT

The use of *Coffea arabica* L. cultivars, with attributes favorable to semi-mechanized harvest, is very important for expanding coffee production. With this work, we aimed at selecting *Coffea arabica* progenies, aiming for semi-mechanized harvest. The experiment was installed in January of 2007, in the Experimental Fields belonging to EPAMIG, in the municipalities of Machado and São Sebastião do Paraíso, both in Minas Gerais, Brazil. The 2014 and 2015 harvests were used to evaluate the following parameters: natural fall of fruits, productivity, defoliation, plant vigor, percentage of fruit maturation, fruit detachment strength and determination of harvest efficiency. The experimental design used was in randomized blocks, with four replicates and plots constituted of 10 plants. The statistical analyses of the data were conducted by using the R software®, version 3.2.1 (2015). Progeny F (H 105-01-39 Cova 1) presented good productivity and high seed dropping efficiency, traits favorable for semi-mechanization, allowing the use for generation advancement in the coffee breeding program.

Keywords: Mechanization. Coffee plant. Breeding. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético do cafeeiro é uma das áreas que mais tem contribuído para o crescimento da cafeicultura brasileira, com foco na obtenção de novas cultivares com boas características agronômicas. Por um longo período, a produtividade foi utilizada como o principal critério de seleção de cultivares de café (CARVALHO et al., 2010), porém outras características como atributos favoráveis à colheita são muito importantes para o desenvolvimento da cafeicultura, principalmente a de montanha, onde se concentra a maioria das propriedades familiares.

Sabe-se que vários são os desafios encontrados na colheita do café como escassez de mão de obra, altos custos de produção, elevado investimento, qualidade do produto atrelada ao preço de venda e principalmente a topografia das propriedades em regiões montanhosas (LANNA; REIS, 2012; OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2015).

Diante desta dificuldade, os produtores estão investindo cada vez mais na mecanização da colheita (CASSIA et al., 2013; SILVA et al., 2010b; SILVA et al., 2013). Na montanha a utilização de derriçadoras portáteis tem sido amplamente utilizada e com alto rendimento, onde uma máquina derriçadora de café realiza o serviço equivalente a quatro trabalhadores (MATIELLO et al., 2007), viabilizando o trabalho de colheita em propriedades familiares, com declividades acentuadas e lavouras adensadas (BARBOSA; SALVADOR; SILVA, 2005; COELHO et al., 2015; SOUZA et al., 2005; SOUZA; QUEIROZ; RAFULL, 2006).

O sucesso da colheita por meio de derriçadoras portáteis está intimamente relacionado a características fisiológicas da planta, conforme observado por Silva et al. (2013) que encontraram na força de desprendimento

juntamente com o estágio de maturação dos frutos, importantes parâmetros para definição da colheita, visando a uma melhor eficiência.

Vários foram os parâmetros estudados e utilizados por diversos autores para cada região (AVELAR, 2013; DIAS et al, 2014; OLIVEIRA et al, 2007; SALES, 2011; SILVA et al., 2010b; SILVA et al., 2013; SILVA et al., 2015) na composição e desenvolvimento dos conceitos relacionados à mecanização da colheita, tornando imprescindível que as lavouras sejam adequadas a cada situação, trazendo benefícios técnicos e econômicos ao cafeicultor (SILVA et al., 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de *Coffea arabica* L., visando à semi-mecanização da colheita.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG, situado em uma região de relevo ondulado, com declividade superior a 20%, altitude de 900m latitude 21° 40' S e longitude 45° 55' W e São Sebastião do Paraíso-MG, situado em uma região de relevo suavemente ondulado, com declividade inferior a 20%, altitude de 890m latitude 20° 55' S e longitude 46° 55' W.

Foram avaliadas nos anos de 2014 e 2015 as 10 progênes F₄ mais produtivas, obtidas no programa de melhoramento genético da EPAMIG, resultantes dos cruzamentos entre cafeeiros do germoplasma Icatu e cultivares comerciais com boas características agronômicas (TABELA 1).

Tabela 1 – Relação das progênes de *Coffea arabica* L. avaliadas em Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, nos anos de 2014 e 2015.

Identificação*	Progênes	Genitores
A	H 141-17-46 Cova 8	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
B	H 141-17-46 Cova 9	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
C	H 141-17-46 Cova 16	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
D	H 141-17-46 Cova 18	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
E	H 108-43-37 Cova 6	Icatu Verm. IAC 4042 x IAC 5002
F	H 105-01-39 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944 x IAC 5002
G	H 105-01-39 Cova 4	Icatu Am. IAC 2944 x IAC 5002
H	H 107-47-02 Cova 1	Icatu Verm. IAC 4040 x IAC 5002
I	H 141-10-10 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
J	H 141-10-10 Cova 12	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62

* Identificação utilizada para as progênes nas avaliações. Am. Amarelo; Verm. Vermelho; Cat. Catuaí

Fonte: Dados do autor (2016)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com espaçamento de 3,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas correspondendo a 4.166 (plantas.ha⁻¹), com 10 plantas por parcela.

Foram avaliadas as seguintes características: queda natural dos frutos, força de desprendimento dos frutos, produtividade, desfolha, vigor vegetativo após a colheita, porcentagem de maturação dos frutos e determinação da eficiência de derriça.

A avaliação da queda natural do café foi realizada por meio do recolhimento de café de chão em cada parcela, seguida de abanação para separação das impurezas e aferição do volume em litros de café (de chão) por planta, conforme metodologia adaptada por Dias et al. (2014), para determinação da queda natural em sacas por hectare.

A avaliação da força de desprendimento dos frutos foi realizada com dinamômetro digital portátil modelo DD-500, em cinco plantas de cada tratamento, realizando a medição em Newtons (N) de dois frutos cereja e um fruto verde no terço superior da planta, um fruto cereja e um fruto verde no terço médio e dois frutos cereja e um verde no terço inferior, de acordo com metodologia adaptada de Silva et al. (2010a).

Na colheita foi medido o volume em litros por parcela, colhido mecanicamente, por duas derriçadoras portáteis modelo FS 85 STIHL com 26cc, operadas por dois derriçadores treinados, um de cada lado da planta. Foi retirada uma amostra de 4 litros dos frutos colhidos, os quais foram secos em redes de polietileno, pesados e beneficiados para posterior conversão da produtividade em sacas de café beneficiadas por hectare (BOTELHO et al., 2010a). Também foram retiradas amostras de 300 ml de cada parcela para determinação da porcentagem de maturação dos frutos, contando-se os frutos no estágio verde, cereja e bóa.

O vigor vegetativo foi avaliado após a colheita, com 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 metodologia adaptada de Botelho et al. (2010b).

Na avaliação da desfolha foi realizada a separação e pesagem em kg de folhas caídas sobre os panos (desfolha), expressando os valores em quilogramas por planta, conforme metodologia utilizada por Sales (2011).

Os frutos remanescentes na planta após a colheita semi-mecanizada foram apanhados por repasse manual, expressando o volume litros de café por parcela, para posterior composição da carga pendente em sacas por hectare.

A determinação da eficiência de derriça foi calculada conforme metodologia proposta por Sales (2011), dada pelo volume total colhido dividido pela carga pendente da parcela (volume total colhido mais o repasse) e multiplicada por cem.

A eficiência de derriça foi calculada pela equação 1.

$$ED(\%) = \frac{VTD}{CP} * 100$$

Em que:

ED – eficiência de derriça, %;

VTD – Volume total derriçado em cada parcela, L.planta⁻¹;

CP – Carga Pendente em L.planta⁻¹;

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas por meio do software R® versão 3.2.1 (2015), ajustando um modelo linear fixo aos dados.

$$y_{ijk} = \mu + p_i + b_{j(k)} + s_k + ps_{ik} + \varepsilon_{ij(k(n))}$$

onde:

y_{ijk} : valor observado da variável resposta referente à i-ésima progênie do j-ésimo bloco dentro da k-ésima safra;

μ : uma constante inerente a todas as observações;
 p_i : efeito da i-ésima progênie, sendo: $i = 1, \dots, 11$;
 $b_{j(k)}$: efeito do j-ésimo bloco, dentro do k-ésimo local, sendo: $j = 1, \dots$
 , 4;
 s_k : efeito do k-ésimo local, sendo: $k = 1, 2$;
 ps_{ik} : efeito da interação entre a i-ésima progênie com o k-ésimo local;
 $\varepsilon_{ij(k(n))}$ e o erro experimental associado à observação y_{ijk} , sendo
 $\varepsilon_{ij(k)} \sim_{ida} N(0, \sigma^2)$.

Para o estudo das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para análise de correlação entre as variáveis, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson (r). Também foi realizada análise multivariada, com base nas características estudadas, para determinar a divergência genética entre os genótipos: análise de componentes principais (PCA). Por meio dela foi possível fazer o agrupamento, utilizando os componentes principais.

Os gráficos foram obtidos de acordo com a dispersão dos escores dos primeiros componentes principais nos eixos, sendo que o primeiro componente é o de maior variância, seguido pelo segundo de maior variância (segundo componente).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo ao nível indicado pelo teste “F” para a força de desprendimento (N) das progênies nos ensaios instalados nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso, e procedeu-se à análise de médias utilizando o teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade (TABELA 2).

Tabela 2 – Força de desprendimento dos frutos verdes e cereja, eficiência de derrça e produtividade média em dois Campos Experimentais, Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Progênie	Força Desp Verde	Força Desp Cereja	Eficiência Derrça		Produtividade	
	(N)	(N)	(%)		(sc.ha ⁻¹)	
	Geral	Geral	Macha do	S.S. Paraíso	Machado	S.S. Paraíso
A	6,1 b	3,1 c	94,1 a	96,0 ns	35,6 b	27,5 c
B	6,9 a	3,6 b	93,3 a	96,4 ns	36,5 b	41,5 b
C	6,3 b	2,9 c	91,7 a	97,6 ns	41,8 a	32,4 c
D	6,6 b	3,7 b	92,5 a	95,7 ns	44,7 a	32,5 c
E	7,4 a	4,2 a	87,1 b	93,9 ns	23,5 c	54,0 a
F	6,2 b	3,9 b	96,2 a	94,8 ns	51,3 a	42,1 b
G	6,3 b	4,3 a	93,0 a	99,1 ns	55,7 a	40,0 b
H	7,0 a	4,2 a	94,7 a	95,8 ns	37,7 a	38,8 b
I	6,5 b	3,1 c	92,6 a	97,9 ns	45,0 a	28,3 c
J	6,3 b	3,6 b	93,2 a	98,2 ns	39,4, b	41,7 b
CV(%)	12,13	12,36	2,65		19,27	

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%, ns – Não significativo.

Fonte: Dados do autor (2016)

Para a Força de Desprendimento (FD) dos frutos verdes as progênies B, E e H seguiram o padrão de força do progenitor Icatu que tende a ter uma maior força de desprendimento, conforme observado por Silva et al. (2010a). Com destaque para as progênies A, C, D, F, G, I e J que apresentaram menor FD média para os frutos verdes nos dois Campos Experimentais.

As progênies A, C e I se destacam para a FD dos frutos cereja, com menor média registrada nos dois Campos Experimentais 3,1, 2,9 e 3,1 respectivamente, apresentando FD dos frutos cereja inferior à cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 da ordem de 3,4 N encontrada por Avelar (2013) em estudo da aptidão de cultivares de café à colheita mecanizada. O segundo grupo formado pelas progênies B, D, F e J apresentaram FD para os frutos cereja de 3,6, 3,7, 3,9 e 3,6, N inferior a FD encontrada por Silva et al. (2010a) que estudando a influência da força de desprendimento na colheita mecanizada para 3 cultivares de café (Catuaí Vermelho IAC 99, Mundo Novo IAC 376/4 e Icatú Amarelo IAC 3282) encontraram FD para os frutos cerejas de 5,4, 5,9 e 6,7 respectivamente.

Segundo Silva et al. (2015), o aumento de eficiência de colheita se dá pelo aumento da vibração das varetas da colhedora e do índice de maturação dos frutos de café, ou seja, a eficiência de colheita ou de derriça podem estar relacionadas à forma de operação da máquina e a características genéticas da planta.

Todas as progênies apresentaram alta eficiência de derriça variando entre 96,2 e 91,7%, no Campo Experimental de Machado, com exceção da progênie E que apresentou eficiência de derriça de 87,1%, diferindo significativamente das demais, estando dentro dos padrões encontrados por Dias et al. (2014) e por Souza, Queiroz e Rafull (2006) que, estudando a colheita mecanizada em cultivares de café com uso do inibidor da biossíntese de etileno, encontraram eficiência de derriça da ordem de 76,62 a 96,95% para colhedora automatizada (Jacto K3). Não foram encontradas diferenças para o ambiente de São Sebastião do Paraíso.

As progênies C, D, F, G, H e I se destacaram para a produtividade no Campo Experimental de Machado com 41,8, 44,7, 51,3, 55,7, 37,7 e 45,0 sc.ha⁻¹ respectivamente, produtividade bem superior à encontrada por Carvalho et al.

(2010) de $15,6 \text{ sc.h}^{-1}$, em trabalho com um dos progenitores utilizados no cruzamento que originou essas progênies.

Em São Sebastião do Paraíso a progênie E apresentou maior produtividade, $54,0 \text{ (sc.ha}^{-1}\text{)}$, diferindo significativamente das demais, seguida pelas progênies B, F, G, H e J, com produtividade média de $41,5$, $42,1$, $40,0$, $38,8$ e $41,7 \text{ (sc.ha}^{-1}\text{)}$ respectivamente, valores esses superiores aos encontrados por Pedro et al. (2011) que estudando progênies F_4 provenientes do cruzamento de “Mundo Novo” com “Catuaí Amarelo”, observou produtividade média de $38,0 \text{ (sc.ha}^{-1}\text{)}$.

A característica “queda natural” que é decorrente de fatores relacionados à maturação e senescência dos frutos, conforme descrito por Brandão (2015) ou fatores externos, tais como vento e chuva causando o rompimento mecânico dos tecidos do pedúnculo, evidenciam que progênies que têm maior queda natural resultam em uma elevada eficiência de derriça.

As progênies A, B, C, D, F, G e I apresentaram queda natural superior às demais progênies no Campo Experimental de Machado, já no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso não foram encontradas diferenças significativas entre elas (TABELA 3).

Tabela 3 – Queda natural, desfolha e vigor vegetativo médios nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Progênes	Queda Natural (sc.ha ⁻¹)		Desfolha (kg.Planta ⁻¹)		Vigor (Nota)	
	Machado	S.S. Paraíso	Machado	S.S. Paraíso	Machado	S.S. Paraíso
A	10,3 a	6,2 ns	0,567 ns	0,273 ns	6,5 b	7,1 ns
B	10,4 a	8,4 ns	0,591 ns	0,309 ns	6,3 b	7,6 ns
C	13,1 a	7,4 ns	0,564 ns	0,239 ns	6,5 b	7,4 ns
D	11,2 a	6,7 ns	0,732 ns	0,309 ns	6,7 b	7,6 ns
E	4,9 b	6,5 ns	0,530 ns	0,403 ns	6,7 b	7,9 ns
F	12,4 a	11,6 ns	0,422 ns	0,239 ns	4,9 c	7,1 ns
G	9,5 a	6,0 ns	0,656 ns	0,185 ns	6,1 b	6,6 ns
H	5,7 b	5,1 ns	0,529 ns	0,357 ns	5,9 c	6,6 ns
I	13,9 a	6,3 ns	0,628 ns	0,312 ns	6,5 b	7,3 ns
J	7,2 b	6,6 ns	0,575 ns	0,292 ns	7,7 a	7,0 ns
CV(%)	31,96		23,6		10,25	

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%, ns – Não significativo.

Fonte: Dados do autor (2016)

A desfolha é um parâmetro estudado por diversos autores em trabalhos com colhedoras automotrizes (AVELAR, 2013; DIAS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2007; SILVA et al., 2009), por estar intimamente ligada à eficiência de derriça e à situação da planta após a colheita, de forma que as cultivares que colhem mais facilmente apresentam menor desfolha, visto que, necessitam de um menor tempo e intensidade de vibração para a colheita dos frutos, contudo não houve diferença significativa para as progênes estudadas nos dois ambientes. Para Avelar (2013), no estudo da aptidão de cultivares de café, a colheita mecanizada encontrou desfolha de 0,190 a 0,530 kg/planta de folhas, resultado bastante semelhante ao encontrado neste estudo.

Na avaliação do vigor vegetativo, valores acima de 5,6 podem ser considerados altos, conforme descrito por Botelho et al. (2010b), destacando-se a progênie J por apresentar média de 7,7 e 7,0 para os ambientes de Machado e São Sebastião do Paraíso, ressaltando o bom desempenho médio das progênes,

que corrobora com os resultados encontrados por Carvalho et al. (2012) encontraram valores de vigor vegetativo para cultivares do grupo Catucaí, Obatã, Araçuaia e Paraíso, que variaram de 5,9 a 7,5,.

Para a porcentagem de frutos verdes pode-se verificar a formação de dois grupos distintos, onde as progênies D, E, G e H obtiveram maior porcentagem média de frutos verdes para os dois ambientes, demonstrando ciclo de maturação tardia e as progênies A, B, C, F, I e J ciclo de maturação precoce. Já para a porcentagem de frutos cereja não houve diferença significativa no Campo Experimental de Machado, apresentando novamente dois grupos distintos no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso, com maior porcentagem de frutos cereja para as progênies B, E, H e J e o segundo grupo formado pelas progênies A, C, D, F, G e I. A determinação do ciclo de maturação se faz importante para o escalonamento da colheita, já que é recomendado que se faça a colheita com a maior porcentagem de frutos cerejas possível visando a uma melhor qualidade do produto final (TABELA 4).

Tabela 4 - Análise de Maturação para porcentagem de frutos verdes, cereja e bóa das progênies avaliadas nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Progênies	Verde (%)		Cereja (%)		Bóa (%)	
	Geral	Machado	S.S. Paraíso	Machado	S.S. Paraíso	
A	4,7 b	26,3 ns	11,7 b	66,7 a	85,7 a	
B	6,5 b	29,0 ns	16,6 a	62,2 a	79,3 a	
C	3,4 b	25,0 ns	8,5 b	69,9 a	89,4 a	
D	15,4 a	32,9 ns	10,6 b	42,2 b	83,5 a	
E	17,1 a	23,4 ns	20,9 a	57,5 b	64,0 b	
F	4,6 b	21,6 ns	5,4 b	72,7 a	91,0 a	
G	11,6 a	29,5 ns	10,2 b	55,7 b	81,5 a	
H	13,6 a	20,9 ns	18,8 a	65,1 a	68,0 b	
I	7,1 b	29,1 ns	10,6 b	61,2 a	84,9 a	
J	6,1 b	34,9 ns	14,5 a	56,1 b	82,2 a	
CV(%)	62,86		33,75		13,98	

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%, ns – Não significativo.

Fonte: Dados do autor (2016)

A porcentagem de frutos bóa variou de 42,2 a 91,0%, formando dois grupos distintos nos dois Campos Experimentais, com as progênies D, E, G e J no Campo Experimental de Machado e as progênies E e H no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso, apresentando menor porcentagem de bóa.

Para a porcentagem geral de frutos verdes, ficou evidente que o Campo Experimental de Machado tem maturação tardia em relação a São Sebastião do Paraíso, por estarem em duas regiões distintas do Sul de Minas. O que corrobora para diferença significativa entre a força de desprendimento dos frutos verdes e força de desprendimento dos frutos cereja, evidenciando melhor eficiência de colheita no ambiente de São Sebastião do Paraíso, por apresentar menor força de desprendimento média para os frutos verde e cereja 6,3 e 3,5 (N) respectivamente (TABELA 5), tal fato dificulta a observação de diferenças significativas relacionadas ao vigor vegetativo e à desfolha, devido à maturação precoce no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso.

Tabela 5 – Porcentagem média de frutos verdes, força de desprendimento média dos frutos verdes e força de desprendimento média dos frutos cereja das progênies avaliadas nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Local	Frutos Verdes (%)	Força de Desp. Verde (N)	Força de Desp. Cereja (N)
Machado	11,8 a	6,9 a	3,9 a
S.S. Paraíso	6,2 b	6,3 b	3,5 b
CV (%)	62,86	12,13	12,36

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

De acordo com a correlação entre as variáveis, pode-se observar forte correlação negativa entre a eficiência de derriça e FD dos frutos verdes e correlação moderada entre eficiência de derriça e vigor vegetativo, onde a menor eficiência de derriça acontece para as progênies com maior FD dos frutos verdes e a maior eficiência de derriça se dá nas progênies com baixo vigor vegetativo, e o mesmo comportamento aparece para a porcentagem de frutos verdes, que quanto menor a porcentagem maior a eficiência de derriça.

Pode-se observar correlação moderada negativa para queda natural e FD dos frutos verdes e cereja, caracterizando que as progênies com maior FD dos frutos apresentam menor queda natural e ainda quanto maior a FD dos frutos cereja, maior a porcentagem de frutos verdes na planta, representada pela correlação moderada positiva entre força de desprendimento dos frutos cereja e porcentagem de frutos verdes.

Segundo Avelar (2013) a relação entre força de desprendimento dos frutos e o ciclo de maturação da planta é um parâmetro importante para o escalonamento da colheita e a relação entre a maturação da planta e a queda natural se dá pela correlação moderada negativa entre porcentagem de frutos verdes e cereja e positiva entre a porcentagem de frutos bóia e a queda natural,

ou seja, quando o ciclo de maturação é precoce, maior é a porcentagem de queda natural, estando diretamente relacionado à força de desprendimento dos frutos.

Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson (r) entre as variáveis estudadas onde produtividade (PRO), queda natural (QNT), desfolha (DSF), vigor vegetativo (VIG), porcentagem de frutos verdes (VER), porcentagem de frutos cereja (CER), porcentagem de frutos bóia (BOI), eficiência de derriça (EFD), força de desprendimento fruto cereja (FDC), força de desprendimento fruto verde (FDV).

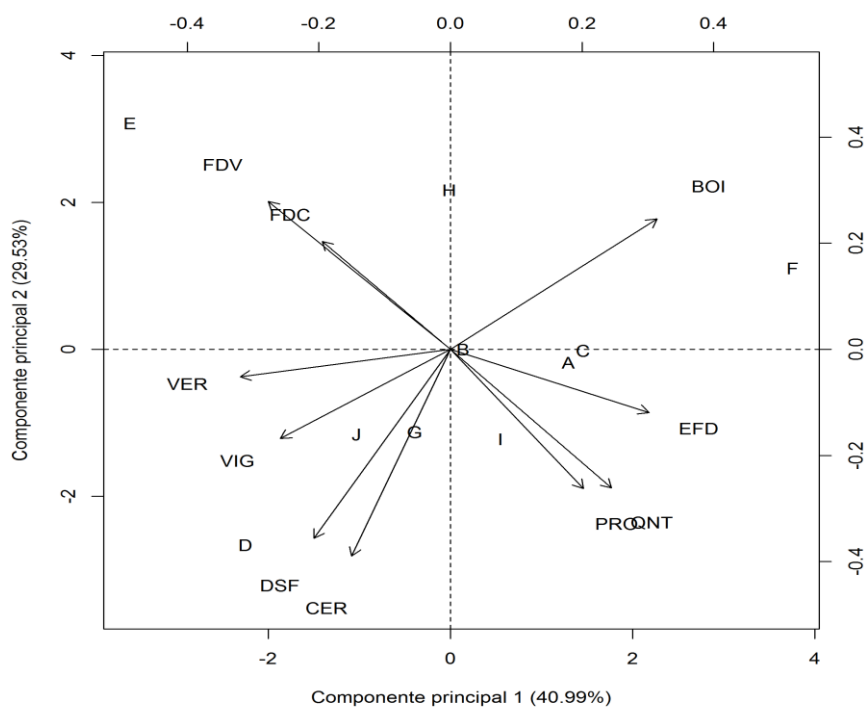
	PRO	QNT	DSF	VIG	VER	CER	BOI	EFD	FDC	FDV
PRO	1	0.178	-0.421	-0.480	0.111	-0.232	0.027	0.254	0.627	-0.098
QNT		1	-0.443	-0.288	-0.648	-0.633	0.759	0.367	-0.544	-0.592
DSF			1	0.647	0.635	0.736	-0.796	-0.383	0.031	0.503
VIG				1	0.171	0.738	-0.465	-0.504	-0.296	0.256
VER					1	0.407	-0.906	-0.584	0.711	0.735
CER						1	-0.755	-0.241	0.175	0.454
BOI							1	0.530	-0.591	-0.737
EFD								1	-0.228	-0.727
FDC									1	0.554
FDV										1

0.9 para mais ou para menos indica uma correlação muito forte; 0.7 a 0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte; 0.5 a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada; 0.3 a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca; 0 a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

Fonte: Dados do autor (2016)

A análise de componente principal (PCA) da Figura 1 descreveu 70,52% da variância total dos dados selecionados com apenas 2 componentes principais, para todos os atributos estudados nas colheitas 2014 e 2015 no Campo Experimental de Machado, com destaque para a progênie F, seguida por um segundo grupo formado pelas progênies A e C, ambas apresentando aptidão à colheita semi-mecanizada, tendo influência no gráfico pela eficiência de derrça e pela porcentagem de frutos bóia.

Figura 1 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal para as variáveis estudadas no Campo Experimental de Machado.



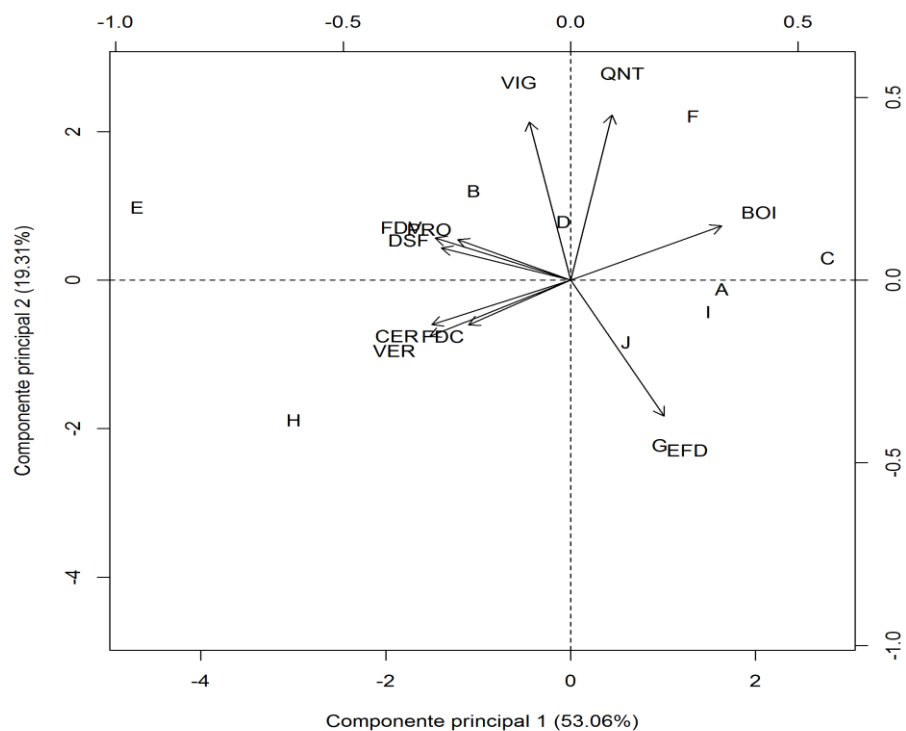
Produtividade (PRO), porcentagem de frutos verdes (VER), porcentagem de frutos cereja (CER), porcentagem de frutos bóia (BOI), eficiência de derrça (EFD), força de desprendimento fruto verde (FDV), força de desprendimento fruto cereja (FDC), Desfolha (DSF), Vigor vegetativo (VIG), Queda natural (QNT).

Fonte: Dados do autor (2016)

A PCA descreveu 72,37% da variância total dos dados selecionados com apenas 2 componentes principais, para todos os atributos estudados nas colheitas 2014 e 2015 para o Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso (FIGURA 2), destacando-se dois grupos distintos, onde o primeiro grupo é formado pela progênie G que apresenta elevada eficiência de derriça, e outro grupo formado pelas progênies A, C e I, com boa eficiência de derriça e elevada porcentagem de frutos bóia, ou seja, um ciclo precoce de maturação. Fica claro que a variável que tem maior influência positiva no resultado é a porcentagem de frutos bóia, pois, as progênies de melhor eficiência de derriça apresentam alterações anatômicas relacionadas à maturação dos frutos, conforme descrito por Brandão (2015) estudando as alterações ultraestruturais e fisiológicas dos frutos de café em diferentes forças de desprendimento.

Pereira et al. (2013) estudando as progênies do grupo Icatu observaram ganhos de seleção para múltiplos caracteres da ordem de 362,5, 208,3 e 160,5% para as progênies H 141-17-46 Cova 8, H 141-17-46 Cova 16 e H 141-17-46 Cova 9, respectivamente. O que corrobora com o trabalho de Cardoso (2014), que estudando as mesmas progênies encontrou como um dos destaques para avanço de seleção a progênie H 141-17-46 Cova 8. O que vem reforçar os resultados encontrados neste estudo, com destaque para a progênie A (H 141-17-46 Cova 8) que aparece nos dois estudos anteriores e no grupo das mais produtivas, também no grupo das progênies com características favoráveis à colheita.

Figura 2 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal para as variáveis estudadas no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso.

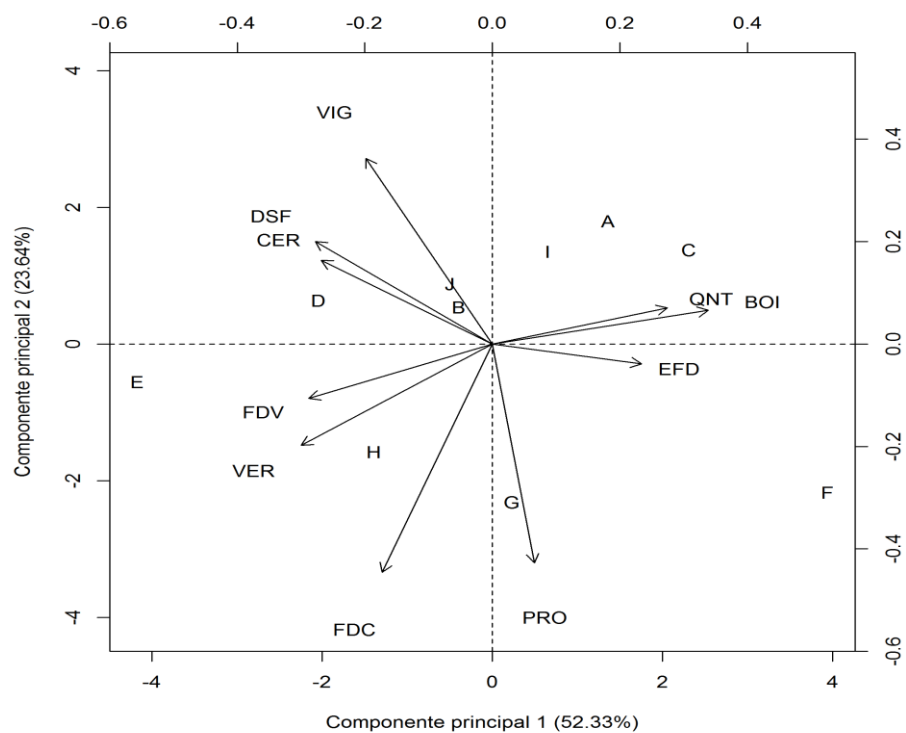


Produtividade (PRO), porcentagem de frutos verdes (VER), porcentagem de frutos cereja (CER), porcentagem de frutos bóia (BOI), eficiência de derriça (EFD), força de desprendimento fruto verde (FDV), força de desprendimento fruto cereja (FDC), Desfolha (DSF), Vigor vegetativo (VIG), Queda natural (QNT).

Fonte: Dados do autor (2016)

A Figura 3 representa a PCA da análise multivariada utilizando todas as variáveis estudadas nas duas safras e Campos Experimentais, descrevendo 75,97% da variância total dos dados selecionados com apenas 2 componentes principais, novamente destacando a progênie F, no gráfico geral dos atributos entre os dois Campos Experimentais, onde os atributos que destacam a progênie são a elevada produtividade e a alta eficiência de derriça.

Figura 3 – Dispersão gráfica do primeiro e segundo componente principal – para todas as variáveis estudadas nos dois locais.



Produtividade (PRO), porcentagem de frutos verdes (VER), porcentagem de frutos cereja (CER), porcentagem de frutos bóia (BOI), eficiência de derriça (EFD), força de desprendimento fruto verde (FDV), força de desprendimento fruto cereja (FDC), Desfolha (DSF), Vigor vegetativo (VIG), Queda natural (QNT).

Fonte: Dados do autor (2016)

4 CONCLUSÕES

- a) A progênie F (H 105-01-39 Cova 1) apresenta alta produtividade aliada a características desejáveis para a colheita semi-mecanizada, podendo ser utilizada para o avanço de gerações no programa de melhoramento.
- b) As progênies A (H 141-17-46 Cova 8), C (H 141-17-46 Cova 16) e I (H 141-10-10 Cova 1) apresentam características desejáveis para a colheita semi-mecanizada, podendo ser utilizada para o avanço de gerações no programa de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- AVELAR, R. C. **Identificação de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) aptas a colheita mecanizada**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derrçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, jan./mar. 2005.
- BOTELHO, C. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, dez. 2010a.
- BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas do cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010b.
- BRANDÃO, I. R. **Caracterizações ultraestruturais e fisiológicas de pedúnculos e frutos de café com diferentes forças de desprendimento**. 2015. 74 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- CARDOSO, D. de A. **Seleção de progênies F4 de cafeeiros com resistência à ferrugem em Machado - MG**. 2014. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CARVALHO, A. M. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 481-487, dez. 2012.
- CARVALHO, G. R. et al. Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. **Ciências e Agrotécologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 838-843, set/out. 2006.

CASSIA, M. T. et al. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 28-34, dez. 2013.

COELHO, A. L. de F. et al. Detachment efficiency of fruits from coffee plants subjected to mechanical vibrations; **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 406-412, out./dez. 2015.

DIAS, R. E. B. A. et al. Eficiência da colheita mecanizada do café com o uso do inibidor de biossíntese de etileno. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 527 - 536, out./dez. 2014.

LANNA, G. B. M. L.; REIS, R. P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, maio/ago. 2012.

MATIELLO, J. B. et al. **Melhorando a colheita do café**. Varginha: MAPA, 2009. 194 p.

OLIVEIRA, E. et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007.

OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 714-721, set./dez. 2007.

PEDRO, F. C. et al. Comportamento agrônomo de progênies F4 de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 315-322, maio/jun. 2011.

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.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

SALES, R. S. **Avaliação da regulação do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derriça do café**. 2011. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SILVA, F. C. da et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2013.

SILVA, F. C. et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiro ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010a.

SILVA, F. C. et al. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56 - 64, jan./mar. 2015.

SILVA, F. M. et al. Effects of manual harvesting on coffee (*Coffea arabica* L.) crop biannuality in Ijaci, Minas Gerais. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010b.

SILVA, F. M. et al. Uso do Ethrel na colheita mecanizada e seletiva do café arábica. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 178-182, jul./dez. 2009.

SOUZA, C. M. A. de et al. Desempenho de derrçadora portátil de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p.791-800, set./out. 2005.

SOUZA, C. M. A. de; QUEIROZ, D. M. de; RAFULL, L. Z. L. Derrçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1637-1642, nov. 2006.

CAPÍTULO 3 ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE FENOTÍPICA DE PROGÊNIES F₄ DE *Coffea arabica* L.

RESUMO

A busca por novos genótipos aliados a boas características agronômicas tem sido o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro no Brasil. No presente trabalho objetivou-se selecionar progênies de *Coffea arabica* L., em relação à adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade, para identificar os genótipos de melhor comportamento frente às variações ambientais. O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG e São Sebastião do Paraíso-MG. Foi avaliada a produtividade das progênies em sacas por hectare de 2009 a 2015 e nas colheitas de 2013, 2014 e 2015, foram avaliadas características agronômicas relacionadas ao rendimento: determinação de renda, rendimento e análise de peneira. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas constituídas por 10 plantas. As progênies 107-47-02 Cova 1 e H 105-01-39 Cova 1 apresentaram melhor comportamento frente às variações ambientais, podendo ser utilizadas para o avanço de gerações no programa de melhoramento.

Palavras-chave: Café. Melhoramento genético. Colheita. Produtividade.

ABSTRACT

The search for new genotypes allied to good agronomic traits has been the main focus of coffee breeding programs in Brazil. With this work, we aimed at selecting *Coffea arabica* progenies, related to phenotypic adaptability and stability, to identify the genotypes with best behavior concerning environmental changes. The experiment was installed in January of 2007, in the Experimental Fields belonging to EPAMIG, in the municipalities of Machado and São Sebastião do Paraíso, both in Minas Gerais, Brazil. Progeny productivity was evaluated in bags per hectare from 2009 to 2015. In the harvests of 2013, 2014 and 2015, we evaluated agronomic traits related to yield: income determination, yield and sieve analysis. The experimental design used was in randomized blocks, with four replicates and plots constituted of 10 plants. Progenies 107-47-02 Cova 1 and H 105-01-39 Cova 1 presented better behavior concerning environmental variations, allowing the use for generation advancement in the coffee breeding program.

Keywords: Coffee. Breeding. Harvest. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

A busca por novos genótipos aliados a boas características agronômicas tem sido o principal foco dos programas de melhoramento do cafeeiro no Brasil (CARVALHO et al., 2010; MARTINEZ et al., 2007). Além da seleção direta baseada em produtividade, outras estratégias vêm sendo utilizadas para maximizar os ganhos com a seleção.

Uma estratégia importante visando ao sucesso na seleção de genótipos superiores é a adaptação do genótipo a diferentes ambientes de cultivo. No Brasil, as regiões cafeeiras são bem distintas, cada uma com características ambientais definidas que influenciam grandemente no comportamento das diferentes cultivares desenvolvidas. Dessa forma, a utilização de cultivares melhoradas e adaptadas às condições ambientais das regiões produtoras exerce grande influência sobre a produtividade de cafeeiros (BARTHOLLO, 2001).

A resposta diferenciada dos genótipos nos diferentes ambientes evidencia o que se conhece como interação genótipo por ambiente, indicando que o comportamento dos genótipos é influenciado pelas condições ambientais (CUCOLOTTO et al., 2007). Embora melhoristas em geral tendam a interpretar essa interação como negativa (por representar uma barreira ao ganho de seleção), Vasconcelos et al. (2010) ressaltam que interações significativas associadas com características ambientais previsíveis representam uma oportunidade de exploração. A adaptação de genótipos a ambientes específicos pode fazer a diferença entre uma boa ou excelente cultivar (CARGNIN et al., 2006).

Para cafeeiros, a estabilidade da produção está relacionada à alta produtividade, em ampla variação de ambientes e capacidade de superar a bienalidade (VOSSSEN; VANDER, 1985). O genótipo ideal tem a capacidade de responder satisfatoriamente em ambientes favoráveis e apresenta produtividade

associada à estabilidade em ambientes desfavoráveis (VERMA; CHAHAL; MURTY, 1978).

Na cultura do café existem várias metodologias utilizadas para avaliar estabilidade e adaptabilidade de diversos materiais genéticos, surgindo constantemente novas opções com suas vantagens e desvantagens.

Nascimento et al. (2010) avaliaram uma metodologia de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de café, baseada em regressão não paramétrica, e demonstraram que é adequada e eficiente, pois extingue os efeitos impróprios induzidos pela presença de pontos extremos e evita recomendação incorreta de genótipos quanto à adaptabilidade.

Corrêa, Mendes e Bartholo (2006) avaliaram a adaptabilidade e estabilidade de progênies de cafeeiro, pelas metodologias Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988), e encontraram coerência de resultados.

O método não paramétrico de Annicchiarico (1992) estima a probabilidade de um genótipo apresentar desempenho superior ao de outros (VASCONCELOS et al., 2010) e é indicado por Silva et al. (2008) por combinar adaptação, adaptabilidade e conceitos de estabilidade em somente um parâmetro, o que facilita a interpretação de resultados.

Este método é baseado no cálculo de um índice de recomendação ou confiança, que mede a probabilidade que o desempenho de um genótipo dado é superior sobre os outros. Assim, é considerada ideal a cultivar que apresentar o menor risco ao ser adotada, isto é, aquela que apresentar o maior índice de confiança (CORREA et al., 2006). Autores como Grunvald et al. (2008) e Condé et al. (2010) recomendam a utilização desta metodologia pela facilidade de interpretação.

Wamatu, Thomas e Piepho (2003) evidenciaram a necessidade de se testar progênies, em várias localidades, para caracterização de seu desempenho, e classificaram, pelo uso de biplots do método AMMI, 21 clones de *Coffea*

arabica L. avaliados em diferentes grupos de similaridade, baseados em seu desempenho e estabilidade fenotípica.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de *Coffea arabica* L., em relação à adaptabilidade e estabilidade fenotípica da produtividade, para identificar os genótipos de melhor comportamento frente às variações ambientais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2007, nos Campos Experimentais da EPAMIG, nos municípios de Machado-MG, situado em uma região de relevo ondulado a uma altitude de 900m latitude 21° 40' S e longitude 45° 55' W e São Sebastião do Paraíso-MG situado em uma região de relevo suavemente ondulado a uma altitude de 890m latitude 20° 55' S e longitude 46° 55' W.

Foi avaliada a produtividade (sc.ha⁻¹) em sete colheitas dos anos 2009 a 2015, em progênies F₄ obtidas no Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro, resultantes dos cruzamentos entre seleções de Icatu e cultivares comerciais (TABELA 1).

Tabela 1 – Relação das progênies de *Coffea arabica* L. avaliadas em Machado e São Sebastião do Paraíso – MG. EPAMIG, 2014 e 2015.

Identificação	Progênies	Genitores
A	H 141-17-46 Cova 8	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
B	H 141-17-46 Cova 9	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
C	H 141-17-46 Cova 16	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
D	H 141-17-46 Cova 18	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
E	H 108-43-37 Cova 6	Icatu Verm. IAC 4042 x IAC 5002
F	H 105-01-39 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944 x IAC 5002
G	H 105-01-39 Cova 4	Icatu Am. IAC 2944 x IAC 5002
H	H 107-47-02 Cova 1	Icatu Verm. IAC 4040 x IAC 5002
I	H 141-10-10 Cova 1	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62
J	H 141-10-10 Cova 12	Icatu Am. IAC 2944 x Cat. Am. IAC 62

Am. Amarelo; Verm. Vermelho; Cat. Catuaí.

Fonte: Dados do autor (2016)

A denominação IAC 5002 refere-se a progênies obtidas pelo IAC resultantes do cruzamento entre Catuaí Amarelo IAC H2077-2-12-70 e Mundo Novo IAC 515-20.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, com espaçamento de 3,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas

correspondendo a 4.166 plantas ha⁻¹, com 10 plantas por parcela, sendo consideradas úteis todas as plantas da parcela. Os tratos culturais e condução do experimento foram feitos de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro, tendo a adubação realizada conforme Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999). O controle de pragas e doenças foi realizado seguindo manejo integrado, o qual foi variável para cada região, acompanhando a sazonalidade da ocorrência das pragas e doenças.

Na colheita foi feita a pesagem do café colhido, retirada uma amostra de quatro litros, os quais foram secos em redes de polietileno, pesados e beneficiados para posterior conversão em sacas de café beneficiada por hectare, com conversão do rendimento (litros de café em cereja por saca beneficiada) e renda (porcentagem de rendimento calculada pelo peso de café em coco (seco)/peso de café beneficiado) conforme metodologia adaptada de Rotondano et al. (2005). Uma amostra de 300 gramas de café beneficiado foi passada pelo conjunto de peneiras (18/64 a 13/64, o material que ficou retido em cada peneira foi pesado determinando-se a porcentagem de cada peneira). No presente trabalho foi utilizado somente o dado da porcentagem de grãos que ficaram retidos nas peneiras 17 acima.

A análise estatística foi realizada após a constatação da homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Hartley. Posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Utilizou-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

Foram feitas análises de estabilidade e adaptabilidade, utilizando os métodos de Annicchiarico (1992), Ecovalência (WRICKE, 1965) e AMMI (GAUCH JÚNIOR; ZOBEL, 1988). Para estas análises foram consideradas como ambiente as combinações de anos com locais.

Tabela 2 – Relação de ambientes utilizando as combinações de anos e locais.

Ambiente	Combinações (Campo Experimental x Ano Safra)
A1	Machado x 2008/2009
A2	Machado x 2009/2010
A3	Machado x 2010/2011
A4	Machado x 2011/2012
A5	Machado x 2012/2013
A6	Machado x 2013/2014
A7	Machado x 2014/2015
A8	São Sebastião do Paraíso x 2008/2009
A9	São Sebastião do Paraíso x 2009/2010
A10	São Sebastião do Paraíso x 2010/2011
A11	São Sebastião do Paraíso x 2011/2012
A12	São Sebastião do Paraíso x 2013/2014
A13	São Sebastião do Paraíso x 2014/2015

Fonte: Dados do autor (2016)

A metodologia de Annicchiarico (1992) propõe a adoção de um índice de confiança que estima o risco da adoção de determinado genótipo. Os procedimentos para os cálculos pelo método proposto dão-se, inicialmente, com a transformação das médias de produtividade de cada progênie em cada ambiente, em porcentagem da média do ambiente. Posteriormente, estima-se a média Y_i (GFD) e o desvio-padrão S_i (GFD) das porcentagens de cada progênie para os ambientes de maneira geral (G), favoráveis (F) e desfavoráveis (D). Em seguida obtêm-se os índices de confiança I_i (GFD) geral (G), favoráveis (F) e desfavoráveis (D) para cada progênie por meio do seguinte estimador:

$$I_i = y_i - Z(1 - \alpha)S_i$$

onde:

I_i é o índice de confiança (%);

y_i é a média da cultivar i em porcentagem;

Z é o valor na distribuição normal estandardizada, em que a função de distribuição acumulada atinge o valor percentual (1 - α);

S_i é o desvio-padrão dos valores percentuais. Quanto maior esse índice, menor o risco de adoção da progênie. Foi utilizado o aplicativo computacional Estabilidade (FERREIRA, 2000).

A metodologia da ecovalência considera a contribuição de cada população para a interação Genótipos X Ambiente (GA) e foi obtida pela estimativa da Ecovalência de Wricke (1965), pela seguinte expressão:

$$W_i^2 = \sum (Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

onde:

W_i^2 : ecovalência;

Y_{ij} : observação referente à população i no ambiente j ;

\bar{Y}_i : média da população i ;

\bar{Y}_j : média do ambiente j ;

$\bar{Y}_{..}$: média geral.

Procedeu-se á comparação da homogeneidade da ecovalência das populações utilizando-se a razão das variâncias, duas a duas, pela expressão:

$$H = \frac{W_i^2}{W_{i'}}$$

Onde:

H : razão entre as variâncias da contribuição para a interação;

W_i^2 : soma de quadrados da contribuição para a interação da população i ;

$W_{i'}^2$: soma de quadrados da contribuição para a interação da população i' .

Também foi realizado o estudo da estabilidade utilizando-se o método Additive Main Effects and Multiplicative Interactions, ou AMMI (GAUCH JÚNIOR; ZOBEL, 1988), no programa Estabilidade (FERREIRA, 2000), adotando-se o modelo:

$$y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{c=1}^m \lambda_c \alpha_{ic} \gamma_{jc} + d_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

onde:

y_{ij} : observação referente à população i no ambiente j ;

μ : média geral;

g_i : efeito da população i , $i = 1, 2, 3, \dots, 10$;

a_j : efeito do ambiente j , $j = 1, 2, 3, \dots, 13$;

λ_c : c ésimo valor singular da interação;

α_{ic} : vetor singular (coluna) relacionado ao genótipo i ;

γ_{jc} : vetor singular (linha) relacionado ao ambiente j ;

c : posto da interação em que $c = 1, 2, \dots, m$, em que $m = p - 1$ ou $m = l - 1$, o que for de menor valor;

d_{ij} : resíduo da interação G x A não explicado pela análise de componentes principais;

\bar{e}_{ij} : erro médio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise em esquema de parcelas subdivididas no tempo permite o estudo das interações progênes x colheitas, e possibilita o estudo do comportamento das progênes ao longo das colheitas.

Nesse trabalho, houve efeito significativo para progênes, locais e para as interações progênes x locais. A significância da interação demonstra que o comportamento das progênes não é coincidente nos ambientes avaliados, revelando a importância de se considerar o local para a recomendação dos materiais genéticos.

Na literatura, é indicada a necessidade de avaliação da produtividade por pelo menos quatro safras consecutivas, ou dois biênios, para se ter sucesso na seleção de uma progênie, visto que se trata de uma cultura perene e a estabilidade de produção é alcançada na quarta colheita (PEDRO et al., 2011). Portanto, o ciclo de avaliação utilizado neste estudo foi suficiente para discriminar, com eficiência, o potencial produtivo das progênes.

Observa-se de maneira geral, no Campo Experimental de Machado, que na maioria dos anos estudados as progênes tiveram boa produtividade (TABELA 3). Destaque para a progênie G por ser a única a se apresentar entre as mais produtivas em todas as safras, com uma produtividade média de 41,8 sacas.ha⁻¹. Dessa forma, o desempenho superior dessa progênie, em relação à produtividade, pode ser explicado pelo bom potencial produtivo dos parentais envolvidos nos cruzamentos. A identificação desses genótipos é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento (GOMES et al., 2007)

O potencial produtivo desses parentais foi relatado por outros autores. Botelho et al. (2010), avaliando cultivares do grupo Catuaí nas regiões produtoras do estado de Minas Gerais, verificaram que a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou-se mais promissora por aliar estabilidade e

adaptabilidade em ambientes favoráveis e desfavoráveis com média alta de produtividade. Da mesma forma, avaliando a resposta de cultivares em cafeeiros de Icatu e Mundo Novo no município de Uberlândia, Melo et al. (2005) observaram que a cultivar Icatu Amarelo IAC 2944 foi altamente produtiva, apresentando a melhor renda entre os cafeeiros estudados.

Dias et al. (2005) avaliaram a produtividade de cultivares de *C. arabica*, selecionadas em Minas Gerais, e obtiveram destaque para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99. No Estado de São Paulo, Martins et al. (1992) analisaram progênies de Catuaí, Caturra e Mundo Novo, em Pindorama, e verificaram que o grupo de progênies de Catuaí Amarelo foi 32,8% mais produtivo que o Mundo Novo.

Tabela 3 – Produtividade média (sacas.ha⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 à 2015, no Campo Experimental de Machado–MG.

Progênies	Produtividade (sc.ha ⁻¹)							Média
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
A	5,5a	33,9ns	26,9ns	14,5b	54,3b	18,0ns	36,4b	27,1b
B	4,5a	29,2ns	22,7ns	22,5b	56,4b	18,9ns	88,1a	34,6b
C	6,2a	39,1ns	27,5ns	14,3b	60,8b	22,4ns	57,4b	32,5b
D	2,2b	21,9ns	26,1ns	18,5b	61,6b	23,1ns	59,5b	30,4b
E	0,5b	33,6ns	16,9ns	37,3a	63,6b	26,0ns	78,8a	36,7a
F	2,9b	36,3ns	22,8ns	34,0a	60,3b	34,5ns	74,5a	37,9a
G	4,7a	29,7ns	25,7ns	43,7a	82,0a	28,5ns	78,0a	41,8a
H	3,3b	27,0ns	21,9ns	31,3a	56,5b	21,0ns	66,9a	32,5b
I	1,8b	41,7ns	15,3ns	24,0b	59,7b	24,8ns	53,7b	31,6b
J	2,1b	48,3ns	21,5ns	31,2a	50,8b	31,9ns	80,3a	38,0a
CV(%)	58,60	33,05	47,51	27,53	19,00	32,31	29,40	13,02

As médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott em nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

Diante da seca ocorrida no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso no ano de 2012, não foi realizada avaliação para produtividade das progênies no ano de 2013 (TABELA 4). Não foi encontrada diferença

significativa nos 3 primeiros anos e na média geral da produtividade das progênies. Nos anos de 2012 e 2015 podemos destacar a progênie E, por apresentar maior produtividade 14,6 e 35,0 (sacas.ha⁻¹) respectivamente.

Tabela 4 – Produtividade média (sacas.ha⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nos anos 2009 à 2015, no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso– MG.

Progênies	Produtividade (sc.ha ⁻¹)						Média
	2009	2010	2011	2012	2014	2015	
A	12,8ns	39,4ns	18,7ns	7,2b	48,5a	20,1b	24,4ns
B	8,8ns	38,5ns	11,2ns	9,5b	48,4a	15,1c	21,9ns
C	10,7ns	27,3ns	6,7ns	8,3b	50,5b	8,9c	18,7ns
D	9,9ns	36,3ns	9,7ns	7,7b	63,9a	13,0c	23,4ns
E	15,3ns	36,2ns	8,3ns	14,6a	16,0b	35,0a	20,9ns
F	12,8ns	33,1ns	7,4ns	7,0b	61,2a	12,5c	22,3ns
G	5,9ns	38,3ns	6,0ns	8,0b	72,3a	5,9c	22,7ns
H	12,2ns	36,6ns	12,4ns	10,0b	54,9a	25,3b	25,3ns
I	10,1ns	30,3ns	6,2ns	7,6b	62,4a	10,1c	21,1ns
J	10,5ns	31,2ns	9,2ns	7,4b	36,2b	12,2c	17,8ns
CV(%)	41,26	25,40	59,93	30,31	29,65	46,57	15,09

As médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott em nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

A produtividade média das progênies alterou-se em relação aos locais avaliados. Os resultados evidenciam a necessidade de se avaliar o comportamento regional das progênies, pois a interação genótipos por ambientes (GA) é expressiva.

Correa, Mendes e Bartholo (2006), após avaliação de oito colheitas de 11 progênies de Icatu em Machado e São Sebastião do Paraíso, obtiveram produtividade média variando de 47,7 a 59,3 sacas.ha⁻¹. Os autores destacaram no trabalho capacidade produtiva de cultivares do grupo Icatu, o que evidencia sua importância para os programas de melhoramento genético, tanto pela resistência à ferrugem do cafeeiro quanto pelas altas produtividades.

Moura et al. (2001) trabalharam com diferentes populações de café, em Patrocínio – MG, após três colheitas consecutivas constataram produção média de 38,88 sacas.ha⁻¹ para a cultivar Icatu Amarelo IAC 2944.

Para a produtividade média no Campo Experimental de Machado, observa-se a formação de dois grupos de progênies, com destaque para as progênies E, F, G e J, que apresentaram produtividades variando de 36,7 a 41,8 sc.ha⁻¹ (TABELA 5). Já no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso não houve efeito significativo na produtividade média das progênies, indicando um potencial produtivo similar entre as progênies neste local.

Tabela 5 – Produtividade média (sacas.ha⁻¹) de 10 progênies de cafeeiros, nas safras 2008/2009 a 2014/2015, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG.

Progênies	Produtividade Média (sc.ha ⁻¹)		
	Machado	S. S. Paraiso	Geral
A	27,1 b	24,4 a	25,9 b
B	34,6 b	21,9 a	28,7 a
C	32,5 b	18,7 a	26,3 b
D	30,4 b	23,4 a	27,2 b
E	36,7 a	20,9 a	29,4 a
F	37,9 a	22,3 a	30,7 a
G	41,8 a	22,7 a	32,9 a
H	32,5 b	25,3 a	29,2 a
I	31,6 b	21,1 a	27,0 b
J	38,0 a	17,8 a	28,8 a
CV(%)	13,02	15,09	8,75

As médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott em nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

A baixa produtividade média geral (TABELA 5) pode ser explicada pelo fato de se ter avaliado a primeira colheita das lavouras, conforme constatado por Carvalho, Chalfoun e Cunha (2010) em estudo da produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, e também, pela seca de 2014 que

influenciou a produtividade na colheita 2015, principalmente no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso.

A classificação por peneiras é recomendada, por se tratar de uma característica agrônômica correlacionada com obtenção de bebidas de qualidade superior (PAIVA et al., 2010; PEDRO et al., 2011), e também, com melhor qualidade fisiológica (GIOMO; NAKAGAWA; GALLO, 2008).

Em programas de melhoramento genético de cafeeiro busca-se um genótipo cujo desempenho abranja, além de outras características, elevada capacidade produtiva e aumento no tamanho dos grãos (FERREIRA et al., 2005). Quando se avalia porcentagem média de grãos com peneira 17 e acima nota-se diferença significativa entre as progênes avaliadas (TABELA 6). O potencial das progênes provenientes do cruzamento entre os grupos de cultivares Catuaí e Icatu, para produzir progênes com maiores porcentagens de grãos retidos nas peneiras 17 e acima, deve-se ao fato de as cultivares utilizadas como genitores apresentarem elevada capacidade de produzir grãos de peneiras superiores, conforme verificado por Botelho et al. (2010) e Dias et al. (2005) .

Tabela 6 - Peneira 17 acima (%) média de 10 progênies de cafeeiros, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG.

Progênies	Peneira 17 acima (%)		
	Machado	S. S. Paraíso	Geral
A	27,3 a	24,0 a	25,7 a
B	29,9 a	26,3 a	28,1 a
C	23,7 b	23,2 a	23,5 b
D	34,4 a	24,5 a	29,5 a
E	24,7 b	14,4 b	19,6 b
F	30,3 a	23,5 a	26,9 a
G	21,7 b	19,4 b	20,6 b
H	22,3 b	23,5 a	22,9 b
I	18,6 b	20,1 b	19,3 b
J	21,3 b	14,0 b	17,7 b
CV(%)	18,89	17,35	13,44

As médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott em nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

Para a classificação por peneiras, verifica-se a formação de dois grupos pelo teste de médias, nos dois locais de cultivo, demonstrando a variabilidade encontrada para essa característica.

Em Machado destaque deve ser dado às progênies A, B, D e F que obtiveram maior percentual de peneira 17 acima. Já no Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso destaque para as progênies A, B, C, D, F e H que obtiveram os maiores índices de peneira alta com valores variando na faixa de 23,2 a 26,3%.

Pereira et al. (2013) estudaram o comportamento de progênies derivadas de Icatu e Catuaí e relataram que a classificação por peneiras foi a característica que obteve maior variância genética, comprovado pela grande variação genotípica.

Segundo Laviola et al. (2006) cultivares de Icatu apresentam maior porcentagem de grãos retidos em peneira “17 e acima” em relação às cultivares Catuaí e Rubi utilizadas como testemunhas.

Segundo Chaves, Androcioli Filho e Fantin (2007), a cultivar Icatu Precoce apresenta menor potencial de produção de grãos com peneira 17 e acima quando comparada com as cultivares Mundo Novo e Catuaí Amarelo.

Giomo, Nakagawa e Gallo (2008) verificaram que as sementes da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, de maior tamanho ou maior densidade, são de qualidade fisiológica superior à das sementes de menor tamanho ou menor densidade.

No presente trabalho ficaram estabelecidos três grupos distintos em relação à renda no Campo Experimental de Machado, onde as progênies A, C e I, obtiveram renda da ordem de 50,8%, 52,3% e 50,3%, respectivamente, sendo superiores às demais e a progênie G com menor renda 38,5%, diferindo significativamente do segundo grupo (TABELA 7).

Para o Campo Experimental de São Sebastião do Paraíso não foram detectadas diferenças significativas para a renda. Para a média geral de renda apenas a progênie G foi inferior às demais com renda de 39,3%.

Tabela 7 – Renda (%) e Rendimento (litros/saca) de progênies de cafeeiros, nos Campos Experimentais de Machado e São Sebastião do Paraíso–MG para as colheitas de 2014 e 2015.

Progênies	Renda (%)			Rendimento (litros/saca)		
	Machado	S. S. Paraíso	Geral	Machado	S. S. Paraíso	Geral
A	50,8 a	51,7 a	51,3 a	367,2 a	395,6 a	381,4 a
B	47,8 b	53,7 a	50,8 a	418,5 a	483,9 a	451,2 a
C	52,3 a	50,3 a	51,3 a	369,7 a	425,4 a	397,6 a
D	47,7 b	47,9 a	47,9 a	481,5 a	480,2 a	480,9 a
E	48,8 b	50,2 a	49,5 a	423,6 a	455,3 a	439,5 a
F	48,6 b	46,7 a	47,6 a	415,8 a	483,1 a	449,5 a
G	38,5 c	40,3 a	39,3 b	676,5 b	841,3 b	758,9 b
H	48,9 b	51,3 a	50,1 a	389,7 a	427,6 a	408,7 a
I	50,3 a	48,6 a	49,5 a	409,7 a	480,4 a	445,1 a
J	49,1 b	43,8 a	46,5 a	410,9 a	723,4 b	567,2 a
CV(%)	3,43	10,53	5,49	10,80	36,87	19,56

As médias seguidas da mesma letra na coluna não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Skott-Knott em nível de significância de 5%.

Fonte: Dados do autor (2016)

Para a variável rendimento o resultado foi semelhante nos Campos Experimentais de Machado, São Sebastião do Paraíso e para a média geral, onde a progênie G foi a única que diferiu significativamente das demais na média geral, necessitando de 758,9 litros de café da roça para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado. Resultado bastante inferior ao de Rotondano et al. (2005) que encontrou uma média de 401,8 litros de café da roça para uma saca de 60 kg de café beneficiado, estudando diferentes lâminas de irrigação em Uberlândia.

A divergência entre os grupos formados em cada local justifica o estudo da estabilidade e adaptabilidade pela metodologia de Annichiarico (1992), a qual estima a probabilidade de certa progênie apresentar desempenho abaixo da média do ambiente. O índice de confiança (I_i) demonstra o desempenho da progênie em relação à média do ambiente e é interferido por duas variáveis distintas, uma relacionada à produtividade e outra relativa à estabilidade, ou seja, o desvio padrão. No presente trabalho, algumas progênies, tais como H

(73,35%) e F (71,61%), destacaram-se por apresentar maiores valores do índice de confiança (TABELA 8). Essas progênies mostram-se promissoras porque além da maior estabilidade nos ambientes estudados, ficaram entre as mais produtivas na média dos ambientes. Esses resultados evidenciam a importância e a necessidade de pesquisas sobre a adaptabilidade e estabilidade.

Tabela 8 - Análise de estabilidade de progênies de cafeeiro em sete safras e dois locais de cultivo quanto à produtividade de grãos (sacas.ha⁻¹) em diferentes metodologias.

Identificação	Progênies	Annicchiarico (1992)		Wricke (1965)	
		I (i)	Desvio Padrão %	Wi	Wi %
A	H 141-17-46 Cova 8	38,79	41,33	5087,61	16,84
B	H 141-17-46 Cova 9	69,04	19,56	2242,99	7,42
C	H 141-17-46 Cova 16	39,33	34,62	1464,88	4,85
D	H 141-17-46 Cova 18	61,48	18,17	1781,28	5,89
E	H 108-43-37 Cova 6	19,75	53,63	7833,03	25,92
F	H 105-01-39 Cova 1	71,61	18,98	1018,91	3,37
G	H 105-01-39 Cova 4	44,08	35,43	4935,55	16,33
H	H 107-47-02 Cova 1	73,35	20,70	848,12	2,81
I	H 141-10-10 Cova 1	52,57	20,80	1819,01	6,02
J	H 141-10-10 Cova 12	59,13	23,02	3184,25	10,53

Índice de confiança I(i), Desvio padrão (%), Ecovalência (Wi%)

Fonte: Dados do autor (2016)

Carvalho et al. (2008) estudaram adaptabilidade e estabilidade de progênies oriundas de cruzamentos de Catuaí com Mundo Novo e constataram diferença no índice de confiança de até 54,37%, entre elas.

Segundo Polizel et al. (2013), com o método de Annicchiarico (1992) estima-se o risco (em probabilidade) em adotar determinado genótipo. O método da ecovalência (Wi) afirma que o genótipo mais estável é aquele que apresenta ecovalência de mais baixa magnitude em relação aos demais.

A ecovalência (WRICKE, 1965) possibilita estimar a estabilidade no sentido agrônomo, isto é, a progênie é estável se sua resposta ao ambiente é paralela ao desempenho médio nos diferentes experimentos. Contudo, esse comportamento pode ser acima ou abaixo da média.

Comparando-se a ecovalência com a produtividade, destacam-se as progênies H e F que obtiveram as menores estimativas da ecovalência $Wi\% = 2,81$ e $3,37$ respectivamente, consideradas as mais estáveis (TABELA 8). Esses genótipos também estão no grupo dos mais produtivos na média geral como já observado na Tabela 4. Destaca-se, também, a progênie E, considerada a menos estável ($Wi\% = 25,92$), no entanto, também compõe o grupo de maior produtividade na média geral (TABELAS 7 e 4).

A ecovalência determinou a contribuição de cada genótipo para a soma de quadrados da interação GA, definida por estabilidade. De acordo com os resultados não se observa uma correlação direta entre a ecovalência e produtividade, visto que genótipos com altas produtividades apresentaram ecovalência alta e outros ecovalência baixa. Esse resultado concorda com outros trabalhos, inclusive aplicada em outras culturas, como em estudos de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja realizados por Oliveira et al. (2004) e Prado et al. (2001).

Correia (2008), estudando a adaptabilidade e estabilidade de vários genótipos de soja, indica que a seleção para a melhor estabilidade pode resultar em baixas médias de performance produtiva, enquanto seleção para altas médias de produtividade pode levar à baixa estabilidade.

As variações edafoclimáticas dos locais e climáticas dos biênios utilizados para formação dos ambientes podem ter influenciado nas diferenças de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados (CARVALHO et al., 2008; GICHIMU; OMONDI, 2010).

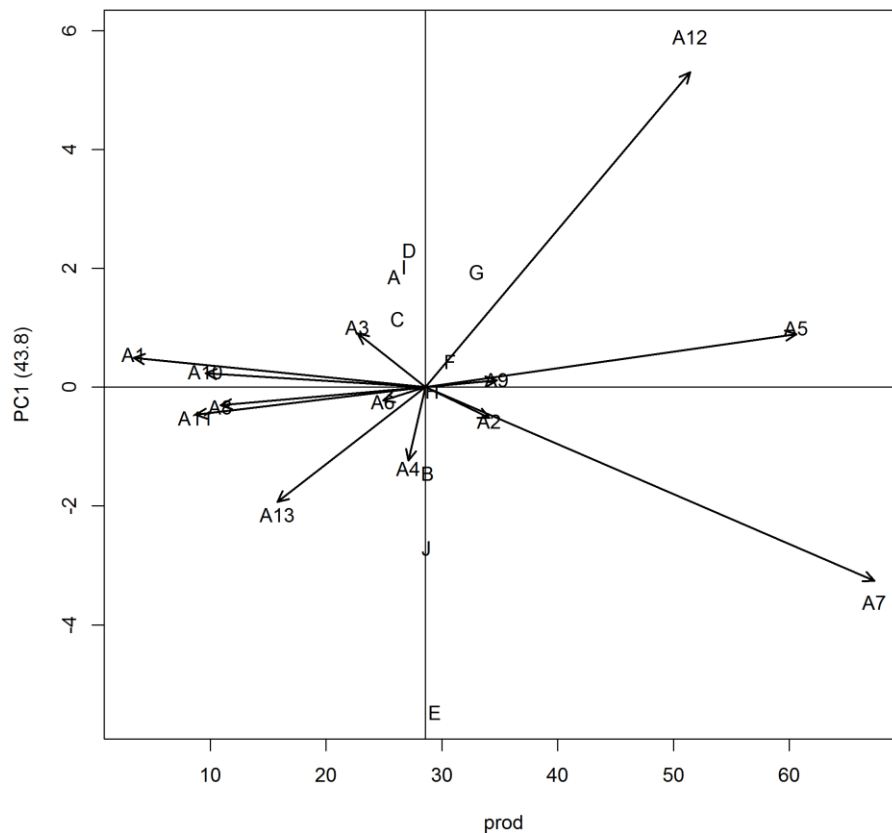
Conforme descrito por Polizel et al. (2013), vários métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica, sendo que a diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação GA. Ainda segundo o autor, destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação GA (PLAISTED; PETERSON, 1959; WRICKE, 1965) e métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise de AMMI, sugerido por Gauch Júnior e Zobel (1996).

Corrêa, Mendes e Bartholo (2006) avaliou a adaptabilidade e estabilidade de progênies de

cafeeiro utilizando as seguintes metodologias: Annicchiarico (1992), Eberhart e Russel (1966), Lin e Binns (1988) e AMMI, proposta por Oliveira, Duarte e Pinheiro (2003) e encontrou coerência de resultados entre essas metodologias.

Comparando-se a estimativa de risco de Annicchiarico (1992) à ecovalência com a análise de componente principal, destaca-se o genótipo H 107-47-02 Cova 1 (H) e H 105-01-39 (F) no biplot (FIGURA 1) do primeiro eixo da análise de componentes principais da interação (PC1), levando-se em consideração os escores baixos (próximos de zero), característicos de genótipos e ambientes que contribuem pouco para interação, caracterizando-se como estáveis.

Figura 1 – Biplot AMMI representando as progênes em 13 ambientes em função do primeiro componente principal e da produtividade de grãos (sacas.ha⁻¹).



Progênes (A=H 141-17-46 Cova 8, B=H 141-17-46 Cova 9, C=H 141-17-46 Cova 16, D=H 141-17-46 Cova 18, E=H 108-43-37 Cova 6, F=H 105-01-39 Cova 1, G=H 105-01-39 Cova 4, H=H 107-47-02 Cova 1, I=H 141-10-10 Cova 1, J=H 141-10-10 Cova 12); ambientes (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13).

Fonte: Dados do autor (2016)

4 CONCLUSÕES

As progênies H 107-47-02 Cova 1 e H 105-01-39 Cova 1 apresentaram melhor comportamento frente às variações ambientais, podendo ser utilizadas para o avanço de gerações no programa de melhoramento.

REFERÊNCIAS

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome, v. 46, n. 1, p. 269-278, Mar. 1992.

BARTHOLO, G. F. **Desenvolvimento fenológico e produtividade de cultivares de Coffea arabica L. sob parcelamentos da adubação**. 2001. 56 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiro obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010.

CARGNIN, A. et al. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 987-993, jun. 2006.

CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênies decafeeiros obtidos do cruzamento entre Catuaí e Híbrido de Timor. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v. 9, n. 2, p. 249-253, mar. 2008.

CARVALHO, A. M. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

CARVALHO, L. C.; CHALFOUN, S. M.; CUNHA, R. L. Manejo de doenças do cafeeiro. In REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arabica: do plantio à colheita: volume 1**. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 689-757.

CHAVES, J. C. D.; ANDROCIOLO FILHO, A.; FANTIN, D. Manejo de fertilização de lavouras cafeeiras com base no ciclo de maturação dos frutos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD ROM.

CORRÊA, L. V. T.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F. Comportamento de cafeeiro Icatu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 618-622, jul./ago. 2006.

CORREIA, W. R. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 80-85, out./dez. 2008.

CUCOLOTTO, M. et al. Genotype x environment interaction in soybean: evaluation through three methodologies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, n. 3, p. 270-277, May 2007.

DIAS, F. P. et al. Caracterização de progênies do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) selecionados em Minas Gerais: caracteres relacionados à produção. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 299, p. 85-100, set. 2005.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, May 1966.

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.

FERREIRA, D. F. **Programa estabilidade**. Lavras: [s.n.], 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/estabilidade.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GAUCH JÚNIOR, H. C.; ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 76, n. 1, p. 1-10, July 1988.

GICHIMU, B. M.; OMONDI, C. O. Early performance of five newly developed lines of Arabica Coffee under varying environment and spacing in Kenya. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Milford, v. 1, n. 1, p. 32-39, 2010.

GIOMO, G. S.; NAKAGAWA, J.; GALLO, P. B. Beneficiamento de sementes de café e efeitos na qualidade fisiológica. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1011-1020, dez. 2008.

GOMES, L. de R. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de amendoim de porte ereto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 985-989, jul. 2007.

LAVIOLA, B. G. et al. Influência da adubação na formação de grãos moles e no tamanho dos grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 36-42, abr./jun. 2006.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analysing cultivars x location x year experiments: new stability parameter. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v. 76, n. 3, p. 425-430, Sept. 1988.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, out. 2007.

MARTINS, A. L. M. et al. Avaliação de progênies de cafés 'Catuaí Amarelo' e 'Catuaí Vermelho' na região de Pindorama (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 1, p. 31-38, mar. 1992.

MELO, B. et al. Comportamento de seleções de Icatu Vermelho e Amarelo e linhagens de Mundo Novo em solos sob vegetação de cerrado, em Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 21-25, jan./abr. 2005.

MOURA, W. M. et al. Avaliação de progênies F3 resultantes de cruzamentos de Catuaí e Mundo novo com Híbrido de Timor e Catimor na região de Patrocínio, Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA CAFES DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos Expandidos...** Brasília: Embrapa, 2001. p. 1279-1284.

NASCIMENTO, M. et al. Adaptabilidade e estabilidade via regressão não paramétrica em genótipos de café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 41-48, Jan. 2010.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; PINHEIRO, J. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 357-364, mar. 2003.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Estabilidade e adaptabilidade fenotípica de cultivares de soja do Brasil Central. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 9-19, maio/ago. 2004.

PAIVA, R. N. et al. Comportamento agrônomico 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 agrônomico de progênies F4 de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 315-322, maio/jun. 2011.

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.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different location or seasons. **American Potato Journal**, Orono, v. 6, n. 11, p. 381-385, Nov. 1959.

POLIZEL, A. C. et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de soja no estado do mato grosso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 910-920, jul./ago. 2013.

PRADO, E. E. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36 n. 4, p. 625-635, abr. 2001.

ROTONDANO, A. K. F. et al. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes laminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 65-75, jan./abr. 2005.

SCAPIM, C. A. et al. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. **Euphytica**, Wageningen, v. 174, n. 2, p. 209-218, July 2010.

SILVA, F. L. da et al. Methods of adaptability and stability analysis in irrigated rice genotypes in Minas Gerais, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Oxford, v. 8, n. 2, p. 119-126, Mar. 2008.

VASCONCELOS, E. S. de et al. Adaptability and stability of semilate and late maturing soybean genotypes in Minas Gerais state. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 411-415, jul./set. 2010.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416 p.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitation of conventional regression analysis: a proposed modification. **The oritical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 89-91, Sept. 1978.

VOSSEN, H. A. M.; VANDER, A. G. Coffee Selection and breending. In: CLINFFORD, M. N.; WILSON, K. C. **Coffe**: botany biochemisty and of beans and beverage. Westport: AVI, 1985. p. 48-96.

WAMATU, J. N.; THOMAS, E.; PIEPHO, H. P. Responses of different arabica coffee (*Coffea arabica* L.) clones to varied environment conditions. **Euphytica**, Wageningen, v. 129, n. 2, p. 175–182, 2003.

WRICKE, G. Zur berechnung der ökovalenz bei sommerweizen und hafer. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 52, n. 2, p. 127-138, 1965.