



RAFAEL ANTÔNIO ALMEIDA DIAS

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO
VISANDO A RESISTÊNCIA DURÁVEL À FERRUGEM
E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS**

LAVRAS – MG

2016

RAFAEL ANTÔNIO ALMEIDA DIAS

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO VISANDO A
RESISTÊNCIA DURÁVEL À FERRUGEM E CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS**

Dissertação 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 Mestre.

Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes
Orientador

Dr. Cesar 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, Rafael Antônio Almeida.

Seleção de progênies de cafeeiro visando a resistência durável à
ferrugem e características agronômicas / Rafael Antônio Almeida

Dias. – Lavras : UFLA, 2016.

63 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador: Antônio Nazareno Guimarães Mendes.

Bibliografia.

1. Café. 2. Icatu. 3. Ferrugem do cafeeiro. 4. Melhoramento. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

RAFAEL ANTÔNIO ALMEIDA DIAS

**SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO VISANDO A
RESISTÊNCIA DURÁVEL À FERRUGEM E CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS**

***SELECTION OF COFFEE PROGENIES AIMING AT DURABLE
RESISTANCE TO RUST AND AGRONOMIC TRAITS***

Dissertação 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 Mestre.

APROVADA em 30 de setembro de 2016.

Prof. Rubens José Guimarães UFLA

Dr. Rodrigo Luz da Cunha EPAMIG

Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes
Orientador

Dr. Cesar Elias Botelho
Coorientador

LAVRAS – MG

2016

*Aos meus pais, **Elias Almeida Dias Junior e Venância Maria Batista Dias**,
cujos esforços jamais foram medidos, pelo amor, carinho e confiança.*

*Ao meu irmão, **Rodrigo Elias Batista Almeida Dias** e à minha irmã **Rafaela
Mara Almeida Dias**, por seus sábios conselhos.*

*Aos meus amigos do **NECAF** - Núcleo de Estudos em Cafeicultura, pela ajuda
nas avaliações e coleta de dados do meu experimento e, em especial, ao aluno
Fernando Fernandes, que sempre me ajudou nas avaliações.*

*Ao meu Coorientador, **Dr. Cesar Elias Botelho**, pela orientação e ajuda, desde
o início do mestrado até a defesa da minha dissertação.*

*Ao meu Orientador, **Professor Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes**, que
esteve à disposição em me ajudar, sem medir esforços para que este trabalho
acontecesse.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por estar presente em todos os momentos da minha vida.

À **Universidade Federal de Lavras (UFLA)**, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Departamento de Agricultura, por meio de seus professores e funcionários, pela oportunidade de realização do curso.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos.

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

À **Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)**, pela disponibilização do experimento que foi avaliado neste trabalho.

Ao meu orientador, **Antônio Nazareno Guimarães Mendes**, pela oportunidade, ensinamentos, disponibilidade e amizade.

Ao meu coorientador, o pesquisador **Cesar Elias Botelho**, pelo convívio, orientação, ajuda, amizade e valiosas contribuições para realização deste trabalho.

Aos professores **Virgílio Anastácio da Silva e Alex Mendonça de Carvalho**, pelos conselhos valiosos para confecção do trabalho.

Ao professor **Rubens José Guimarães** e aos pesquisadores, **Rodrigo Luz da Cunha e Regis Pereira Venturin**, pelo apoio, ensinamentos e valiosas contribuições para as correções do trabalho.

Ao doutorando do Instituto Agronômico de Campinas, **Vinícius Teixeira Andrade**, pela grande ajuda nas análises estatísticas e interpretação dos resultados.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, **Marli dos Santos Túlio**, pela paciência e auxílio.

Aos amigos do **NECAF** e colegas de curso, em especial, **Guilherme Augusto Tassoni**, **Fernando Fernandes** (capelinha), **José Roberto** (batata), ao Bolsista da Epamig **Manuel** e muitos outros que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho selecionar progênies de cafeeiro visando ao avanço de seleção para posterior obtenção de cultivares resistentes à ferrugem do cafeeiro e com características agronômicas superiores às cultivares tradicionais. O experimento foi instalado, no campo experimental da EPAMIG, em Patrocínio, MG, compreendendo 25 progênies oriundas do cruzamento entre cultivares do grupo Icatu com materiais genéticos dos grupos Catuaí Amarelo IAC 62 e IAC 17, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi e progênies segregantes originadas de retrocruzamentos de Catuaí com Mundo Novo, identificadas como IAC 5002 e IAC 5010, além de um cruzamento de Acaiá com Catuaí Amarelo IAC 17. Como testemunhas foram utilizadas duas progênies em geração avançada e promissoras para resistência à ferrugem, derivadas de cruzamentos entre os grupos Catimor e Icatu, que resultaram na obtenção da cultivar Aranãs. As progênies encontram-se em geração F3 e foram obtidas pelo Programa de Melhoramento Genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela EPAMIG e que conta com a colaboração das universidades UFV e UFLA. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com três repetições, totalizando 75 parcelas, sendo cada parcela constituída por dez plantas. O espaçamento utilizado foi de 3,5 m nas entrelinhas e 0,8 m entre plantas. Foram avaliadas as características: produtividade em sacas de café beneficiado ha⁻¹, vigor vegetativo, porcentagem de grãos retidos em peneira 17 e acima, peneira 10 e fundo e incidência e severidade de ferrugem. A partir dos dados da produtividade, vigor vegetativo e porcentagem de grãos retidos em peneira 17 e acima, peneira 10 e fundo, efetuou-se a análise adotando-se o modelo linear misto e, para incidência e severidade de ferrugem, foi feita a análise de variância dos dados e, quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Foram realizadas, também, estimativas dos ganhos com a seleção, por meio do ganho de seleção direta para cada característica em comparação com a soma de postos. As progênies 13 (Icatu V. IAC 4040 x IAC 5002) e progênie três (Icatu A. IAC 2944 x IAC 5002) foram promissoras, para o avanço de geração, por estarem entre as cinco progênies mais produtivas, as cinco progênies selecionadas pela soma de postos e entre as progênies que apresentaram menor incidência de ferrugem. O ganho de seleção obtido com a seleção direta foi superior aos ganhos obtidos pela soma de postos.

Palavras-chave: Café. Icatu. Ferrugem do cafeeiro. Melhoramento.

ABSTRACT

This study had the objective of selecting coffee progenies aiming at advancing the selection for obtaining cultivars resistant to coffee rust and with agronomic traits superior to traditional cultivars. The experiment was installed at the EPAMIG experimental field in Patrocínio, Minas Gerais, Brazil, consisting of 25 progenies derived from the cross between cultivars from the Icatu and genetic materials from groups Catuai Amarelo IAC 62 and IAC 17, Catuai Vermelho IAC 99, Rubi and segregating progenies originated from the retrocrossing of Catuai with Mundo Novo, identified as IAC 5002 and IAC 5010, as well as a cross between Acaia and Catuai Amarelo IAC 17. We used as witness two progenies in advanced generation, promising for the resistance to rust, originated from the cross between Catimor and Icatu groups, which resulted in cultivar Aranas. The progenies meet in generation F3 and were obtained by the coffee Breeding Program conducted in Minas Gerais, Brazil, and coordinated by EPAMIG, with the collaboration of the Universidade Federal de Viçosa (UFV) and Universidade Federal de Lavras (UFLA). We used a randomized blocks design, with three replicates, totalizing 75 plots, with 10 plants each. The spacing used was of 3.5 m between lines and 0.8 m between plants. We evaluated characteristics: productivity in processed coffee bags ha^{-1} , plant vigor, percentage of grains retained in sieve 17 and above, sieve 10 and bottom, adopting the mixed linear model analysis. For rust incidence and severity we performed analysis of variance, comparing the means by the Scott Knott test at 5% of significance when presenting significant difference. We also conducted selection gain estimates by means of direct selection for each trait when compared with the sum of positions. Progenies 13 (Icatu V. IAC 4040 x IAC 5002), and progeny 3 (Icatu A. IAC 2944 x IAC 5002), were promising for the generation advancement, for positioning among the five most productive progenies. the five progenies selected by the sum of positions, and the progenies presenting lower rust incidence. The selection gain obtained with the direct selection was superior to the gains obtained by the sum of the positions.

Keywords: Coffee. Icatu. Coffee rust. Breeding.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Progênies de *Coffea arabica* L. avaliadas em Patrocínio MG.30
- Tabela 2 - Ranqueamento individual para o valor genotípico de produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado/ha e vigor vegetativo, de 25 progênies de cafeeiro, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.37
- Tabela 3 - Ranqueamento individual para o valor genotípico de Peneira 17 e acima, Peneira 10 e Fundo, de 25 progênies de cafeeiro, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.41
- Tabela 4 - Ranqueamento com base na soma de postos de 25 progênies de cafeeiro, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), na média de quatro colheitas, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.44
- Tabela 5 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para produtividade em relação à testemunha 1 entre as 5 progênies mais produtivas e as cinco primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.46
- Tabela 6 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para vigor vegetativo em relação à média geral entre as 5 progênies mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.47
- Tabela 7 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para grãos retidos em peneira 17 e acima em relação à testemunha1 entre as 5 progênies mais produtivas e

	as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.....	48
Tabela 8 -	Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para grãos retidos em peneira 10 em relação à testemunha 1 entre as 5 progênies mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.....	49
Tabela 9 -	Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para peneira fundo em relação à testemunha 2 entre as 5 progênies mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.	50
Tabela 10 -	Tabela de médias para incidência de ferrugem (%) em progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio – MG, Lavras 2016.....	51
Tabela 11 -	Tabela de médias para severidade de ferrugem em progênies de cafeeiro, em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	O cafeeiro	15
2.2	Melhoramento genético do cafeeiro	16
2.3	Ferrugem do cafeeiro	18
2.3.1	Resistência a doenças	20
2.3.2	Controle genético da ferrugem	21
2.3.3	Icatu	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Descrição da área	29
3.2	Caracterização das Progênies	29
3.3	Implantação e condução do Experimento	31
3.4	Delineamento Experimental	31
3.5	Características Avaliadas	31
3.6	Análise dos dados	33
3.7	Análise de Incidência e severidade de Ferrugem	35
3.8	Método de seleção	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Produtividade e Vigor Vegetativo	37
4.2	Porcentagem de Peneira 17, Peneira 10 e Fundo	40
4.3	Soma de Postos	43
4.4	Impacto da seleção direta em relação à soma de postos	45
4.5	Incidência e severidade de ferrugem	50
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O café é um produto de grande importância no mundo e, na safra de 2014/2015, cerca de 141 milhões de sacas foram produzidas. O Brasil participa com, aproximadamente, 30% dessa produção mundial, sendo o maior produtor e o maior exportador de café, dominando mais de 25% do comércio internacional (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC, 2016). O café é uma mercadoria importante para a economia do Brasil, pois, além de gerar milhões de empregos, é responsável pela geração de divisas no país por meio da exportação. O desenvolvimento de pesquisas, voltadas para a cultura do café, tem proporcionado grandes avanços, nos sistemas de cultivo, tornando a cafeicultura mais sustentável, porém esses esforços devem continuar, pois a cultura passa por constantes problemas como mudanças climáticas e ataque de pragas e doenças como a ferrugem do cafeeiro.

A ferrugem alaranjada é a principal doença do cafeeiro, causada pelo fungo biotrófico *Hemileia vastatrix*. Em lavouras adultas causa desfolha das plantas, resultando em redução na área, fotossinteticamente, ativa, causando, conseqüentemente, a morte dos ramos produtivos, afetando o florescimento, pegamento de frutos e causando sérios danos à produtividade (CARVALHO et al., 2008).

A forma mais utilizada, em todo o mundo, para controlar a doença é o controle químico, com o uso de fungicidas cúpricos e sistêmicos. Há muito se procuram obter novas cultivares com resistência ao patógeno, dispensando total ou parcialmente a aplicação de fungicidas. Contudo o contínuo aparecimento de novas raças fisiológicas do patógeno tem ocasionado a “quebra” de resistência das cultivares utilizadas pelos agricultores e, por este fato, um grande esforço tem sido feito pelo melhoramento genético, para a obtenção de novas cultivares, que apresentam resistência durável à doença.

Dessa forma, uma linha de pesquisa a que se tem dado muita ênfase, nos programas de melhoramento genético de café, é a resistência durável à ferrugem. Com isso, pretende-se aumentar a produtividade, em todas as regiões produtoras de café do país, que sofrem com o ataque dessa doença e diminuir o uso de produtos agroquímicos, para controle da doença, pois são prejudiciais ao homem e ao meio ambiente.

Objetivou-se com este trabalho realizar a avaliação e seleção de progênies de cafeeiros em geração F3, obtidas a partir de cruzamentos entre seleções resistentes à ferrugem do grupo Icatu com cultivares comerciais dos grupos Catuaí, Catuaí x Mundo Novo e Acaiá.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O cafeeiro

Segundo os historiadores, os primeiros povos a fazer uso do café foram os árabes, em meados do século XV. Todavia os holandeses foram os primeiros europeus que o cultivaram, na Indonésia, a partir de 1690. Em 1706, foi enviado ao jardim botânico de Amsterdã um exemplar desse cafeeiro. Da Holanda, sementes e mudas foram enviadas, em 1718, para o Suriname, de onde outras sementes foram levadas, em 1722, para a Guiana Francesa, de onde vieram as primeiras sementes e mudas para o Brasil e entraram no estado do Pará pelas mãos de Francisco de Melo Palheta, em 1727. Mudas e sementes do Pará foram enviadas ao Rio de Janeiro e de um único cafeeiro, que sobreviveu, originaram-se os primeiros cafezais daquele estado e, posteriormente, de lavouras dos estados de São Paulo e Minas Gerais (CARVALHO; FAZUOLLI, 1993).

No Brasil se cultiva, comercialmente, duas espécies: *Coffea arabica* L. que é uma espécie tetraploide com 44 cromossomos, autógama com, aproximadamente, 95% de autofecundação e proveniente do cruzamento de duas espécies, a *Coffea canephora* com a *Coffea eugenioides*; a outra é a espécie *Coffea canephora* que é diploide com 22 cromossomos, alógama com 100% de fecundação cruzada (FAVARIN, 2011). As duas espécies representam, respectivamente, 70% e 30% da produção nacional (MATIELLO, 1991).

Historicamente, o Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador de café no mercado internacional. Em 2015, a produção brasileira atingiu 43,19 milhões de sacas de café beneficiado, representando cerca de 30% da produção mundial. A espécie de maior importância e valor econômico no mundo é a *Coffea arabica*. L, sendo o Brasil o maior produtor mundial e Minas Gerais, responsável por, aproximadamente, 51% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

A principal vantagem do cultivo da espécie *Coffea arabica*. L é a superioridade na qualidade de sua bebida, comparada às de outras espécies do gênero *Coffea*, porém a susceptibilidade dessa espécie a doenças representa uma grande desvantagem e, dentre as doenças que infectam *Coffea arabica*. L, a ferrugem alaranjada é a principal delas (ZAMBOLIM et al., 1999).

2.2 Melhoramento genético do cafeeiro

Desde a introdução do café no país, no ano de 1727, até o início da década de 1930, o melhoramento genético do cafeeiro, no Brasil, era considerado empírico. Os próprios produtores selecionavam as plantas mais produtivas para formar mudas para as plantações seguintes (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002). Já, em 1933, com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, dava-se início a um complexo programa de investigação sobre o cafeeiro, também, denominado como a segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil (CARVALHO, 1985).

Nas décadas de 1940 e 1950, com a seleção da cultivar Mundo Novo, provavelmente, produto do cruzamento natural entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho e, posteriormente, de 1950 a 1960, com a obtenção das cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, por meio da hibridação artificial entre as cultivares Mundo Novo e Caturra Amarelo, obteve-se um avanço muito grande na cafeicultura Brasileira. Com a renovação das lavouras, no final dos anos 60 e início da década de 70, praticamente, todo parque cafeeiro brasileiro foi substituído por linhagens selecionadas dos grupos Mundo Novo, Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo, demonstrando a efetiva aceitação desses materiais genéticos pelos cafeicultores (RIBEIRO, 2001).

A partir dessa data, com a utilização de metodologias científicas nos programas de melhoramento do cafeeiro, 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, no Brasil (CARVALHO, 1981).

No início, as análises genéticas tinham o objetivo de estudar a herança de algumas características nas variedades comerciais de *C. arabica*, em seguida, passaram a enfatizar o estudo de características de maior interesse econômico, como o porte, a arquitetura e o desenvolvimento dos cafeeiros e, principalmente, a produtividade de grãos (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002). Atualmente, além do aumento da produtividade, os trabalhos de melhoramento visam, também, à melhoria de outras características agrônômicas como qualidade de bebida, uniformidade de maturação, seleção de cultivares adaptadas às diferentes condições climáticas e sistemas de cultivo e resistência às pragas e doenças (MATIELLO, 2008).

A partir da década de 1970, outras instituições de ensino e pesquisa somaram-se ao IAC, num trabalho integrado e cooperativo. São exemplos a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Fundação PROCAFÉ/MAPA, que deu sequência aos trabalhos do Instituto Brasileiro do Café (IBC), o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) e o Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER) (PEREIRA et al., 2010).

As cultivares com elevado potencial produtivo e resistentes às principais pragas e doenças do cafeeiro, que estão sendo geradas por meio desses programas, coloca o Brasil em posição de destaque, como o país com maior número de contribuições ao melhoramento genético do cafeeiro.

2.3 Ferrugem do cafeeiro

A ferrugem do cafeeiro é causada pelo fungo biotrófico *Hemileia vastatrix* Berk. Et Br. e é considerada a principal doença da cultura. Esse fungo ataca todas as variedades de cafeeiro, porém, dentro do gênero *Coffea*, são observadas diferenças quanto à patogenicidade. A espécie *C. canephora* apresenta cultivares com resistência, enquanto a maioria das cultivares comerciais, dentro da espécie *C. arabica*, são susceptíveis. A doença foi encontrada pela primeira vez no mundo, em 1861, na África Ocidental, atingindo o Brasil em 1970. Atualmente, ela está presente em todos os países produtores de café do mundo (BRITO et al., 2010).

A ferrugem se desenvolve, na superfície abaxial foliar, após a germinação dos uredinósporos na presença de água e temperatura entre 20° e 24° C. Esses fungos são parasitas altamente destrutivos para as plantas, sendo responsáveis por significativas perdas de rendimento em culturas anuais, como o linho, trigo e cevada e, também, em plantações perenes como o choupo, pinheiros e café (RAMIRO et al., 2009).

Os sintomas da ferrugem podem ser observados, na face abaxial das folhas, em que aparecem manchas de coloração amarelo-pálida, pequenas, de 1 a 3 mm de diâmetro, que evoluem, atingindo até 2 cm de diâmetro, quando, então, apresentam aspecto pulverulento com produção de uredósporos de coloração amarelo-alaranjada. Na face adaxial das folhas, a doença causa manchas cloróticas amareladas, correspondendo aos limites da pústula na face abaxial, que, posteriormente, necrosam levando à desfolha e, conseqüentemente, à perda na produtividade que varia entre 10% e 40% dependendo da severidade do ataque (COSTA; ZAMBOLIM; RODRIGUES, 2007).

Vários fatores relacionados ao patógeno, hospedeiro e ao ambiente influenciam o progresso da doença. O fungo necessita de água livre, temperatura

na faixa de 20 a 24° C e ausência de luz direta para a germinação e penetração dos uredósporos pelos estômatos da folha; chuvas frequentes, espaçamentos mais adensados e tratos culturais inadequados, também, favorecem a epidemiologia da doença (SILVA et al., 2006). A incidência da doença é maior nos anos de alta produção devido, provavelmente, a uma alteração na resistência da planta pelo desequilíbrio nutricional.

A disseminação da ferrugem ocorre pela ação do vento, pelas gotas de chuva, pelo escorrimento de água das margens do limbo para a superfície inferior, pelo homem, durante a execução dos tratos culturais e por insetos e outros animais que entrem em contato com plantas infectadas. A água é o agente de disseminação local mais eficiente e o impacto da gota da chuva numa lesão liberta os esporos, inclusive, desmanchando os aglomerados. A disseminação, a longa distância, é feita, principalmente, pelo vento.

Os tipos de controle da ferrugem são basicamente: biológico, cultural, químico e genético, sendo os dois últimos os mais utilizados pelos agricultores. Bactérias endófitas mostram-se promissoras como agentes de biocontrole do fungo. O controle cultural se dá, por meio de práticas de manejo, para aumentar a intensidade da luz e diminuir o período de molhamento, no interior da copa da planta, como exemplo, a utilização de podas, condução de hastes e uso de espaçamentos menos adensados. O controle químico é o método mais utilizado pelos produtores no Brasil, visto que mais de 90 % das cultivares plantadas são pertencentes aos germoplasmas Catuaí e Mundo Novo e, embora ele seja um controle eficiente e econômico, mostra-se agressivo ao meio ambiente (BETTIOL et al., 2004).

Um dos maiores desafios para os pesquisadores é a constante busca por métodos alternativos de controle da ferrugem que causem menor impacto ambiental; nesse âmbito entra o papel do melhoramento genético.

2.3.1 Resistência a doenças

Do ponto de vista agrônomo, o sucesso da lavoura cafeeira começa pela escolha da cultivar adequada, a qual deve possuir características desejáveis, como elevada produtividade, vigor vegetativo, porte baixo e que apresente frutos de qualidade superior (PEREIRA et al., 2010). A resistência a doenças é uma vantagem adicional, que permite economia nos tratos fitossanitários da lavoura. Embora as cultivares selecionadas já tenham atingido elevados níveis de produtividade, novos acréscimos poderão advir, no desenvolvimento de cultivares com resistência a pragas, doenças ou com características de adaptação a novas fronteiras agrícolas ou de qualidade do produto, sendo características encontradas na espécie *Coffea arabica* (EIRA et al., 2003).

A capacidade de resistência ou tolerância a um determinado problema seja climático, nutricional ou de ordem sanitária pode manifestar-se no cafeeiro, tendo como origem, isoladamente, sua característica genética ou pela interação com fatores do ambiente. Considerando o grande avanço obtido e considerando que as cultivares brasileiras se originam de uma estreita base genética, a probabilidade de obtenção de progresso genético em produtividade é bastante reduzida (FAZUOLI et al., 2002).

A resistência do cafeeiro a doenças é importante, pois permite redução de prejuízos na produtividade e economia nos tratos fitossanitários. O ideal seria que as plantas apresentassem resistência múltipla, ou seja, resistência a várias pragas e doenças na mesma planta, o que nem sempre é possível, devendo-se escolher a cultivar que apresenta resistência a um ou mais problemas sanitários daquela região onde se deseja instalar a cultura do café (MATIELLO et al., 2005).

2.3.2 Controle genético da ferrugem

Os trabalhos que visaram ao controle químico da doença, desenvolvidos nos principais centros de pesquisa, produziram excelentes resultados e são utilizados pelos produtores. Mesmo assim a doença continua causando prejuízos às lavouras, predominantemente, de *Coffea arabica* e prejudicando o meio ambiente, pelo uso indiscriminado desses produtos fitossanitários. O método mais econômico e, ambientalmente, correto de controle da ferrugem é o uso de cultivares resistentes, no entanto a quebra de resistência dos genótipos pelo surgimento de novas raças do patógeno tem sido um grande desafio para o melhoramento genético do cafeeiro (COSTA; ZAMBOLIM; RODRIGUES, 2007).

Diversos institutos de pesquisa no mundo vêm enfrentando dificuldades em encontrar algum modo para impedir que a ferrugem quebre a resistência dos cafeeiros. A resistência pode ser completa ou incompleta e específica ou não específica a raças (HERRERA et al., 2009).

Estudos sobre a herança da resistência à ferrugem, realizados no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Portugal, demonstram que a hipótese de gene a gene pode ser aplicada na interação entre café e ferrugem. A resistência total à ferrugem é condicionada por pelo menos nove genes dominantes conhecidos (S_{H1} , S_{H2} , S_{H3} , S_{H4} , S_{H5} , S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} e S_{H9}), contrastando com os correspondentes genes de virulência v1 a v9 de *H. vastatrix*. Os genes S_{H1} , S_{H2} , S_{H4} e S_{H5} foram identificados em acessos de cafeeiros arábicos puros originados da Etiópia. S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} e S_{H9} são originados de *C. canephora*, um dos parentais do “Híbrido de Timor” e outros híbridos interespecíficos como o “Icatu”. O S_{H3} supostamente é derivado de *C. liberica*, pois foi caracterizado nas seleções indianas S.288, S.333, S.353 4/5 e Séries B.A. derivadas dos cafeeiros tetraploides S.26 e S.31 (*C. arabica* x *C. liberica*) (ROMERO et al., 2010).

O Híbrido de Timor e as progênies derivadas do seu cruzamento com outras cultivares vêm sendo estudados, em diversas regiões cafeeiras do mundo, como fonte de resistência a *H. vastatrix*. O Híbrido de Timor é, provavelmente, um híbrido natural entre *Coffea arabica* e *C. canephora*. Esse germoplasma tem sido valioso para os programas de melhoramento com vistas à obtenção de resistência durável à ferrugem, além de apresentar resistência a outras doenças e pragas do cafeeiro (CAPUCHO et al., 2009).

Existem evidências de que genes maiores quebrados por um patógeno podem apresentar características de genes menores, promovendo uma resistência residual. É provável que os atuais genes menores foram genes maiores no passado. Os genes S_H promovem resistência completa, quando estão em condição homozigótica e são específicos para raças, entretanto, quando alguns genes S_H são quebrados pela ferrugem, ocorre a resistência incompleta ou parcial (“resistência residual”) de cafeeiros (ESKES et al., 1990).

Algumas plantas da cultivar Colômbia (“Catimor”) com a resistência quebrada pela ferrugem vêm mantendo a resistência incompleta ao longo do tempo (HERRERA et al., 2009). Progênies de “Catimor”, selecionadas pelo programa de melhoramento genético de café da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), apresentaram diferentes níveis de resistência incompleta à raça II (COSTA et al., 2007). Entretanto, em outras cultivares do germoplasma Catimor como a ‘Cauvery’, foi observada resistência incompleta somente no início.

Em *C. arabica* é observado um nível baixo de resistência não específico para raças. Essa resistência é fortemente afetada por condições de estresse como alta intensidade de luz e alta produtividade, as quais aumentam a suscetibilidade desses cafeeiros. Este tipo de resistência é insuficiente para proteger variedades de *C. arabica* com alta produtividade e utilizando modernas técnicas de cultivo (ROMERO et al., 2010).

No CIFC foram caracterizados 40 grupos fisiológicos de resistência. O grupo A, resistente a todas as raças de ferrugem conhecidas, tem sido encontrado em plantas de: *C. canephora*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. eugenoides*, *C. congensis*, *C. zamguebariae* e em híbridos entre *C. arabica* e *C. canephora* como o Híbrido de Timor e Icatu. Cafeeiros arábicos puros não têm sido classificados no grupo A. Ao contrário do grupo A, plantas do grupo F apresentam suscetibilidade para todas as raças conhecidas. A maioria dos acessos de *C. racemosa* recebidos pelo CIFC é do grupo F. Entre os grupos A e F existem mais 38 grupos, variando de suscetibilidade a 43 raças a suscetibilidade a somente 3 raças (grupo W) (CABRAL et al., 2009). Pesquisas realizadas no CIFC têm mostrado que o grupo A não é uniforme. Dos cafeeiros do grupo A, em estudo no CIFC, cinco novos grupos fisiológicos se tornaram suscetíveis a cinco diferentes isolados de ferrugem da Índia (PRAKASH et al., 2004).

As cultivares dos germoplasmas Catuaí e Mundo Novo, as mais cultivadas no Brasil, são do grupo E, suscetível à maioria das raças (CABRAL et al., 2009). Plantas do grupo fisiológico A possuem os genes maiores S_{H5} , S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} , S_{H9} e, provavelmente, outros genes maiores ($S_{H?}$), enquanto plantas do grupo E somente o S_{H5} (VOSSEN, 2005).

Em vários institutos de pesquisa foram realizados cruzamentos do “Catimor”, “Sarchimor”, “Cachimor” e “Híbrido de Timor” com as cultivares dos germoplasmas Catuaí e Mundo Novo, visando aumentar o vigor vegetativo desses cafeeiros. IBC Palma I, IBC Palma II, Acauã, IPR 107, Sabiá 398, Paraíso MG H 419-1, Sacramento MG 1 e Catiguá MG 1 são exemplos de cultivares originadas desses cruzamentos (PEREIRA et al., 2010). Essas cultivares apresentam resistência para as raças predominantes de ferrugem do Brasil, porém, em muitas, já ocorreu a quebra da resistência por novas raças (CARVALHO; CHALFOUN; CUNHA, 2010).

2.3.3 Icatu

O grupo Icatu é dividido em Icatu Vermelho, Icatu Amarelo e Icatu Precoce. O Icatu Vermelho foi obtido, em 1950, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a partir de uma hibridação interespecífica entre um cafeeiro tetraploide de *C. canephora*, variedade robusta com o número de cromossomos duplicados, feito com o tratamento das sementes com colchicina, na obtenção de tetraploides dessa espécie. Logo após, foi realizado o cruzamento desse material duplicado com a cultivar Bourbon Vermelho de *C. arabica* (MÔNACO; CARVALHO, 1975).

Posteriormente foram realizados dois retrocruzamentos desse híbrido com *C. arabica* “Mundo Novo”, que resultaram no germoplasma Icatu. As plantas do grupo Icatu apresentam grande variabilidade para a resistência à ferrugem, produtividade e alto vigor vegetativo, sendo assim foram classificadas como pertencentes ao grupo fisiológico A, resistente a todas as raças conhecidas (BOTELHO et al., 2007).

O Icatu Amarelo foi identificado, após o cruzamento natural entre plantas da cultivar Icatu Vermelho e Bourbon Amarelo ou Mundo Novo Amarelo, ocorrido em um experimento do IAC, em Campinas. O Icatu Precoce originou-se do provável cruzamento natural entre Icatu Vermelho e Bourbon Amarelo, com posterior seleção de uma planta matriz em uma população de Icatu, segregante, principalmente, para a coloração do fruto. A planta matriz tinha aspecto de Bourbon Amarelo, bem precoce, com as folhas menores, brotos novos verdes e resistência às raças de ferrugens prevalecentes no campo experimental. Após alguns ciclos de seleção, a progênie resultante foi chamada de Icatu Precoce IAC 3282 (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2016).

Os cafeeiros selecionados do primeiro retrocruzamento (RC) foram plantados em experimentos, para se avaliar a produtividade. Posteriormente foram analisados, em Portugal, com relação à resistência a *H. vastatrix*. Vários

deles apresentaram resistência à maioria das raças fisiológicas do agente causal da ferrugem do cafeeiro. A resistência apresenta características do tipo vertical (específica) ou horizontal (inespecífica). A cultivar Icatu Vermelho e suas linhagens foram lançadas, para fins comerciais, em 1992. Em 1999, cada uma das linhagens da cultivar Icatu Vermelho foi registrada, individualmente, como uma nova cultivar no Registro Nacional de Cultivares (CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ, 2016).

Com a constatação da ferrugem, no Brasil, em 1970, todos os cafeeiros de populações derivadas dessas hibridações passaram a ser estudados, individualmente e aqueles de melhor produtividade e com resistência ao agente da ferrugem vêm sendo analisados em diferentes experimentos e em campos de observação. Foi observada resistência em “Icatu” para a raça XXIX (cultura 1321) portadora dos fatores de virulência v5 a v9. Portanto essas plantas estudadas apresentam os genes S_{H5} a S_{H9} , além de um ou mais fatores de resistência. Em muitas plantas deste germoplasma ocorreu a quebra da resistência, inclusive, para as raças do Brasil. Após a quebra, diferentes níveis de resistência parcial têm sido, frequentemente, detectados no “Icatu” (ESKES et al., 1990).

As linhagens do “Icatu” que apresentam de moderada resistência a moderada suscetibilidade são: Icatu Vermelho IAC 2941, 2942, 2945, 4040, 4041, 4042, 4043, 4045, 4046, 4228; Icatu Amarelo IAC 2944, 3686, 2907; e Icatu Precoce IAC 3282 (moderadamente suscetível) (PEREIRA et al., 2010).

A partir do cruzamento entre “Catuaí” e “Icatu”, surgiu o “Catucaí”, que possui várias linhagens em seleção e plantio, com boa produtividade e vigor vegetativo. Muitas plantas são suscetíveis à ferrugem, entretanto um bom grau de resistência incompleta vem sendo observado em algumas linhagens. Exemplos de linhagens e cultivares desse germoplasma são: Catucaí Vermelho

20/15, 19/8, 24/137, 785-15; Catuaí Amarelo 20/15, 24/137; IPR 102 e IPR 103 (PEREIRA et al., 2010).

Vários institutos de pesquisa vêm realizando o melhoramento de cafeeiros para incorporar os genes S_{H1} , S_{H2} , S_{H3} e S_{H4} , complementando com os genes S_{H5} , S_{H6} , S_{H7} , S_{H8} , S_{H9} e outros presentes nas cultivares derivadas do “Híbrido de Timor” e “Icatu”. O gene S_{H3} vem sendo incorporado em cultivares dos germoplasmas Mundo Novo, Catuaí e Acaíá, pois é um gene promissor para promover resistência durável. Cafeeiros F_3 derivados do cruzamento entre “Catuaí” e genótipos portadores do S_{H3} vêm apresentando alta produtividade e resistência à ferrugem (CONCEIÇÃO; FAZUOLI; BRAGHINI, 2005). Os mesmos autores comentam que foi possível selecionar seis cafeeiros altamente produtivos, de porte baixo ($CtCt$), resistentes à ferrugem ($S_{H3}S_{H3}$), com sementes de peneira média maior, maturação diferenciada em relação à cultivar Catuaí Vermelho IAC 81 e ótimas características agronômicas. Também foram selecionados mais 12 cafeeiros igualmente produtivos, mas heterozigotos para porte ou resistência à ferrugem totalizando 18 cafeeiros promissores. O gene S_{H1} vem sendo usado no melhoramento do cafeeiro, pois promove resistência simultânea para algumas raças de ferrugem e para a bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* causadora da doença mancha aureolada (PETEK et al., 2006).

Costa (1978) avaliou progênies selecionadas de Icatu, que foram plantadas no início de 1971, em parcelas ao acaso, no ensaio de progênies EP 121 no Centro Experimental de Campinas e concluiu que a população de Icatu apresentou características diferentes quanto ao tipo de resistência a *H. vastatrix*. A grande variabilidade existente no grau de ataque da ferrugem possibilitou a classificação das plantas, individualmente, em grupos de reação que variam de 1 a 6, ou seja, desde a resistência até completa suscetibilidade. E a grande variabilidade apresentada pela produção do Icatu é indicativa do potencial de

ganho ainda maior pela seleção de plantas produtivas, dentro das progênes, particularmente, entre os tipos 1, 2 e 3 de reação a *H. vastatrix*.

Fazuoli et al. (1983) avaliaram a capacidade produtiva e outras características agronômicas de progênes de café Icatu, em três campos de seleção, em São Simão – SP; como testemunha, utilizaram a cultivar Catuaí Vermelho, sem qualquer tratamento fitossanitário para a ferrugem. Verificaram que a progênie de Icatu CH 4782-16 apresentou a maior produção média, e nela, escolheram nove cafeeiros de interesse para o melhoramento dessa cultivar. Nos três campos de seleção, a progênie CH 4782-16 foi, também, a mais produtiva, mostrando-se bastante promissora, com bom aspecto vegetativo, resistência a *H. vastatrix* e outras características agronômicas.

Correa, Mendes e Bartholo (2006), em trabalho com progênes de ‘Icatu’, ‘Mundo Novo’ e ‘Catuaí’, em Machado e São Sebastião do Paraíso, ambas as cidades no Sul de Minas Gerais, concluíram que as progênes Icatu IAC-4040-181, Icatu IAC- 4040-315, Icatu IAC-4042-114, Icatu IAC-4042-222 e Icatu IAC-4045-47 mostram-se como as mais promissoras, tanto em adaptabilidade e estabilidade quanto para potencial produtivo.

Progênes derivadas de cruzamentos, em que um dos parentais são cultivares do grupo Icatu, vêm demonstrando excelente potencial produtivo além da resistência à ferrugem. Botelho et al. (2010), avaliando 29 progênes em geração F₄, resultantes do cruzamento ‘Icatu vermelho IAC 2942’ x ‘Catimor UFV 1340’, em Machado, sul de Minas, selecionaram progênes produtivas com resistência à ferrugem juntamente com altas estimativas de herdabilidade, indicando possível sucesso na seleção.

Pereira et al. (2013a, 2013b) trabalharam com progênes F₄ derivadas do cruzamento entre cultivares do grupo Icatu com Catuaí Amarelo IAC 62 e IAC 17 e as progênes originadas do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo IAC 5002 e IAC 5010, em Machado-MG. Nesse trabalho, os autores avaliaram as

características produtividade, reação à ferrugem, vigor vegetativo, reação à cercosporiose e porcentagem de grãos retidos em peneira '17 e acima', por meio do procedimento REML/BLUP e o índice de seleção Mulamba e Mock. A seleção das melhores progênies proporcionou ganhos significativos, para a próxima geração e as progênies H 141-17-46 Cova 8, H 141-17-46 Cova 16 e H 141-17-46 Cova 9 apresentaram ganhos de 362,5, 208,3 e 160,5%, respectivamente, para a seleção a partir dos múltiplos caracteres.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da EPAMIG, em Patrocínio, estado de Minas Gerais. A cidade está localizada, na região cafeeira do Cerrado Mineiro, mais precisamente no Alto Paranaíba e o experimento está situado, em uma condição de relevo plano, a uma altitude de 984 metros, Latitude de 18° 59'03.6" S e Longitude de 46°58'55.8" WO, a precipitação pluvial média anual é de 1620 mm e temperatura média de 22°C.

3.2 Caracterização das Progênies

As progênies foram obtidas no Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e com participação da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). As progênies são resultantes do cruzamento entre cultivares do grupo Icatu com Catuaí Amarelo IAC 62 e IAC 17, Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi, materiais genéticos originados de retrocruzamentos de Catuaí com Mundo Novo, identificados como IAC 5002 e IAC 5010, além de um cruzamento de Acaia com Catuaí Amarelo IAC 17. Elas foram selecionadas pelo método genealógico e encontram-se, atualmente, na geração F₃ (TABELA 1). Como testemunhas foram utilizadas duas progênies em geração avançada e promissoras para resistência à ferrugem, derivadas de cruzamentos entre os grupos Catimor e Icatu, que resultaram na obtenção da cultivar Aranãs.

Tabela 1 - Progênies de *Coffea arabica* L. avaliadas em Patrocínio MG.

Número do	Tratamento	Progênie	Genitores
1		145-17 Pl. 5 Vermelho	Icatu V. IAC 4042 x Catuaí Am. IAC 17
2		143-28 Pl. 6 Amarelo	Icatu A. IAC 2944 x IAC 5002
3		143-29 Pl. 6 Amarelo	Icatu A. IAC 2944 x IAC 5002
4		141-27 Pl. 10 Amarelo	Icatu A. IAC 2944 x Catuaí Am. IAC 62
5		140-15 Pl. 8 Amarelo	Icatu V. IAC 4042 x Catuaí Am. IAC 62
6		107-15 Pl. 9 Vermelho	Icatu V. IAC 4040 x IAC 5002
7		140-03 Pl.1 Vermelho	Icatu V. IAC 4042 x Catuaí Am. IAC 62
8		138-07 Pl. 9 Vermelho	Icatu V. IAC 4040 x Rubi
9		130-47 Pl. 6 Vermelho	Icatu V. IAC 2942 x IAC 5002
10		130-24 Pl. 1 Vermelho	Icatu V. IAC 2942 x IAC 5002
11		CIV4427 Pl.2 Vermelho	Icatu x Catuaí Verm. IAC 99
12		132-06 Pl. 2 Amarelo	Acaíá x Catuaí Am. IAC 17
13		107-47 Pl. 3 Amarelo	Icatu V. IAC 4040 x IAC 5002
14		130-41 Pl. 7 Vermelho	Icatu V. IAC 2942 x IAC 5002
15		131-06 Pl. 3 Vermelho	Icatu V. IAC 4040 x Catuaí Am. IAC 17
16		129-01 Pl. 5 Amarelo	Icatu V. IAC 4042 x Rubi
17		133-15 Pl. 3 Amarelo	Icatu A. IAC 2944 x Catuaí V. IAC 99
18		133-15 Pl. 7 Vermelho	Icatu A. IAC 2944 x Catuaí V. IAC 99
19		114-35 Pl. 10 Vermelho	Icatu V. IAC 4242 x Catuaí V. IAC 99
20		CIV1511 Pl.2	Icatu x Catuaí Verm. IAC 99
21		108-43 Pl. 4 Vermelho	Icatu V. IAC 4042 x IAC 5002
22		110-43 Pl. 5 Vermelho	Icatu V. IAC 4040 x Catuaí A. IAC 62
23		113-55 Pl. 2 Vermelho	Icatu V. IAC 4040 x Catuaí V. IAC 99
24		32-3-15-20	(Icatu x Catimor)*
25		29-1-8-5	(Icatu x Catimor)*

*Progênies utilizadas como testemunha

3.3 Implantação e condução do Experimento

O experimento foi instalado no dia 15 de Janeiro de 2008 e sua condução foi feita, de acordo com as recomendações técnicas, para a cultura do cafeeiro, na Região do Café do Cerrado Mineiro, sendo as adubações realizadas, de acordo com a 5ª Aproximação das Recomendações do uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999), a exceção do controle químico da ferrugem que não foi realizado visando à identificação de plantas resistentes ou tolerantes.

3.4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento de Blocos Casualizados (DBC), com 25 tratamentos e três repetições. O espaçamento utilizado foi de 3,5 metros entre ruas e 0,8 metros entre plantas, com 10 plantas por parcela, correspondendo a 3571 plantas por hectare, sendo as 10 plantas consideradas úteis.

3.5 Características Avaliadas

- a) **Produtividade (sacas ha⁻¹):** para este trabalho foram utilizados dados de colheita dos anos (2012, 2013, 2014 e 2015), realizadas entre os meses de junho e julho de cada ano. A colheita foi feita, individualmente, parcela por parcela e foi medida em quilos de café, no momento da colheita por parcela, depois essa produção foi convertida em sacas ha⁻¹, utilizando o seu rendimento real. O rendimento foi calculado da seguinte maneira: foi retirada uma amostra de três litros de café, no momento da colheita por parcela; essa amostra foi pesada e foi levada para secagem, quando a amostra atingiu 11% de umidade, ela foi beneficiada e foi novamente pesada para determinar o rendimento. Assim, com esse valor, foi feita a conversão do café colhido em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare.

- b) **Vigor Vegetativo:** o vigor foi avaliado, anteriormente, à colheita, nos anos de 2014, 2015 e 2016, atribuindo-se notas, conforme escala arbitrária de 10 pontos, sendo nota 1 correspondendo às piores plantas, com reduzido vigor vegetativo e acentuado sintoma de depauperamento, e 10, as plantas de excelente vigor, mais enfolhadas e com acentuado crescimento vegetativo dos ramos produtivos, conforme sugerido por Carvalho, Mônico e Fazuoli (1979).
- c) **Incidência e Severidade de ferrugem (2016):** foi feita uma avaliação, no ano de 2016, anteriormente à colheita, por meio da coleta de 10 folhas por planta do terceiro ou quarto par de folhas, sendo cinco de cada lado no terço médio da planta. A incidência em porcentagem foi estimada pelo número de folhas com sintomas de ferrugem dividido pelo número total de folhas coletadas. A severidade foi avaliada, segundo uma escala de notas, que variam de 1 a 5, adaptada por Petek, Sera e Fonseca (2008) sendo, 1: ausência de pústulas e reações de hipersensibilidade; 2: poucas folhas com pústulas sem esporos e com reações de hipersensibilidade; 3: poucas pústulas por folha com alta produção de esporos e pouco distribuídas; 4: média quantidade de pústulas por folha, distribuídas na planta com alta produção de esporos; 5: alta quantidade de pústulas com alta produção de esporos e alta desfolha da planta.
- d) **Porcentagem de grãos peneira 17 e acima, peneira 10 e fundo (2015 e 2016):** para determinação de grãos peneira 17 e acima, peneira 10 e fundo, foi retirada uma amostra de 100 gramas de café beneficiado de cada parcela e levada ao conjunto de peneiras 17, 10 e fundo, depois foi feita a pesagem da quantidade de grãos retidos em cada peneira.

3.6 Análise dos dados

Para as características produtividade, vigor, porcentagem de peneira 17 e acima, peneira 10 e fundo, foram analisadas as médias dos anos avaliados. Foi utilizado modelo linear misto com o fator progênes considerado aleatório. Foram estimados os valores genéticos o BLUP (melhor predição linear não viciada) ou modelos mistos. Foram estimados, também, os ganhos genéticos em relação à média geral ou da testemunha de maior média. Para as características incidência e severidade, não foi utilizado o modelo misto, pois não houve convergência das matrizes, ocasionado pelos altos valores de desvio padrão das progênes entre repetições. Isso explica, provavelmente, a não homogeneidade da pressão de ferrugem entre as repetições.

Neste trabalho, adotou-se, para o modelo linear misto, a forma matricial, descrita em Iemma (1995), Iemma e Perri (1996), Searle (1987) e Smith et al. (2007).

$$y = Xq + Zu + e$$

Em que:

y = vetor de observações, de dimensão $n \times 1$;

X = matriz de planejamento dos efeitos fixos, conhecida, de dimensão $n \times p$;

q = vetor de efeitos fixos que compreende os principais efeitos para os blocos e as colheitas ou biênio e suas interações adicionados à constante, desconhecido, de dimensão $p \times 1$;

Z = matriz de planejamento dos efeitos aleatórios, conhecida, de dimensão $n \times q$;

u = vetor de efeitos aleatórios das progênes para colheitas individuais ou bienal, desconhecido, de dimensão $q \times 1$

e = vetor de erros aleatórios não observáveis, de dimensão $n \times 1$.

Utilizou-se, nas análises, o procedimento PROC MIXED do programa SAS - Statistical Analysis System Institute (SAS INSTITUTE, 2009). Adequado para a análise de modelos mistos desbalanceados, pois distingue claramente os efeitos fixos e os aleatórios (LITTELL et al., 1996). Este procedimento utilizado para ajuste de modelos lineares mistos permite uma especificação geral da matriz de variâncias e covariâncias e ajusta o modelo misto por meio do método dos mínimos quadrados generalizados. A estrutura de variância R e G segue abaixo:

$$R = R_h \otimes I_n$$

Em que:

R_h é a matriz de covariância residual que acomoda correlação temporal (entressafra) e variância, possivelmente, heterogênea nas colheitas para cada parcela.

I_n representa a matriz identidade $n \times n$ e n é o número de parcelas.

$$G = G_h \otimes I_p$$

Em que:

G_h é a matriz de covariância genética para colheitas.

I_p representa a matriz identidade $p \times p$ e o símbolo p representa o número de híbridos.

3.7 Análise de Incidência e severidade de Ferrugem

Para as características incidência e severidade de ferrugem, foram feitas análises de variâncias dos dados adotando significâncias de 5% de probabilidade, para o teste F. As análises foram feitas, utilizando-se o programa computacional 'Sisvar', desenvolvido por Ferreira (2000). Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3.8 Método de seleção

Os índices de seleção utilizados foram o índice de seleção direta, que compara a média de cada tratamento com a média geral do experimento, ou a média da melhor testemunha, e o índice de Mulamba e Mock (1978) por ser um índice de fácil utilização e interpretação e que se caracteriza por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias (ATROCH et al., 2010). Também é conhecido como índice de soma de postos, é obtido, após o ordenamento dos ganhos genéticos, para cada genótipo, quanto ao caráter avaliado no sentido desejado e posterior somatória de suas classificações, resultando em uma média adicional tomada como índice de seleção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade e Vigor Vegetativo

Para a apresentação e discussão das características avaliadas neste trabalho, foram considerados os valores genotípicos que são resultantes da soma dos efeitos genotípicos de cada progênie com a média geral. Os valores de produtividade variaram entre 31,09 sacas ha⁻¹ (progênie 11) a 36,11 sacas por hectare (progênie 23). Em torno de 60% das progênies apresentaram produtividade superior à média geral do experimento, que foi 33,48 sacas ha⁻¹, sendo essa média de produtividade considerada satisfatória por tratar-se de cultivo de café em condições de sequeiro (TABELA 2). Em trabalhos de seleção de progênies, derivadas do cruzamento, em que um dos parentais pertence ao grupo Icatu, valores semelhantes aos deste trabalho para produtividade média foram encontrados por Petek et al. (2006).

Tabela 2 - Ranqueamento individual para o valor genotípico de produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado/ha e vigor vegetativo, de 25 progênies de cafeeiro, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

(Continua)

Produtividade		Vigor	
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie
36,11	23	7,94	4
35,78	9	7,67	11
35,06	3	7,57	5
34,80	2	7,51	7
34,56	13	7,46	20
34,33	8	7,45	10
34,18	17	7,45	15
34,11	22	7,43	3
33,78	16	7,43	14
33,73	4	7,43	24*

Tabela 2 - Ranqueamento individual para o valor genotípico de produtividade em sacas de 60 kg de café beneficiado/ha e vigor vegetativo, de 25 progênes de cafeeiro, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

(Conclusão)

Produtividade		Vigor	
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie
33,62	24*	7,39	13
33,61	5	7,37	8
33,59	1	7,37	23
33,56	18	7,34	21
33,35	10	7,30	6
33,18	14	7,30	18
33,15	21	7,27	19
32,93	19	7,25	25*
32,84	7	7,24	9
32,44	15	7,24	17
32,27	6	7,17	16
32,25	12	7,17	2
31,50	25*	7,15	12
31,32	20	7,11	1
31,09	11	6,86	22
Media Geral		Media Geral	
33,48		7,36	

* Cultivares usadas como testemunhas.

E-BLUP: Valor genotípico mais a média de cada característica.

Cerca de 40 % das progênes se destacaram, pois apresentaram valores genotípicos de produtividade acima da média da melhor testemunha (progênie 24, “Icatu” x “Catimor”), que foi de 33,62 sacas ha⁻¹, sendo este um material genético sabidamente produtivo. Botelho (2006), trabalhando com progênes oriundas do cruzamento de Icatu X Catimor em geração F₄, obteve produtividades que chegaram a 55,85 sacas ha⁻¹ na média das seis primeiras colheitas para essa progênie testemunha.

Considerando apenas a característica produtividade, para a seleção e índice de seleção de 20 % das progênes, ou seja, as cinco melhores colocadas, seriam selecionadas as progênes 23, 9, 3, 2, e 13, por apresentarem as maiores produtividades.

Para a característica vigor vegetativo, formaram-se dois grupos distintos de progênes, com 24 progênes apresentando vigor vegetativo médio acima de sete e somente uma progênie com vigor inferior a sete. Destacaram-se 13 progênes que obtiveram notas acima da média do experimento e nove progênes com notas acima da testemunha 24; as cinco progênes com maior vigor vegetativo foram a 4, 11, 5, 7 e 20. Valores semelhantes para vigor vegetativo foram encontrados em trabalho realizado por Botelho (2006). Elevado vigor vegetativo correlaciona-se, positivamente, com a adaptação da cultivar com o ambiente, refletindo em plantas com menor depauperamento (SEVERINO et al., 2002).

Das cinco progênes com maiores notas de vigor vegetativo, três apresentam produtividade abaixo da média do experimento, que são as progênes 11, 20 e 7 (TABELA 2), o que indica uma situação desfavorável, para o melhoramento, considerando a seleção apenas pela característica vigor vegetativo.

Com nota de vigor vegetativo abaixo de sete ficou apenas a progênie 22, porém com produtividade superior à média geral e as testemunhas, mais uma vez indicando uma condição desfavorável para seleção, se apenas o vigor vegetativo for utilizando como critério de seleção. Carvalho et al. (2012) encontraram valores de vigor vegetativo, para cultivares dos grupos Catucaí, Obatã, Araçuaçu e Paraíso, que variaram entre 5,9 a 7,5, resultados muito semelhantes aos encontrados neste trabalho.

4.2 Porcentagem de Peneira 17, Peneira 10 e Fundo

A classificação por peneiras é indicada, por ser uma característica relacionada com os padrões de qualidade do produto (FONSECA, 1999). Para a variável peneira 17 e acima, merecem destaque as progênies 11 e 12, com porcentagem acima de 30%, valores considerados adequados para o mercado de café e, principalmente, para cafés especiais. Esse resultado se compara aos encontrados por Laviola et al. (2006) que verificaram que a cultivar Icatu obteve maiores percentuais de grãos retidos em peneira 17 e acima, quando comparada com as cultivares Catuaí e Rubi. A progênie 11 apresentou, também, bom vigor vegetativo, porém menor produtividade em relação à média geral e à testemunha 24 (TABELA 3).

Tabela 3 - Ranqueamento individual para o valor genotípico de Peneira 17 e acima, Peneira 10 e Fundo, de 25 progênies de cafeeiro, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Peneira 17		Peneira 10		Fundo	
E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie	E-BLUP	Progênie
32,19	11	24,97	8	44,32	12
31,72	12	25,10	3	45,02	6
29,87	1	25,28	13	45,35	11
27,87	20	25,33	5	46,41	20
27,62	24*	25,41	4	46,63	9
27,39	5	25,50	18	47,15	25*
27,23	6	25,76	7	47,16	1
26,43	3	25,85	1	47,62	16
26,42	17	25,89	23	47,89	10
25,50	9	25,96	11	48,04	2
24,85	4	25,98	21	48,15	15
24,74	13	26,06	25*	48,57	17
24,70	2	26,18	17	48,75	24*
24,26	16	26,27	24*	48,84	5
23,40	18	26,51	19	48,88	14
23,34	22	26,59	22	48,94	3
22,94	10	26,82	2	50,23	4
22,80	25*	26,85	16	50,43	13
21,98	21	27,00	20	50,44	22
21,43	7	27,47	6	50,82	19
20,70	14	27,74	14	50,86	18
20,29	23	27,88	12	51,22	21
19,00	8	27,99	15	51,31	7
18,08	19	28,07	10	51,69	23
17,80	15	28,93	9	53,83	8
Média geral		Média geral		Média geral	
24,50		26,46		48,74	

*Cultivares usadas como testemunhas

E-BLUP: Valor genotípico mais a média de cada característica.

O bom resultado da progênie 12 para essa característica justifica-se, pois é resultante do cruzamento com a cultivar Acaiá sabidamente material genético que apresenta peneira média elevada (FAZUOLI et al., 2007).

Das 25 progênies avaliadas, 13 ficaram acima da média do experimento, para porcentagem de grãos retidos em peneira 17 e acima e quatro delas estão entre as progênies mais produtivas, que são as progênies 9, 3, 13 e 1 (TABELA 3), evidenciando uma oportunidade interessante para seleção de progênies e avanço de geração. O pior resultado em relação à porcentagem de grãos retidos em peneira 17 e acima foi apresentado pela progênie 15, que, também, apresentou produção abaixo da média do experimento.

Genótipos que apresentam alto percentual de grãos de peneira 17 e acima são, usualmente, selecionados pelos melhoristas de café, por serem desejados pelos produtores, que visam atender, principalmente, os mercados consumidores mais exigentes. Valores altos para peneira podem ser expressos não apenas como indicativos da boa constituição genética dos cafeeiros, para esta característica, mas também podem refletir as boas condições de nutrição e sanidade da lavoura cafeeira durante o desenvolvimento dos frutos (CARVALHO, 2014).

Para a variável porcentagem de peneira 10, destacaram-se 14 progênies que obtiveram valores mais baixos que a média do experimento. Destaque para a progênie 3 que obteve o segundo menor percentual de grãos peneira 10 e foi, também, superior à média geral e à testemunha 24 para a variável grãos de peneira 17 e acima, além de estar entre as mais produtivas do experimento. Cerca de 44% das progênies apresentaram percentuais de grãos peneira 10, acima da média do experimento, e o pior resultado para essa variável ficou com a progênie 9, com alto percentual, condição considerada desfavorável para a seleção.

Para a variável porcentagem de peneira fundo, 12 progênes apresentaram resultados abaixo da média do experimento, mas com destaque para cinco progênes que ficaram com valores menores que a testemunha 25 (Icatu X Catimor), que são as progênes 12, 6, 11, 20 e 9 (TABELA 3). Dentre estas, a progêne nove merece destaque, por encontrar-se, também, entre as cinco progênes mais produtivas, porém apresentou elevado percentual de peneira 10.

4.3 Soma de Postos

A escolha do índice de seleção foi realizada com base na facilidade de utilização e interpretação. É feito um ranqueamento, de acordo com o ganho de seleção de cada característica, para cada progêne e, logo após, esse ranqueamento é somado, obtendo-se a soma de postos. Assim, quanto menor for o valor obtido na soma de postos, melhor é o desempenho da progêne, em relação às características avaliadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Para este trabalho, adotou-se peso dois para a característica produtividade em relação às outras características, por ela ser de maior interesse para o melhoramento genético.

Quando analisadas separadamente, foi apresentado um resultado das cinco melhores progênes, para cada característica, mas quando foi feita a soma de postos, esse resultado foi alterado. Das cinco melhores progênes, para a característica produtividade, somente duas delas estão entre as melhores pela soma de postos, que são as progênes 3 e 13 (TABELA 4); além da característica produtividade, essas duas progênes ficaram, também, entre as cinco melhores para a característica menor percentual de grãos retidos em peneira 10.

Tabela 4 - Ranqueamento com base na soma de postos de 25 progênies de cafeeiro, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), na média de quatro colheitas, avaliadas em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Ranqueamento	Progênies	Soma de postos
1	5	19
2	3	20
3	4	22
4	11	26
5	13	29
6	24*	35
7	8	39
8	20	40
9	7	41
10	1	42
11	18	44
12	23	45
13	17	46
14	6	53
15	21	53
16	2	54
17	10	55
18	9	55
19	16	58
20	12	58
21	14	59
22	25*	60
23	22	61
24	15	65
25	19	65

*Cultivares usadas como testemunhas

Quanto ao vigor vegetativo, três das cinco melhores progênies, para essa característica, ficaram entre as cinco melhores, de acordo com a soma de postos, que são as progênies 5, 4 e 11 (TABELA 4). Destaque para a progênie 5, que foi

a primeira colocada pela soma de postos, mostrando ser um material genético muito interessante, para o avanço de seleção, por apresentar o melhor resultado quando analisadas todas as características conjuntamente.

Para a característica porcentagem grãos retidos em peneira 17 e acima e grão fundo, somente a progênie 11 (primeira colocada para peneira 17 e acima e terceira colocada para peneira fundo) ficou entre as cinco melhores selecionadas pela soma de postos (TABELA 4). Além dessas características, a progênie 11 encontra-se entre as melhores classificadas, também, para vigor vegetativo, ocupando a segunda colocação para essa característica.

Quando se analisa a característica porcentagem grãos de peneira 10, pode-se observar que quatro das cinco melhores progênies selecionadas, para essa característica, estão entre as melhores, de acordo com a soma de postos, que são as progênies 5, 3, 4 e 13. Dessas quatro progênies, duas estão entre as cinco melhores para a característica vigor vegetativo, progênies cinco e quatro. As outras duas progênies, três e 13, estão entre as cinco mais produtivas, mostrando-se interessantes para o avanço de seleção.

4.4 Impacto da seleção direta em relação à soma de postos

O impacto da seleção direta, em relação à soma de postos, para a característica produtividade, teve uma diferença média de 4,59% de ganho de seleção (TABELA 5), comparando as cinco melhores progênies. As progênies selecionadas, diretamente, para essa característica, em comparação com a testemunha 1, que obteve maior média em relação à testemunha 2 e à média geral do experimento, apresentaram um ganho de seleção de 4,93 %. Quando se comparam as progênies que foram selecionadas pela soma de postos, esse ganho fica em apenas 0,35%. Isto se explica pelo fato de que das progênies, que ficaram entre as cinco melhores pela soma de postos, somente duas estão entre

as cinco melhores selecionadas pela seleção direta para a característica produtividade.

Tabela 5 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para produtividade em relação à testemunha 1 entre as 5 progênie mais produtivas e as cinco primeiras colocadas na soma de postos de progênie de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Progênie	GS Prod/ T1	Progênie	GS/SP
23	7,27	5	0,35
9	6,37	3	4,36
3	4,36	4	0,67
2	3,64	11	-6,64
13	2,99	13	2,99
Média	4,93		0,35

GS Pros/T1, ganho de seleção em produtividade em relação à testemunha 1.

GS/SP, ganho de seleção para produtividade em relação a soma de postos.

Para a característica vigor vegetativo, o impacto da seleção direta em relação à seleção por soma de postos, obteve uma diferença bem menor. Com a seleção direta o ganho de seleção foi de 3,75%, em relação à média do experimento, utilizada por ser superior à média das testemunhas 1 e 2. O ganho de seleção das progênie selecionadas com a soma de postos foi de 3,34%, a diferença entre os dois métodos foi de apenas 0,41% (TABELA 6). Isso é explicado pelo fato de que das cinco progênie selecionadas, diretamente, para vigor vegetativo, três delas, também, estão entre as cinco melhores selecionadas pela soma de postos.

Tabela 6 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para vigor vegetativo em relação à média geral entre as 5 progênes mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênes de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Progênie	GS Vi/ MG	Progênie	GS/SP
4	7,91	5	2,94
11	4,29	3	1,03
5	2,94	4	7,91
7	2,15	11	4,29
20	1,49	13	0,52
Média	3,75		3,34

GS Vi/MG, ganho de seleção em vigor vegetativo em relação à média geral.

GS/SP, ganho de seleção para vigor vegetativo em relação à soma de postos.

Para grãos retidos em peneira 17 e acima, o impacto do ganho de seleção direta foi muito grande comparado com o ganho de seleção em relação à soma de postos. A diferença do ganho de seleção entre os dois métodos foi de 10,36%. O ganho de seleção com a seleção direta para essa característica foi de 20,27%, e com a soma de postos foi de apenas 9,91%. A razão dessa diferença é pelo fato de que apenas uma progênie selecionada pela soma de postos, que é a progênie 11 (TABELA 7), encontra-se entre as cinco melhores selecionadas, diretamente, para grãos de peneira 17 e acima.

Tabela 7 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para grãos retidos em peneira 17 e acima em relação à testemunha 1 entre as 5 progênes mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênes de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Progênie	GS P17/ T1	Progênie	GS/SP
11	29,12	5	10,92
12	27,34	3	7,31
1	20,32	4	1,31
20	12,77	11	29,12
24	11,81	13	0,90
Média	20,27		9,91

GS P7/T1, ganho de seleção p/ grão peneira 17 e acima em relação à testemunha 1.

GS/SP, ganho de seleção p/ grãos peneira 17 e acima em relação à soma de postos.

O impacto de seleção, para a característica grãos de peneira 10, foi pequeno, quando comparado ao ganho da seleção direta com o ganho da soma de postos, a diferença foi de apenas 0,77% (TABELA 8). Essa pequena diferença se explica pelo fato de que das 5 melhores progênes selecionadas, diretamente, para essa característica, 4 delas, também, foram selecionadas pela soma de postos.

Tabela 8 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para grãos retidos em peneira 10 em relação à testemunha 1 entre as 5 progênies mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Progênie	GS P10/ T1	Progênie	GS/SP
8	-5,82	5	-4,42
3	-5,32	3	-5,32
13	-4,62	4	-4,10
5	-4,42	11	-1,93
4	-4,10	13	-4,62
Média	-4,85		-4,08

GS P10/T1, ganho de seleção para grão peneira 10 em relação à testemunha 1.

GS/SP, ganho de seleção para grãos peneira 10 em relação à soma de postos.

Para a característica grãos de peneira fundo, ocorreu o mesmo fato observado em grãos de peneira 17 e acima, ou seja, uma diferença muito grande em relação ao ganho com a seleção direta e o ganho com a soma de postos. A diferença entre os dois métodos ficou em 7,15% (TABELA 9), fato, também, explicado pela presença de apenas uma progênie das 5 melhores selecionadas pela soma de postos, entre as 5 melhores selecionadas pela seleção direta para essa característica.

Tabela 9 - Impacto do índice de seleção direto em comparação com a soma de postos para peneira fundo em relação à testemunha 2 entre as 5 progênes mais produtivas e as 5 primeiras colocadas na soma de postos de progênes de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

“	Progênie	GS F/T2	Progênie	GS/SP
	12	-9,83	5	0,22
	6	-8,28	3	0,44
	11	-7,54	4	3,32
	20	-5,18	11	-7,54
	9	-4,69	13	3,75
Média		-7,11		0,04

GS F/T2, ganho de seleção para grão peneira fundo em relação à testemunha 2.

GS/SP, ganho de seleção para grãos peneira fundo em relação à soma de postos.

4.5 Incidência e severidade de ferrugem

A avaliação da severidade, além da incidência da ferrugem, é justificada pela importância, para a seleção de progênes, porque aquelas que apresentam menor severidade, provavelmente, toleram mais a doença pela menor desfolha. Outro aspecto de relevância é que uma menor severidade pode indicar resistência horizontal (ABREU, 1978) e, segundo Ribeiro, Bergamim Filho e Carvalho (1981), em condições naturais de epidemia, a severidade é o componente que melhor discrimina níveis de resistência horizontal.

Para incidência de ferrugem, formaram-se três grupos distintos de progênes de maior e menor incidência. Cerca de 76% das progênes ficaram no grupo de menor incidência do patógeno, o que era esperado, considerando-se que seleções do grupo Icatu participaram do cruzamento para obtenção da quase totalidade das progênes avaliadas. Neste grupamento superior, merecem destaque as progênes 13 e 3 (TABELA 10), que, também, ficaram entre as cinco melhores, para a característica produtividade e entre as cinco melhores pela soma de postos, apresentando médias de 8,33 e 13,33% para incidência da doença. Botelho et al. (2010), trabalhando com progênes obtidas do cruzamento

de Icatu com Catimor, obtiveram médias semelhantes para incidência do patógeno nas melhores progênies estudadas.

Tabela 10 - Tabela de médias para incidência de ferrugem (%) em progênies de cafeeiro em ensaio instalado em Patrocínio – MG, Lavras 2016.

Tratamentos	Médias
19	5.00 a
7	6.67 a
15	6.67 a
21	6.67 a
8	8.33 a
13	8.33 a
25	10.00 a
11	10.00 a
14	10.00 a
24	11.67 a
6	11.67 a
18	13.33 a
3	13.33 a
23	15.00 a
20	15.00 a
2	16.67 a
1	16.67 a
5	18.33 a
17	18.33 a
9	23.33 b
4	25.00 b
16	26.67 b
22	30.00 b
12	38.33 b
10	55.00 c

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

No grupo intermediário de incidência da doença, encontram-se cinco progênies; são elas as progênies 9, 4, 16, 22 e a 12 (TABELA 10). Dentre essas progênies, merece destaque a progênie 9 que, também, ocupa o segundo lugar entre as mais produtivas. Segundo Botelho et al. (2010), a incidência intermediária de ferrugem de uma progênie é importante, considerando-se que

não é possível selecionar progênies com resistência horizontal em progênies que não apresentam incidência da doença, pois essas, provavelmente, apresentam resistência do tipo vertical ou específica, que impede a manifestação da resistência horizontal. Essa incidência mais elevada pode ser explicada pela alta produtividade. Salgado et al. (2007), trabalhando com cultivares de café susceptíveis e cultivares resistentes ao patógeno, pode observar que as cultivares que mais produziram foram as mais atacadas pela doença. Um dos fatores que aumentam a incidência da ferrugem é a carga pendente alta (ZAMBOLIM et al., 2002). Também chama atenção o resultado da progênie 4, que, apesar de apresentar um valor mais elevado de incidência da doença, apresenta um ótimo vigor vegetativo e encontra-se entre as cinco progênies selecionadas pela soma de postos.

A progênie 10 (Icatu V. IAC 2942 x IAC 5002), foi a que apresentou a maior incidência da doença (TABELA 11), além de apresentar produtividade e percentual de grãos peneira 17 e acima abaixo da média do experimento e uma quantidade de grãos retidos em peneira 10 acima da média do experimento. Esses fatos levam à eliminação dessa progênie na continuidade do melhoramento dessa população.

Para a característica severidade da doença, foram identificados dois grupos. No grupo de menor severidade, as médias ficaram entre 0,67 a 1,67, amplitude semelhante aos resultados encontrados por Botelho et al. (2010). Esses autores encontraram valores 0,40 a 1,10 para as progênies consideradas mais resistentes, valores estes muito próximos aos encontrados neste trabalho. No grupo de maior severidade as médias ficaram entre 2,0 a 3,67. Segundo Botelho (2006), as progênies, que ficaram no grupo intermediário de severidade da doença, obtiveram notas na mesma faixa da testemunha utilizada em seu trabalho, que era a cultivar Rubi 1192, que apresentou valores médios de severidade de 2,7, valores estes semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Das 25 progênies, 11 delas ficaram no grupo com menor severidade da doença, que são elas, as progênies 19, 7, 6, 11, 15, 25, 20, 1, 13, 21 e 8 (TABELA 11). Dessas progênies se destacam as progênies 11 e 13, que, além da menor severidade e incidência da ferrugem, ranquearam entre as cinco melhores selecionadas pela soma de postos; a progênie 13, também, destacou-se entre as progênies mais produtivas.

Tabela 11 - Tabela de médias para severidade de ferrugem em progênies de cafeeiro, em ensaio instalado em Patrocínio MG. Lavras 2016, EPAMIG.

Tratamentos	Médias
19	0.67 a
7	1.00 a
6	1.00 a
11	1.00 a
15	1.00 a
25	1.00 a
20	1.33 a
1	1.33 a
13	1.67 a
21	1.67 a
8	1.67 a
23	2.00 b
24	2.00 b
18	2.33 b
3	2.33 b
4	2.33 b
14	2.33 b
9	2.67 b
2	2.67 b
22	2.67 b
17	2.67 b
5	3.00 b
12	3.33 b
16	3.33 b
10	3.67 b

Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo agrupamento pelo teste de Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

As progênies 13 (Icatu V. IAC 4040 x IAC 5002) e 3 (Icatu A. IAC 2944 x IAC 5002) mostram-se como mais promissoras, para o avanço de gerações na população avaliada, por estarem entre as cinco progênies mais produtivas, as cinco progênies selecionadas pela soma de postos e entre as progênies que apresentam menor incidência de ferrugem.

O ganho de seleção obtido com a seleção direta, para as características avaliadas, é superior aos ganhos obtidos pela soma de postos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. S. de. **Resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br emcafeeiros descendentes do Híbrido de Timor**. 1978. 68 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1978.
- ATROCH, A. L. et al. Avaliação e seleção de progênies de meios irmãos de guaranazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 53, n. 2, p. 123-130, jul./dez. 2010.
- BETTIOL, W. et al. Seleção de bactérias endofíticas como agentes de biocontrole da ferrugem do cafeeiro em discos de folhas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, p. 223-224, 2004. Suplemento.
- BOTELHO, C. E. **Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor no Estado de Minas Gerais**. 2006. 73 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BOTELHO, C. E. et al. Evaluation of coffee progenies from crosses between the Icatu and Catmor cultivars (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 10-19, jan./jun. 2007.
- BOTELHO, C. E. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas pelo cruzamento de Icatu com Catimor. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 3, p. 274-281, maio/jun. 2010.
- BRITO, G. G. de et al. Inheritance of coffee leaf rust resistance and identification of AFLP markers linked to the resistance gene. **Euphytica**, Wageningen, v. 173, n. 2, p. 255-264, 2010.
- CABRAL, P. G. C. et al. Identification of a new race of *Hemileia vastatrix* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, Melbourne, v. 4, p. 129-130, 2009.
- CAPUCHO, A. S. et al. Herança da resistência do Híbrido de Timor UFV 443-03 à ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 276-282, mar. 2009.
- 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, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIEGAS, G. A. (Ed.). **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1993. cap. 2, p. 29-76.

CARVALHO, A.; MONÂCO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Melhoramento do café XL: estudos de progênes e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, 1979.

CARVALHO, A. M. et al. Avaliação de progênes de cafeeiros obtidas do cruzamento entre catuaí e híbrido de timor. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 249-253, 2008.

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

CARVALHO, J. P. F. **Seleção de progênes de cafeeiro oriunda da hibridação de cultivares Catuaí com germoplasma Icatú e Híbrido de Timor**. 2014. 82 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

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

CONCEIÇÃO, A. S.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. Avaliação e seleção de progênes F3 de cafeeiros de porte baixo com o gene *SH3* de resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 547-559, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café, safra 2015, quarto levantamento, dezembro 2015**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_02_47_boletim_cafe_dezembro_2015_2.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

CONSÓRCIO PESQUISA CAFÉ. **Cultivares de café**. Disponível em: <<http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/index.php/2016-05-09-18-10-56>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

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

COSTA, M. J. N. et al. Resistência de progênies de café Catimor à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. 121-130, 2007.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, p. 150-155, 2007.

COSTA, W. M. Relação entre grau de resistência a *Hemileia Vastatrix* e produtividade do café Icatu. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 1-9, 1978.

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

EIRA, M. T. S. et al. Aumento da variabilidade genética do café. **Informativo da Cooperative dos Cafeicultores da Região de Garça**, Garça, v. 8, n. 89, p. 1345-1350, set. 2003.

ESKES, A. B. et al. Race-specificity and inheritance of incomplete resistance coffee leaf rust in some Icatu coffee offspring and derivatives of Híbrido de Timor. **Euphytica**, Wageningen, v. 47, p. 11-19, 1990.

FAVARIN, J. L. **Botânica, morfologia e zoneamento agrícola do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2011. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv504/Aula%202%20-%20Botanica,%20morfologia%20e%20zoneamento%20agricola%20do%20cafeiro.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

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

FAZUOLI, L. C. et al. Cultivares de café arábica um patrimônio da cafeicultura. **Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/oagronomico/cultivares>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

FAZUOLI, L. C. et al. Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agronômico de Campinas. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. cap. 5, p. 163-215.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FONSECA, A. F. A. **Análises biométricas de café conillon (*Coffea canéfora* Pierre)**. 1999. 121 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999. 1 CD-ROM.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

HERRERA, P. J. C. et al. Genetic analysis of partial resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) introgressed into the cultivated *Coffea arabica* L. from the diploid *C-canephora* species. **Euphytica**, Wageningen, v. 167, n. 1, p. 57-67, 2009.

IEMMA, A. F. Análise de variância de dados desbalanceados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE USUÁRIOS DO SAS, 4., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. p. 111.

IEMMA, A. F.; PERRI, S. H. V. Procedimentos do sistema estatístico "SAS" para análise de modelos mistos. **Multiciência**, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 38-58, 1996.

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

LITTELL, R. C. et al. **SAS system for mixed models**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996. 633 p.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

- MATIELLO, J. B. Critérios para escolha de cultivar de café. In: _____. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2008. v. 1, p. 157-226.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento; Varginha: PROCAFÉ-SPAÉ; DECAF, 2005. 438 p.
- MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: _____. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 39-99.
- MÔNACO, L. C.; CARVALHO, A. Resistência a *Hemileia vastatrix* no melhoramento do cafeeiro. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 27, n. 10, p. 1070-1081, out. 1975.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.
- ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **O café como produto global 2**. Disponível em: <<http://www.ico.org>>. Acesso em: 21 maio 2016.
- PEREIRA, A. A. et al. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. cap. 3, p. 163-221.
- PEREIRA, T. B. et al. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 230-236, 2013.
- PEREIRA, T. B. et al. Seleção de progênies F4 de cafeeiros obtidas de cultivares do grupo Icatu. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 337-346, jul./set. 2013.
- PETEK, M. F. et al. Seleção de progênies de *Coffea arabica* com resistência simultânea à mancha aureolada e à ferrugem alaranjada. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 65-73, 2006.
- PETEK, M. F.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. de. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação do frutos de cultivares *coffea arábica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2008.

PRAKASH, N. S. et al. Introgression molecular analysis of a leaf rust resistance gene from *Coffea liberica* into *C-arabica* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 109, n. 6, p. 1311-1317, 2004.

RAMIRO, D. A. et al. Biphasic haustorial differentiation of coffee rust (*Hemileia vastatrix* race II) associated with defence responses in resistant and susceptible coffee cultivars. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 58, n. 5, p. 944-955, 2009.

RIBEIRO, I. J. A.; BERGAMIM FILHO, A.; CARVALHO, P. C. T. Avaliação da resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. em cultivares de *Coffea arabica* L. em condições naturais de epidemia. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 7, n. 1/2, p. 80-95, abr./jun. 1981.

RIBEIRO, L. S. **Cultura in vitro de embriões e segmentos nodais do cafeeiro (*Coffea Arabica* L.)**. 2001. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ROMERO, G. G. et al. Partial resistance to leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in coffee (*Coffea arabica* L.): genetic analysis and molecular characterization of putative candidate genes. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 25, n. 4, p. 685-697, 2010.

SALGADO, B. G. et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevêlea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1067-1074, jul./ago. 2007.

SEARLE, S. R. **Linear models for unbalanced data**. New York: J. Wiley, 1987. 536 p.

SEVERINO, L. S. et al. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. Catimor). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, p. 1467-1471, 2002.

SILVA, M. D. C. et al. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 119-147, Mar. 2006.

SMITH, A. B. et al. Varietal selection for perennial crops where data relate to multiple harvests from a series of field trials. **Euphytica**, Wageningen, v. 157, p. 253-266, 2007.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT 9.0:** user guide. Cary, 2009. Software. Disponível em: <http://www.sas.com/pt_br/software/university-edition.html>. Acesso em: 11 ago. 2016.

VOSSEN, H. A. M. van der. A critical analysis of the agronomic and economic sustainability of organic coffee production. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 41, n. 4, p. 449-473, 2005.

ZAMBOLIM, L. et al. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002. p. 399-450.

ZAMBOLIM, L. et al. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. p. 134-215.