

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* À *Hemileia vastatrix*

RODOLFO FERREIRA DE MENDONÇA

ALEGRE

2013

RODOLFO FERREIRA DE MENDONÇA

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* À *Hemileia vastatrix*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade/ Fitopatologia

Orientador: Prof. D. Sc. Waldir Cintra de Jesus Junior
Co-orientadores: Prof. D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz
D. Sc. Romário Gava Ferrão

ALEGRE

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M539r Mendonça, Rodolfo Ferreira de, 1978-
Reação de genótipos de *Coffea canephora* à *Hemileia vastatrix* /
Rodolfo Ferreira de Mendonça. – 2013.
48 f. : il.

Orientador: Waldir Cintra de Jesus Junior.

Coorientadores: Marcelo Antônio Tomaz, Romário Gava Ferrão.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café - Cultivo. 2. Café - Doenças e pragas. 3. Plantas - Melhoramento genético. 4. *Hemileia vastatrix*. 5. Cafeeiro – Espírito Santo (Estado). I. Jesus Junior, Waldir Cintra de. II. Tomaz, Marcelo Antônio. III. Ferrão, Romário Gava. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

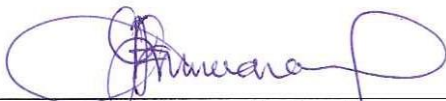
CDU: 63

RODOLFO FERREIRA DE MENDONÇA

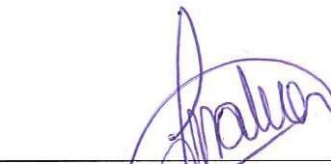
REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* À *Hemileia vastatrix*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade/ Fitopatologia

APROVADA: 20 de fevereiro de 2013.



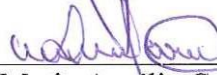
D. Sc. José Francisco Teixeira do Amaral
CCA-UFES (Membro interno)



D. Sc. Fábio Ramos Alves
CCA-UFES (Membro interno)



D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz
CCA-UFES (Co-orientador)



D. Sc. Maria Amélia Gava Ferrão
Embrapa Café/ Incaper (Membro externo)



D. Sc. Waldir Cintra de Jesus Junior
CCA-UFES (Orientador)

"Posso todas as coisas naquele que me fortalece." (Filipenses 4:13)

Dedicatória

Aos meus pais José Augusto e Marilda.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Ele ter me amado primeiro.

Aos meus pais José Augusto Teixeira de Mendonça e Marilda Melo Ferreira de Mendonça pelo apoio.

Às minhas irmãs e demais familiares pelo incentivo.

Ao professor D. Sc. Waldir Cintra de Jesus Junior, meu orientador, pelo apoio, dedicação, amizade e confiança depositada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), pela oportunidade de realização do curso.

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

Ao professor D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz pela colaboração, sugestões e esclarecimentos.

Aos D. Sc. Maria Amélia Gava Ferrão, DSc. Romário Gava Ferrão e DSc. Aymbiré Francisco Almeida da Fonseca do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) pela colaboração e sugestões.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Bananal do Norte, em especial al José Luiz, ao Paulo Marques e ao Tarcísio Lima, pela amizade e pelo apoio oferecidos.

A minha namorada Rebeca Leal Marcellos, que foi fundamental no auxílio para transpor essa etapa da minha vida, estando sempre comigo quando eu precisei, com paciência e dedicação.

Ao Wagner Nunes Rodrigues pelo auxílio durante todo o mestrado e no experimento.

Ao Laédio Magno Busato e ao Ângelo Oliveira Gonçalves pelo auxílio no experimento, principalmente no laboratório.

Aos amigos do laboratório de Fitopatologia, principalmente Lilianne Gomes e Tatiane Paulino, pela força e amizade

A todos os amigos que me ajudaram direta ou indiretamente, especialmente José Dias, José Henrique e Tiago Marçal, agradeço imensamente pela solicitude prestada.

Aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Agradeço a todos que contribuíram para que este trabalho tivesse sucesso. Obrigado por tudo.

BIOGRAFIA

RODOLFO FERREIRA DE MENDONÇA, filho de José Augusto Teixeira de Mendonça e Marilda Melo Ferreira de Mendonça, nasceu em Petrópolis - RJ, em 21 de setembro de 1978.

Em agosto de 2001, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa - MG.

Entre março de 2008 e fevereiro de 2011 atuou no Programa de Melhoramento Genético de Café Conilon do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN) como bolsista do Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento de Café (CBP&D - Café).

Em março de 2011, ingressou no Programa de Mestrado em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, concentrando seus estudos na Área de Fitossanidade/Fitopatologia, submetendo-se à defesa de dissertação em 20 de fevereiro de 2013.

RESUMO

MENDONÇA, Rodolfo Ferreira de. Universidade Federal do Espírito Santo, Fevereiro de 2013. **Reação de genótipos de *Coffea canephora* à *Hemileia vastatrix***. Orientador: D. Sc. Waldir Cintra de Jesus Junior. Co-orientadores: D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz e D. Sc. Romário Gava Ferrão.

O Estado do Espírito Santo é o maior produtor nacional de café conilon e a ferrugem é considerada a principal doença da cultura. Os genótipos de conilon podem apresentar comportamento diferenciado em relação à ferrugem. Dentro desta abordagem, é de fundamental relevância a caracterização dos materiais genéticos superiores para resistência à ferrugem, no sentido de direcionar a seleção no programa de melhoramento de café conilon em execução pelo Incaper (Instituto Capixaba de Assistência Técnica, Pesquisa e Extensão Rural). Portanto, este trabalho objetiva avaliar a reação à *Hemileia vastatrix* de 54 genótipos de *Coffea canephora* selecionados no referido programa de melhoramento. A coleta do material vegetal e do fungo foi feita na Fazenda Experimental de Bananal do Norte, pertencente ao Incaper, em Cachoeiro de Itapemirim, ES. O experimento foi conduzido no laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre, ES. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, onde cada repetição foi composta por 16 discos de folha, que foram acondicionados em gerbox e inoculados com 10^4 esporos.mL⁻¹ de *H. vastatrix*, com o auxílio de um pincel. Os gerbox foram colocados sob ausência de luz e 22°C por 48 horas e então em fotoperíodo de 12 horas até o término do experimento. Cinco dias após a inoculação, os discos foram limpos com algodão para evitar o aparecimento de hiperparasitas. A partir do décimo dia foi observado o aparecimento de sintomas e foram avaliados, até o 37º dia, o período de incubação, o período latente, a incidência, a porcentagem de discos esporulados, o número de esporos, e a severidade. Os dados foram analisados no programa R, através da correlação de Pearson e STEPWISE e no programa Genes para a análise de variância, Scott-Knott e análise multivariada. Com base nos resultados verificou-se a formação de três grupos de genótipos de café conilon: Resistentes, Intermediários e Suscetíveis. No grupo Resistente foram alocados 19 genótipos: 05, 09, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 20, 21, 22,

23, 24, 30, 33, 35, 37, 39 e 44; no grupo Intermediário foram alocados 19 genótipos: 01, 02, 04, 06, 07, 08, 10, 14, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 42, 45 e 50; e no grupo Suscetível foram alocados 16 genótipos: 03, 29, 32, 36, 38, 40, 41, 43, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53 e 54. Assim, com base nos resultados, conclui-se que há variação no nível de resistência dos genótipos de *C. canephora* à *H. vastatrix*. Tal informação deve ser considerada no momento da decisão de quais genótipos integrarão as novas cultivares a serem lançadas pelo Programa de Melhoramento de Café Conilon.

Palavras-chave: café conilon, ferrugem, melhoramento de plantas, clones, Espírito Santo.

ABSTRACT

MENDONÇA, Rodolfo Ferreira de. Universidade Federal do Espírito Santo, Fevereiro de 2013. **Reaction of genotypes of *Coffea canephora* to *Hemileia vastatrix***. Advisor: D. Sc. Waldir Cintra de Jesus Junior. Co-advisor: D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz e D. Sc. Romário Gava Ferrão.

The Espírito Santo state is the larger producer of conilon coffee in Brazil, and the leaf rust disease is considered the main disease of this culture. Genotypes of conilon coffee may have different behavior in relation to leaf rust. Within this approach, accurate characterization of genetic materials in search for superior leaf rust resistance is of fundamental importance, in order to assist the direct selection in the breeding program of conilon coffee being executed by Incaper (Instituto Capixaba de Assistência Técnica, Pesquisa e Extensão Rural). Therefore, this study aims to evaluate the reaction to *Hemileia vastatrix* of 54 genotypes of *Coffea canephora* selected in the referred breeding program of Incaper. The vegetal material and the fungus were collected in the Experimental Farm of Bananal do Norte, directed by Incaper, in Cachoeiro do Itapemirim, ES. The experiment was conducted in the laboratory of plant pathology of the Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Alegre, ES. A completely randomized experimental design was used, with three repetitions, and each plot was composed of 16 leaf discs, which were placed in gerbox and inoculated with 10^4 spores.mL⁻¹ of *H. vastatrix*, using a brush. The gerboxes were placed in the dark at 22 °C for 48 hours and then at photoperiod of 12 hours until the end of the experiment. Five days later the inoculation, the discs were cleaned with cotton to prevent the growth of hyperparasites. From the tenth day, the appearance of symptoms was observed and were evaluated, until the 37th day, the incubation period, the latent period, the incidence, the percentage of discs with sporulation, the spore numbers and the severity. The data were analyzed in the software R, for Pearson correlation and STEPWISE, and in the software GENES, for variance analysis, Scott-Knott test and multivariate analysis. Based on the results, three groups of genotypes of conilon coffee were formed: Resistant, Intermediate and Susceptible. In the Resistant group, 19 genotypes were allocated: 05, 09, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 33, 35, 37, 39 and 44; in the Intermediate were allocated

29 genotypes: 01, 02, 04, 06, 07, 08, 10, 14, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 31, 34, 42, 45 and 50; and in the Susceptible group were allocated 16 genotypes: 03, 29, 32, 36, 38, 40, 41, 43, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53 and 54. Therefore, based on the results, it is concluded that there is variation in the resistance level of the genotypes of *C. canephora* to *H. vastatrix*. Such information should be considered in the decision about which genotypes will integrate the new cultivars to be released by the breeding program of conilon coffee.

Keywords: conilon coffee, leaf rust, plant breeding, clones, Espírito Santo.

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO.....	12
2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1.	Cafeeiro conilon.....	14
2.2.	Ferrugem.....	15
2.3.	Melhoramento de café conilon quanto a resistência à ferrugem.....	18
3.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1.	Obtenção do material vegetal.....	21
3.2.	Obtenção do inóculo de <i>Hemileia vastatrix</i>	22
3.3.	Delineamento experimental.....	22
3.4.	Metodologia de inoculação.....	22
3.5.	Características avaliadas.....	25
3.6.	Análise estatística dos dados.....	26
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.0	CONCLUSÕES.....	36
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

1.0 INTRODUÇÃO

O café possui grande importância na agricultura mundial, tanto em termos econômicos quanto sociais, sendo considerado um dos produtos primários mais valiosos do mundo. A cafeicultura é uma atividade que além de empregar mão de obra, mantém o homem no campo e contribui na arrecadação de impostos (FASSIO; SILVA, 2007).

Em janeiro de 2013 as exportações de café totalizaram 9,7 milhões de sacas, 19,5% acima do total exportado em janeiro de 2012. Com isso, o total das exportações de todos os países negociadores subiu para 37,9 milhões de sacas, representando um aumento de 15,8% em relação ao mesmo período do ano passado. A maior parte desse aumento pode ser atribuída à expansão de 40,4% nas exportações de conilon, que aumentou para quase 48 milhões de sacas nos 12 meses findos em janeiro de 2013, de 37,7 milhões nos 12 meses anteriores. Estima-se que a receita gerada pelas exportações de conilon aumentou de US\$5,1 bilhões em 2011 para US\$6,1 bilhões em 2012 (ICO, 2013).

Em 2012, o Brasil produziu 50,83 milhões de sacas de café beneficiado, sendo 12,48 milhões de conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). O café conilon foi responsável por 25,29% da produção nacional de café e o Estado do Espírito Santo se destaca como o maior produtor nacional de *C. canephora*, com 77,30% da produção do país (CONAB, 2013). O café conilon apresenta boas propriedades, como teores mais elevados de sólidos solúveis e cafeína em relação a *C. arabica* L., para a produção de cafés solúveis e apresenta amplo emprego em 'blends' com café arábica na indústria de cafés torrados e moídos (FONSECA, 1999).

Pela sua grande importância no Estado, o café conilon é um importante foco de estudo. O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), vem desenvolvendo no Programa de Melhoramento Genético de Café Conilon, estratégias para explorar a variabilidade genética e lançar novas cultivares (FERRÃO, 2004). Paralelamente, foi estabelecido e vem sendo mantido um importante banco ativo de germoplasma com a espécie no Instituto, com muitos genótipos sob processo de avaliação genética e agrônômica (FERRÃO et al., 2007a).

Foram desenvolvidas e lançadas pelo Incaper, a partir de 1993, cinco cultivares clonais e uma propagada por sementes (BRAGANÇA et al., 1993; 2001; FERRÃO et al., 2009), atendendo aos objetivos de disponibilizar para os produtores materiais mais

uniformes, que facilitassem os tratos culturais e com melhor qualidade de grãos. Cada cultivar clonal é composta por, no mínimo, nove genótipos distintos mas compatíveis entre si, o que contribui para manter certa variabilidade genética dentro das lavouras. Desde então, a produtividade média do Estado aumentou em 230% (FERRÃO et al., 2012).

Dentre os fatores limitantes à produtividade do cafeeiro estão as doenças, destacando-se como principal a ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk et Br. A ferrugem pode causar prejuízos da ordem de 35 a 50% na produção dos cafeeiros em função das condições climáticas, da altitude, da produtividade da lavoura, entre outros fatores (ZAMBOLIM et al., 2002).

O uso de fungicidas para o controle da ferrugem onera o custo de produção, pode aumentar a probabilidade de intoxicação de aplicadores, a contaminação do meio ambiente pela deriva e a lixiviação dos excessos de produtos pulverizados no ambiente. O uso intensivo de fungicidas pode favorecer o aparecimento de isolados de *H. vastatrix* resistentes aos princípios ativos dos produtos, diminuindo a efetividade das aplicações, e a sustentabilidade da atividade. Portanto, é necessária a busca por práticas de manejo que sejam racionais, eficientes e economicamente viáveis.

A utilização de cultivares resistentes é o método mais eficaz no manejo de doenças e pragas e, portanto, a resistência à ferrugem em genótipos produtivos dos programas de melhoramento genético do país é constantemente buscada (BLISKA et al., 2011).

No trabalho de melhoramento genético em execução do Incaper tem sido realizada a avaliação de pragas e doenças dos diferentes materiais em condições de campo onde, aliada a outras características agrônomicas importantes, serão identificados os materiais promissores para composição de novas cultivares clonais para o Estado do Espírito Santo (OLIVEIRA et al., 2011).

Deste modo o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento de 54 genótipos de cafeeiro conilon à ferrugem oriundos do Programa de Melhoramento Genético do Incaper, em condições controladas. Tais informações serão extremamente importantes para a tomada de decisão quanto à composição dos genótipos que deverão fazer parte das futuras cultivares a serem lançadas por aquele instituto de pesquisa e para definição de estratégias de hibridação e seleção.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cafeeiro conilon

A espécie *C. canephora* começou a ser cultivada a partir de 1870, quando as plantações de *C. arabica* foram seriamente afetadas pela ferrugem causada por *Hemileia vastatrix* (BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988; SILVA, 2000).

Segundo Matiello e Almeida (1997), o café conilon passou a ser cultivado de forma expressiva no Brasil inicialmente no Estado do Espírito Santo e, posteriormente, em Rondônia e na Bahia.

C. canephora é uma espécie diplóide e alógama, com auto-incompatibilidade genética do tipo gametofítica (CONAGIN; MENDES, 1961). Devido a essa incompatibilidade, as plantas apresentam heterogeneidade quanto à arquitetura da parte aérea, vigor vegetativo, época e uniformidade de maturação dos frutos, formato e tamanho dos grãos, capacidade produtiva, suscetibilidade a pragas e doenças e tolerância à seca (BERTHAUD, 1986; CHARRIER; BERTHAUD, 1988; CARVALHO et al., 1991; FERRÃO et al., 2012). Devido à variabilidade fenotípica do café conilon, o Incaper iniciou, em 1985, o Programa de Melhoramento de *C. canephora*, com o objetivo de disponibilizar cultivares que melhor atendessem às demandas e necessidades dos cafeicultores (FERRÃO et al., 2012).

As cultivares clonais facilitam a disponibilização de material genético superior e uniforme para constituição das novas lavouras. Entretanto, tem-se o ônus de, em qualquer população clonal descendente de uma mesma planta matriz, ou de diferentes matrizes de um mesmo genótipo, ser geneticamente auto-incompatível. Portanto, para haver fecundação e formação de frutos é indispensável que se tenha na população, no mínimo, dois materiais genéticos distintos e que sejam compatíveis entre si (FERRÃO et al., 2012).

As cultivares clonais possuem um determinado número de genótipos que não devem ser excluídos, descaracterizando a cultivar e podendo gerar erosão genética com queda na variabilidade genética e comprometimento da estabilidade da espécie (FERRÃO et al., 2012).

Algumas doenças afetam a espécie *C. canephora* e podem comprometer sua produtividade, como a mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*), mancha de

corynespora (*Corynespora cassiicola*), mancha de ascochyta (*Ascochyta coffeae*), mancha manteigosa (*Colletotrichum gloeosporioides* e *C. acutatum*) e a ferrugem do cafeeiro (*H. vastatrix*), sendo esta a mais importante (SOUZA et al., 2009).

2.2. Ferrugem

A ferrugem é uma das doenças mais importantes para a cultura do café, pois nas regiões em que se estabeleceu, causou danos significativos à produção dos cafeeiros (SILVA, 2000). Inclusive, no Sri Lanka, antigo Ceilão, pouco mais de dez anos após a primeira constatação do ataque de ferrugem em plantas de café arábica a atividade foi dizimada pela doença (RODRIGUES JÚNIOR, 1990).

No Brasil, a doença foi relatada pela primeira vez em 1970 no Estado da Bahia e apenas quatro meses depois foi diagnosticada em quase todos os estados brasileiros, e em menos de uma década, atingiu toda a América Latina (ZAMBOLIM et al., 1997).

A doença é causada por *H. vastatrix*, um fungo biotrófico que ocorre, de forma generalizada, em todo o estado do Espírito Santo e que foi descrito em 1869 por Berkeley e Broom, baseando-se na característica típica dos uredósporos, os quais apresentam a parede lisa internamente e verrugosa do lado externo em formato reniforme. Na realidade, o patógeno pode produzir três tipos de esporos: uredósporos, teliósporos e basidiósporos.

A disseminação da doença ocorre principalmente por meio da chuva e do vento, a curtas e a longas distâncias, respectivamente; também pode ocorrer através de insetos, animais e até mesmo por influência do homem e maquinário (MATIELLO; ALMEIDA, 2006).

Segundo Capucho (2011), a faixa de temperatura ótima para infecção em cafeeiro conilon está entre 21,6 e 23,6°C. Temperaturas extremas, como as inferiores a 10°C e superiores a 35°C, limitam o desenvolvimento da ferrugem, pois há menor expansão das lesões, reduzindo o progresso da doença. Isso foi provado para café arábica (RIBEIRO et al., 1987; BROWN et al., 1995; COUTINHO et al., 1995; CHALFOUN et al., 2001; MARTINS et al., 2003; CONCEIÇÃO et al., 2005; SANTOS et al., 2008) e para café conilon (CAPUCHO, 2011).

Este patógeno possui hábito de penetração e esporulação através dos estômatos presentes na superfície abaxial das folhas do cafeeiro, na presença de água. A germinação dos uredósporos leva de 6 a 8 horas, onde são emitidos de um a três tubos germinativos, ocorrendo a formação de um apressório sobre um estômato, dando origem, em seguida, à hifa de penetração. O desenvolvimento da hifa leva à colonização das células subsidiárias e do mesófilo foliar do cafeeiro, à formação de micélio intercelular e dos haustórios dentro das células. Em cafeeiros suscetíveis, a colonização do mesófilo dá origem às pústulas, que esporulam na forma de buquê através dos estômatos.

Os sintomas da doença são bem característicos, manifestando-se principalmente na face inferior das folhas. Aparecem manchas amarelo-pálidas, inicialmente pequenas que evoluem rapidamente, e em poucos dias aumentam gradativamente de tamanho e formam pústulas circulares, pulverulentas, de cor amarela a alaranjada, cobertas pelos uredósporos do fungo. Essas manchas são normalmente arredondadas, mas são limitadas pelas nervuras da folha (ZAMBOLIM et al., 1999). Na face superior das folhas surgem manchas cloróticas amareladas que correspondem aos limites da pústula na face inferior (ZAMBOLIM et al., 1997).

Os principais danos provocados pela ferrugem são ocasionados pela queda prematura de folhas, resultando na redução de área foliar e seca de ramos, o que conduz à deformação da planta. A doença pode, ocasionalmente, ser observada em frutos, pecíolos e brotações novas, no entanto, estes sintomas não são geralmente observados no campo (BECKER-RATERINK, 1991).

Incidências elevadas o suficiente para causar desfolha podem provocar o retardamento do desenvolvimento de plantas jovens e definhamento de plantas mais velhas. Se a desfolha ocorrer antes do florescimento, pode afetar o desenvolvimento dos botões florais e a frutificação; se ocorrer durante o desenvolvimento dos frutos, pode acarretar a formação de grãos anormais, defeituosos e frutos com lojas vazias (ZAMBOLIM et al., 1997), além de favorecer a ocorrência de frutos “queimados”, o que facilita a contaminação dos grãos por fungos produtores de micotoxinas (ZAMBOLIM et al., 2002).

As manchas de ferrugem podem variar de um genótipo para o outro de acordo com a suscetibilidade à doença. Diferentes níveis de suscetibilidade vão causar

diferentes tamanhos de lesões, porcentagem de área foliar afetada e esporulação do fungo (BECKER-RATERINK, 1991).

Outros fatores que podem favorecer o desenvolvimento de epidemias de ferrugem são: condições climáticas favoráveis à doença (principalmente temperatura, umidade relativa e molhamento foliar), espaçamento inadequado, suscetibilidade das cultivares e genótipos utilizados (SOUZA et al., 2009).

Dentro do gênero *Coffea* são observadas diferentes reações à patogenicidade das raças do fungo (SILVA et al., 2000b). *H. vastatrix* possui grande variabilidade genotípica e já foram identificadas aproximadamente 45 raças fisiológicas no mundo (VÁRZEA et al., 2002).

No Brasil, em 1971, isolados de ferrugem coletados em diferentes regiões permitiram identificar apenas a raça II. A predominância de tal raça foi atribuída à homogeneidade genética apresentada pelas cultivares nacionais de café arábica derivadas de genótipos suscetíveis à referida raça (ZAMBOLIM et al., 2005). Desde então, 16 raças de *H. vastatrix* foram identificadas no país: I, II, III, VII, X, XIII, XV, XVI, XVII, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV ou XXXI, XXXIII e XXXVII (CHIACCHIO, 1973; RIBEIRO et al., 1975; CARDOSO et al., 1988; CARDOSO; SILVA, 1992; FAZUOLI et al., 2002; CABRAL et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2010). Silva et al. (2000a) identificaram apenas a raça II do fungo no último levantamento das raças de *H. vastatrix* presentes no Estado do Espírito Santo em amostras coletadas em 17 municípios do Estado.

A raça II de *H. vastatrix* apresenta importância no melhoramento genético do cafeeiro visando resistência, pois sua prevalência indica a presença do gene S_H5 nos hospedeiros, o que os tornam suscetíveis a todas as raças que possuem o alelo recessivo de avirulência v5 (SILVA, 2000).

Novas raças de *H. vastatrix* se originam, possivelmente, pela pressão de seleção exercida pelos genes de resistência do hospedeiro, principalmente nos casos onde são cultivadas em larga escala cultivares com número reduzido desses genes (VÁRZEA et al., 2001; VÁRZEA et al., 2002; RODRIGUES JÚNIOR et al., 2004; SERA et al., 2010). Eskes (1983b), Várzea et al. (2001) e Gonçalves et al. (2002) indicam que as mutações são a principal causa de variabilidade genética em *H. vastatrix*.

As doenças representam um dos principais fatores limitantes à produção e produtividade do cafeeiro, podendo ainda onerar os custos com a lavoura pela utilização de métodos de controle (FERRÃO et al., 2007a).

Segundo Botelho et al. (2007), a estratégia mais utilizada para o manejo da ferrugem é a química, que eleva os custos de produção, pode colocar em risco a saúde dos trabalhadores e contaminar o meio ambiente. Apesar de sua eficiência comprovada, os efeitos causados ao meio ambiente e aos organismos não-alvos poderão conduzir a explosões populacionais de pragas e/ou de outras doenças do cafeeiro. Esta estratégia de controle exerce pressão de seleção sobre o patógeno, podendo levar ao aparecimento de mutantes do patógeno resistentes aos produtos aplicados (ZAMBOLIM et al., 2002).

O controle da ferrugem com fungicidas é eficiente a curto ou médio prazo, mas a utilização de cultivares resistentes é o método mais econômico a longo prazo e possui a vantagem de não causar prejuízos ao meio ambiente (PEREIRA, 1995). É importante também observar a procedência dos materiais escolhidos para compor uma lavoura, pois há grande variabilidade em relação a essa doença pelas cultivares existentes (FERRÃO et al., 2007b).

O desenvolvimento de uma cafeicultura brasileira mais sustentável é função do aumento da rentabilidade do produtor, assim como sua permanência na atividade depende de sistemas estáveis que proporcionem maior longevidade para as lavouras. Cultivares produtivas e possuidoras de características adaptativas a cada sistema de cultivo são os principais componentes da sustentabilidade (PETEK et al., 2008).

O consumidor busca, além da qualidade da bebida, adquirir produtos que promovam o menor impacto possível ao meio ambiente no seu processo produtivo e que respeitem a qualidade de vida do trabalhador rural (FERRÃO et al., 2007a). Dessa forma, os programas de melhoramento genético do cafeeiro têm enfatizado a obtenção de cultivares resistentes à ferrugem objetivando eliminar ou diminuir a utilização de fungicidas (VÁRZEA et al., 2002).

2.3. Melhoramento de café conilon quanto a resistência à ferrugem

As doenças vêm ao longo dos anos afetando a qualidade e a produtividade do café (VAN DER VOSSSEN, 2001). De acordo com Waller et al. (2007) e Capucho et al.

(2009) o desenvolvimento de cultivares resistentes é a alternativa mais econômica para o controle dessas doenças. Segundo Maffia; Mizubuti (2006), a utilização de cultivares resistentes tem como principais vantagens o baixo custo, por não demandar mão de obra especializada para sua utilização; a facilidade de uso, por não requerer o uso de técnicas especializadas; e a eficácia de sua utilização, pois a intensidade da doença é menor.

Pinto et al. (2009) citam também que o desenvolvimento de cultivares resistentes e/ou tolerantes às pragas e doenças tem um papel de importância no aumento de produtividade, diminuição de custos de produção e garantia de maior sustentabilidade do sistema de produção. Adicionalmente, o melhoramento genético contribui reduzindo o porte e adequando a arquitetura da planta; melhorando as características ligadas à qualidade como uniformidade de maturação, tamanho dos frutos e bebida para se obter cultivares com elevado potencial produtivo associado às características agrônomicas desejáveis.

A alogamia e a auto-incompatibilidade do café conilon são responsáveis pela elevada variabilidade genética encontrada entre indivíduos, contribuindo para a formação de lavouras heterogêneas em relação à resistência à ferrugem (FONSECA, 1999; SILVA et al., 2000b). De maneira geral, *C. canephora* é uma espécie resistente a *H. vastatrix*, mas existem populações de plantas altamente suscetíveis, outras totalmente resistentes e aquelas que apresentam reação heterogênea (BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988).

A expressão de resistência é observada pela presença, nas folhas, de manchas cloróticas ou amareladas sem esporulação. Quando ocorrem manchas cloróticas com pouca esporulação ou pústulas pequenas, a expressão de resistência é considerada intermediária (VENTURA et al., 2007).

Os programas de melhoramento genético desenvolvidos pelas instituições de pesquisa do país têm buscado disponibilizar cultivares resistentes ou tolerantes à ferrugem, entre outros fatores. As cultivares clonais lançadas pelo Incaper são formadas pelo agrupamento de genótipos diversos com compatibilidade entre si e características agrônomicas desejáveis (FERRÃO et al., 2007b).

Os sucessos iniciais nos estudos sobre genes de resistência à ferrugem do cafeeiro foram suplantados por quebra da efetividade dessa resistência (VAN DER VOSSSEN, 2001; PRAKASH et al. 2004) pelo contínuo aparecimento de novas raças

fisiológicas de *H. vastatrix*, as quais têm suplantado a resistência de algumas cultivares lançadas como resistentes, dificultando a previsão da durabilidade da resistência das cultivares atuais (VÁRZEA et al., 2002).

Essa grande variabilidade de *H. vastatrix* é uma característica muito comum à maioria dos patógenos biotróficos, especialmente os causadores de ferrugens. Por este motivo, o conhecimento prévio das raças fisiológicas predominantes na região onde se desenvolvem os programas de melhoramento e onde se pretende introduzir determinado tipo de cultivar de café faz-se necessário (SILVA, 2000; VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Têm sido identificadas raças do fungo como a raça XXXIX, com sete genes de virulência (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9) (VÁRZEA et al., 2002). Matiello et al. (2008) destacam, porém, que, apesar do aparecimento de novas raças do fungo em materiais antes resistentes, o ataque destas acontece com nível menor que as raças comuns (I, II, XV), que parecem ser mais virulentas.

Segundo Silva (2000), os trabalhos pioneiros de Mayne (1932, 1936, 1939) foram os responsáveis pelos fundamentos do melhoramento genético do cafeeiro visando resistência à ferrugem. Posteriormente, outros autores como Noronha-Wagner e Bettencourt (1967), Bettencourt e Carvalho (1968) e Bettencourt e Noronha-Wagner (1971) pesquisaram a interação *Coffea* spp. × *Hemileia vastatrix*, e verificaram que se ajustava ao modelo gene-a-gene de FLOR (1942 e 1955), possibilitando inferir sobre o genótipo dos genótipos e das raças que os atacam.

A resistência de cafeeiros à ferrugem é governada por nove genes dominantes (S_H1 a S_H9), podendo, esses genes, estar associados ou não. Os genes S_H1, S_H2, S_H4 e S_H5 são provenientes de plantas de café arábica da Etiópia. O gene S_H3 provavelmente é proveniente de *C. liberica* (NORONHA-WAGNER; BETTENCOURT, 1965; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988), enquanto que, de *C. canephora*, provavelmente derivam os genes S_H6, S_H7, S_H8 e S_H9, que foram caracterizados em Híbrido de Timor, originado de um cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora* (BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988; BETTENCOURT et al., 1992).

Segundo Vanderplank (1984), a resistência da planta hospedeira a patógenos pode ser do tipo vertical e horizontal. Em cafeeiros, inicialmente, foi observada a resistência do tipo vertical, também chamada de qualitativa, que é comumente pouco

duradoura, específica e envolve mecanismos cuja herança é governada por genes simples, dominantes e fáceis de manipular. A resistência do tipo horizontal se caracteriza por ser quantitativa, mais duradoura, não-específica e normalmente governada por diversos genes, atuando na redução da taxa de infecção, retardando a penetração do patógeno, reduzindo o tamanho das pústulas e aumentando o período latente.

A descoberta de genótipos possuidores de resistência durável à ferrugem é extremamente desejável nos programas de melhoramento genético (ESKES, 2005; VÁRZEA; MARQUES, 2005). Dependendo da raça de *H. vastatrix* e do genótipo do hospedeiro, tanto a resistência vertical quanto a horizontal podem ser observadas em *C. canephora* (ESKES, 1983a; 1983b; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988).

Segundo Vanderplank (1963) a resistência horizontal é eficiente contra todas as raças do patógeno. Esta resistência confere proteção mais durável que a resistência vertical (PARLEVLIT; ZADOKS, 1977), pois reduz a penetração, o estabelecimento e/ou a colonização dos tecidos da folha pelo patógeno (HOOKER, 1967). Sua principal desvantagem, entretanto, é a natureza genética complexa, que a torna difícil de ser utilizada nos programas de melhoramento (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

A ferrugem é um dos principais fatores limitantes à produção de *C. canephora*, portanto a busca pelo conhecimento dos níveis de resistência dos genótipos dos bancos de germoplasma para o desenvolvimento de cultivares com resistência duradoura à *H. vastatrix* é imprescindível.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com 54 materiais genéticos de *Coffea canephora* do Programa de Melhoramento Genético do Incaper.

3.1. Obtenção do material vegetal

A coleta do material genético foi realizada na Fazenda Experimental de Bananal do Norte (FEBN), no distrito de Pacotuba, município de Cachoeiro de Itapemirim

(20°45' S; 41°17' W), no sul do Estado do Espírito Santo em plantas com dois anos de idade e plantadas em espaçamento de 3,00 x 1,20m.

A adubação foi realizada de acordo com o proposto por Prezotti et al. (2007) para o Estado do Espírito Santo. Fez-se a irrigação apenas em elevado déficit hídrico para evitar a perda de parcelas experimentais. Os demais tratos culturais foram realizados seguindo as recomendações para o café conilon (FERRÃO et al., 2007).

Foram coletadas vinte folhas completamente expandidas de cada material genético (Figura 1a), situadas no segundo ou terceiro par dos ramos das plantas, durante o período da manhã, e armazenadas em caixa de isopor com papel toalha umedecido para evitar a exposição das amostras ao calor durante o transporte.

3.2. Obtenção do inóculo de *Hemileia vastatrix*

Os uredósporos do fungo foram coletados na própria área de cultivo de café conilon, na FEBN, no município de Cachoeiro de Itapemirim, no sul do Estado do Espírito Santo, através da raspagem das pústulas presentes nas folhas com cápsula de gelatina. Após a coleta, os uredósporos foram levados ao laboratório para inoculação dos materiais do experimento.

3.3. Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) composto de três repetições, sendo cada repetição constituída por 16 discos de folha que foram depositados com a face abaxial para cima sobre uma tela de náilon e uma espuma saturada com água no interior de caixas gerbox.

3.4. Metodologia de inoculação

O experimento foi realizado no laboratório de Fitopatologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário, localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), no município de Alegre (20°45' S, 41°29' W), sul do Espírito Santo, utilizando-se a

metodologia de discos de folha proposta por Eskes (1982) e modificada por Capucho et al. (2009).

Imediatamente após a chegada ao laboratório, as folhas coletadas de cada genótipo foram utilizadas para preparar discos de 2 cm de diâmetro (Figuras 1b e 1c) que foram depositados em caixas gerbox (caixas plásticas de 11x11x3cm) com a face abaxial para cima sobre uma tela de náilon, para evitar o contato dos discos com a água, e uma espuma saturada com água, que teve sua umidade verificada diariamente, para evitar o ressecamento dos discos (Figura 1d).

Os discos foram então inoculados, com o auxílio de um pincel, com $1,0 \times 10^4$ uredósporos de *H. vastatrix*/ml de água (Figura 1e). Em seguida, realizou-se a atomização de água destilada sobre os discos até o ponto de máxima retenção de gotas, visando proporcionar condições adequadas de umidade.

Cada gerbox contendo os discos inoculados foi mantido na ausência de luz durante 48 horas a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e, posteriormente, até o final das avaliações (37 dias), sob condições controladas de temperatura e luminosidade ($22 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas) (Figuras 1f, 1g e 1h).

Durante as duas primeiras horas na câmara de incubação, os gerbox tiveram suas tampas removidas para a evaporação da umidade sobre os discos. Após cinco dias da inoculação, foi realizada a limpeza dos discos com algodão, visando à remoção dos uredósporos remanescentes da inoculação, os quais poderiam interferir nas avaliações e possibilitar o crescimento de hiperparasitas (CAPUCHO et al., 2009).

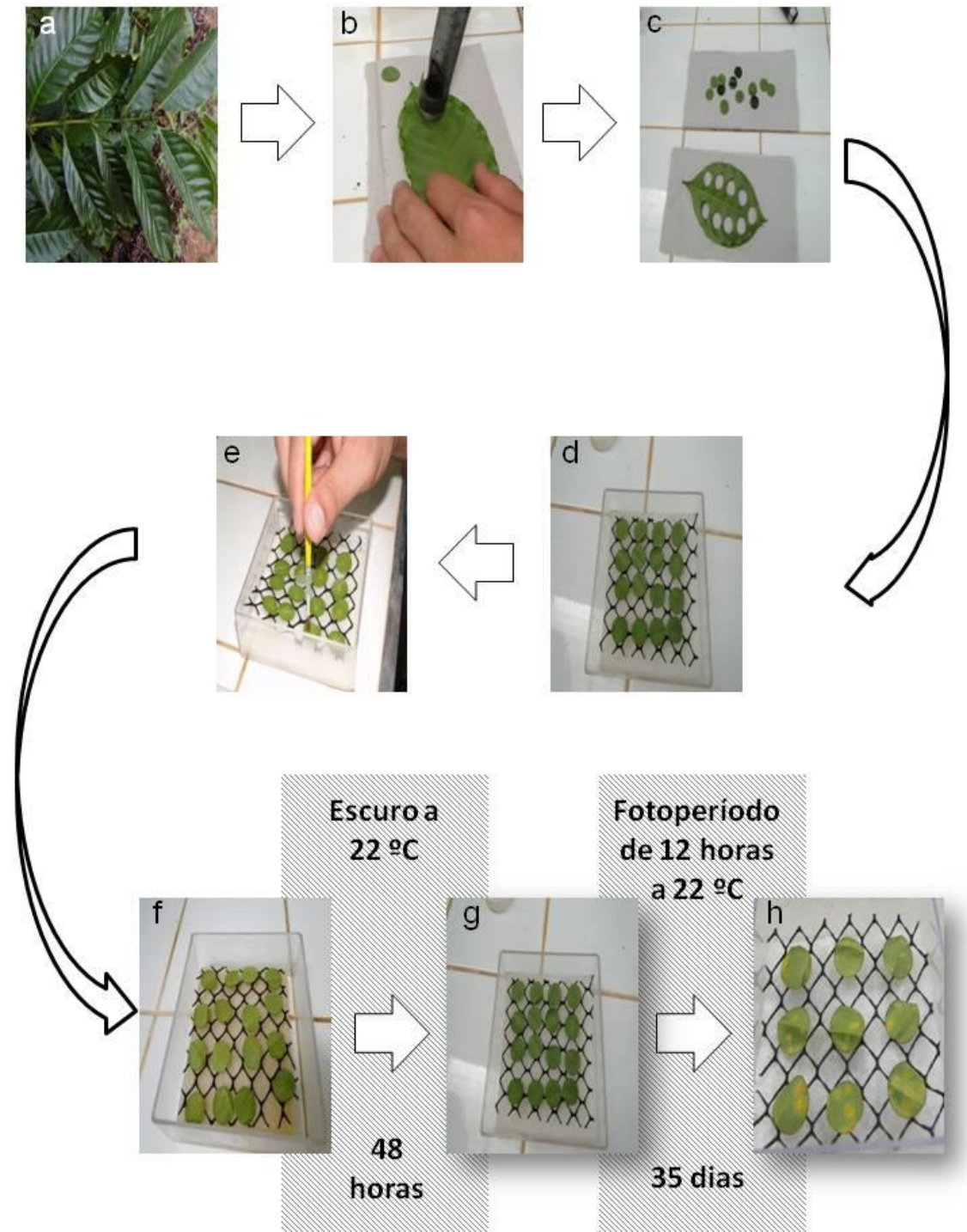


Figura 1. Organograma demonstrativo das etapas de desenvolvimento do experimento. (a) Folhas completamente expandidas; (b) Preparo dos discos; (c) Discos de folha prontos para serem utilizados; (d) Disposição dos discos no gerbox; (e) Inoculação dos uredósporos de *H. vastatrix* nos discos de folha empregando-se pincel; (f) Discos aspergidos com água destilada; (g) Discos sem sintomas; (h) Discos com esporulação do patógeno.

3.5. Características avaliadas

A partir do 10º dia após a inoculação, foram efetuadas observações diárias dos discos (até o 37º dia) para verificar o surgimento dos sintomas e sinais da doença.

Foram avaliados os seguintes componentes de resistência:

1 – Período de Incubação (PI) - definido como o intervalo, em dias, entre a inoculação e o aparecimento dos sintomas em, pelo menos, 50% dos discos de cada repetição;

2 – Período Latente (PL) - definido como o intervalo, em dias, entre a inoculação e o aparecimento dos uredósporos de ferrugem (sinais) nas lesões em, pelo menos, 50% dos discos de cada repetição;

3 – Incidência (Inc) - definida como a porcentagem final de discos de cada repetição com sintomas da doença;

4 – Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp) - definida como a porcentagem final de discos de cada genótipo contendo lesões com esporulação;

5 – Severidade (Sev) - porcentagem de área foliar lesionada, ao final do experimento. Para obtenção dessa variável foram fotografados todos os discos com uma câmera digital e utilizado o software Quant (VALE et al., 2001) para determinação da porcentagem de área foliar lesionada;

6 – Número de Esporos (Nº Esp) - definida como a quantidade final de uredósporos produzidos por repetição. Para estimar o número de esporos produzidos, os discos de folha com lesões esporuladas de cada gerbox foram lavados com auxílio de um pincel em um volume conhecido de água destilada. A suspensão resultante teve sua concentração de esporos estimada com o auxílio de um hemacitômetro em microscópio óptico. Conhecidos o volume de água utilizado para recolher os esporos e a concentração da suspensão obtida, estimou-se a quantidade de esporos produzida em cada gerbox. Foram feitas quatro contagens e utilizada a média entre elas.

Quando menos de 50% dos discos apresentaram sintomas e sinais do patógeno, o critério adotado para definir os valores do período de incubação e do período latente foi o dia após o término da avaliação do experimento, que no presente experimento foi de 38 dias.

3.6. Análise estatística dos dados

Realizou-se a análise individual de cada componente e o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com o auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2006)

Efetuuou-se a análise de correlação de Pearson entre os seis componentes de resistência estudados: Período de Incubação (PI), Período Latente (PL), Incidência (Inc), Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp), Severidade (Sev) e Número de Esporos (Nº Esp). Esta análise foi realizada com as médias dos componentes de resistência obtidos dos genótipos inoculados com a ferrugem. Os coeficientes foram testados pelo teste *t* a 1 e 5% de probabilidade.

Os agrupamentos de dados obtidos foram submetidos à análise de regressão múltipla com seleção de STEPWISE, que permite selecionar os componentes com maior poder de discriminação entre os genótipos. Por esta análise os componentes de resistência são normalmente selecionados de acordo com o valor de F parcial ou nível de significância da análise de covariância significativo para $P < 0,15$.

Utilizou-se o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) para a análise de correlação de Pearson e para a análise de regressão múltipla com seleção de STEPWISE.

Posteriormente, realizou-se a análise multivariada para estudar simultaneamente todos os componentes de resistência avaliados e classificar os genótipos quanto ao nível de resistência à ferrugem com o auxílio do Programa Genes (CRUZ, 2006). A medida de dissimilaridade adotada foi a distância euclidiana média padronizada. Vários métodos de agrupamento (ligação completa, ligação simples, ligação média dentro de grupo, ligação média dentro de grupos, método de Ward, método da mediana, método de Gower) foram utilizados e o método de Ward foi selecionado para o experimento pois foi o que melhor se adequou aos dados. Foram considerados três grupos para a elaboração do dendograma: Resistente (R), Intermediário (I) e Suscetível (S) à ferrugem.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados da análise de variância individual verificou-se diferenças significativas para todos os componentes estudados, o que, de acordo com Ferrão et al. (2008), evidencia a variabilidade genética entre os materiais (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros genéticos das características Período de Incubação (PI), Período Latente (PL), Incidência (Inc.), Porcentagem de Discos Esporulados (Esp.), Número de Esporos (Nº Esp.) e Severidade (Sev.) referentes a 54 genótipos de café conilon, do Programa de Melhoramento do Incaper, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCAUFES, Alegre, ES

FV	GL	QM					
		PI	PL	Inc.	Esp.	Nº Esp.	Sev.
Tratamento	53	96,7**	160,4**	758,2**	4334,4**	5,6.10 ⁹ **	451,1**
Resíduo	108	8,6**	10,4**	89,1**	46,4**	1,5.10 ⁷ **	2,6**
Média		17,2**	31,6**	87,5**	47,1**	2,6.10 ⁴ **	13,2**
CV _e (%)		17,1**	10,2**	10,8**	14,5**	14,6**	12,2**
Variância fenotípica		32,2**	53,5**	252,7**	1444,8**	1,9.10 ⁹ **	150,4**
Variância genotípica		29,4**	50,0**	223,0**	1429,3**	1,9.10 ⁹ **	149,5**
Herdabilidade		91,1**	93,5**	88,3**	98,9**	99,7**	99,4**
CV _g (%)		31,5**	22,4**	17,1**	80,3**	164,7**	92,7**
CV _g / CV _e		1,9**	2,2**	1,6**	5,6**	11,3**	7,6**

** = F significativo a 1% de probabilidade.

Foram observados valores de herdabilidade elevados (maiores que 88%) e relação entre coeficiente de variação genética e ambiental superiores a 1,5 para 100% dos casos, caracterizando condição favorável para a seleção através do emprego de todos os componentes de resistência estudados (FERRÃO et al., 2008).

A estimativa de parâmetros genéticos em café conilon em relação à ferrugem é escassa na literatura. Rodrigues (2010), estudando genótipos de café conilon a nível de campo, encontrou valores de herdabilidade variando de 49,1 a 83,8%, quando ocorreu diferença significativa entre genótipos e variação da relação coeficiente de variação genética e ambiental entre 0,49 e 1,13. Neste estudo, os valores de herdabilidade e da relação dos coeficientes foram em média maiores, variando de 88,3 a 99,7% para herdabilidade e de 1,6 a 11,3 para a relação entre os coeficientes. Os parâmetros genéticos avaliados neste experimento foram maiores, pelo fato de ser um experimento *in vitro*, visto que o ambiente pode causar maior influência em estudos de campo.

Dependendo do componente de resistência considerado, observou-se a formação de quatro a doze grupos distintos (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre médias dos componentes de resistência à ferrugem Período de Incubação (PI), Período Latente (PL), Incidência (Inc.), Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp.), Número de Esporos (Nº Esp.) e Severidade (Sev.) referentes a 54 genótipos de café conilon do Programa de Melhoramento do Incaper, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCA-UFES, Alegre, ES

Genótipos	PI	PL	Inc.	Esp.	Nº esp.	Sev.
1	14,67 e	38,00 a	97,92 a	25,00 f	2,3.10 ³ l	11,32 i
2	15,00 e	35,00 b	100,00 a	33,89 e	3,1.10 ³ l	19,23 f
3	12,33 e	25,67 c	100,00 a	79,36 b	2,5.10 ⁴ i	27,87 d
4	19,00 d	37,00 a	97,62 a	33,97 e	5,0.10 ³ l	13,43 h
5	30,33 b	38,00 a	60,58 c	0,00 g	0,0 l	0,23 l
6	18,67 d	38,00 a	97,92 a	17,86 f	2,3.10 ³ l	14,61 g
7	17,33 d	36,33 a	93,06 a	32,92 e	5,4.10 ³ l	19,91 f
8	15,67 e	31,00 b	83,33 b	69,84 c	3,5.10 ⁴ h	9,93 i
9	25,33 c	38,00 a	80,42 b	0,00 g	0,0 l	0,53 l
10	19,67 d	32,00 b	100,00 a	50,00 d	9,2.10 ³ k	8,74 j
11	19,33 d	36,67 a	81,86 b	38,79 e	7,9.10 ³ k	4,75 k
12	18,67 d	38,00 a	71,42 b	0,00 g	0,0 l	1,23 l
13	38,00 a	38,00 a	35,95 d	0,00 g	0,0 l	1,50 l
14	16,00 d	32,33 b	80,95 b	63,69 c	2,2.10 ⁴ i	11,45 i
15	14,67 e	38,00 a	80,29 b	0,00 g	0,0 l	0,03 l
16	16,67 d	38,00 a	81,25 b	31,67 e	6,7.10 ³ k	4,89 k
17	20,00 d	38,00 a	70,00 b	0,00 g	0,0 l	1,86 l
18	13,67 e	28,33 c	97,92 a	65,28 c	1,6.10 ⁴ j	7,54 j
19	17,33 d	33,00 b	91,67 a	58,61 d	2,9.10 ⁴ i	23,27 e
20	17,33 d	38,00 a	70,83 b	0,00 g	0,0 l	0,16 l
21	15,00 e	38,00 a	83,33 b	0,00 g	0,0 l	1,83 l
22	17,67 d	38,00 a	77,08 b	40,28 e	1,3.10 ⁴ j	7,86 j
23	25,00 c	38,00 a	53,33 c	2,22 g	6,3.10 ² l	0,16 l
24	19,33 d	38,00 a	89,66 a	18,05 f	5,0.10 ³ l	0,97 l
25	14,33 e	31,33 b	95,83 a	82,37 a	8,3.10 ³ k	3,73 k
26	14,00 e	35,00 b	100,00 a	38,49 e	6,5.10 ³ k	2,74 k
27	14,33 e	29,33 c	100,00 a	66,67 c	1,6.10 ⁴ j	8,74 j
28	21,00 d	22,67 d	84,58 b	78,05 b	5,8.10 ³ k	3,11 k
29	11,00 e	22,67 d	100,00 a	92,86 a	9,1.10 ⁴ e	11,93 h
30	24,00 c	38,00 a	61,94 c	0,00 g	0,0 l	0,79 l
31	17,33 d	29,33 c	79,17 b	68,75 c	6,7.10 ³ k	4,17 k
32	13,67 e	22,33 d	100,00 a	97,92 a	1,3.10 ⁵ c	34,36 b
33	20,00 d	38,00 a	81,25 b	12,50 g	3,1.10 ³ l	1,87 l
34	12,33 e	38,00 a	92,59 a	6,73 g	8,3.10 ² l	12,29 h
35	33,33 b	38,00 a	39,61 d	0,00 g	0,0 l	2,01 l
36	13,67 e	20,67 d	100,00 a	100,00 a	5,8.10 ⁴ g	28,85 d

Cont. Tabela 2

Genótipos	PI	PL	Inc.	Esp.	Nº esp.	Sev.
37	24,33 c	38,00 a	67,36 b	0,00 g	0,0 l	1,38 l
38	13,00 e	21,33 d	100,00 a	93,75 a	3,4.10 ⁴ h	23,18 e
39	23,67 c	38,00 a	77,24 b	0,00 g	0,0 l	3,20 k
40	12,67 e	24,00 c	100,00 a	97,78 a	1,6.10 ⁴ j	18,50 f
41	12,00 e	19,33 d	97,92 a	97,78 a	3,4.10 ⁴ h	28,00 d
42	14,33 e	31,67 b	100,00 a	62,60 c	2,8.10 ⁴ i	19,81 f
43	15,00 e	24,67 c	100,00 a	94,19 a	2,8.10 ⁴ i	21,51 e
44	22,33 c	38,00 a	77,22 b	0,00 g	0,0 l	4,59 k
45	16,67 d	38,00 a	100,00 a	24,21 f	4,8.10 ³ l	10,67 i
46	11,33 e	21,33 d	100,00 a	87,42 a	5,7.10 ⁴ g	32,63 c
47	12,33 e	18,33 d	100,00 a	100,00 a	6,0.10 ⁴ g	33,33 b
48	11,67 e	17,33 d	100,00 a	97,92 a	1,7.10 ⁵ b	43,12 a
49	12,00 e	16,67 d	95,83 a	93,75 a	8,6.10 ⁴ e	15,75 g
50	13,00 e	37,00 a	96,67 a	34,44 e	2,3.10 ³ l	15,71 g
51	14,33 e	29,00 c	100,00 a	79,68 b	1,1.10 ⁵ d	35,64 b
52	11,00 e	18,67 d	100,00 a	100,00 a	7,0.10 ⁴ f	30,70 c
53	12,33 e	20,67 d	100,00 a	97,78 a	2,0.10 ⁵ a	23,30 e
54	11,00 e	27,67 c	100,00 a	76,15 b	8,3.10 ³ k	43,45 a

Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

De acordo com a Tabela 2, os valores médios do componente de resistência PI variaram de 11,00 a 38,00 dias, formando cinco grupos. Para o componente PL, houve variação de 16,67 a 38,00 dias, formando quatro grupos. Para o componente Incidência, foram formados quatro grupos, com variação de médias de 35,95 a 100% de discos com sintomas. Os valores médios do componente Porcentagem de Discos com Esporulação variaram de 0,00 a 100%, formando sete grupos. Para o componente Número de Esporos, as médias variaram de 0,0 a 2,0x10⁵ esporos e houve formação de doze grupos. Para o componente Severidade, houve a formação de doze grupos que apresentaram médias variando de 0,03 a 43,45%.

Todos os componentes de resistência avaliados no trabalho apresentaram correlação significativa entre si (Tabela 3). Entre os componentes PI e PL, Inc. e Esp., Inc. e Nº Esp., Inc. e Sev., Esp. e Nº Esp., Esp. e Sev., Nº Esp e Sev ocorreu correlação positiva. Tal fato demonstra que pode haver o aumento conjunto de dois componentes de resistência. No caso em que as correlações foram negativas (PI e Inc., PI e Esp., PI e Nº Esp., PI e Sev., PL e Inc., PL e Esp., PL e Nº Esp., PL e Sev) ocorre o contrário, ou seja, o aumento em um componente é acompanhado pelo decréscimo no outro.

Tabela 3 – Estimativa de correlações fenotípicas entre os componentes de resistência à ferrugem Período de Incubação (PI), Período Latente (PL), Incidência (Inc.), Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp.), Número de Esporos (Nº Esp.) e Severidade (Sev.) referentes a 54 genótipos de café conilon do Programa de Melhoramento do Incaper, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCA-UFES, Alegre, ES

Componentes de Resistência	PL	Inc.	Esp.	Nº Esp.	Sev.
PI	0,59**	-0,87**	-0,68**	-0,45**	-0,62**
PL		-0,56**	-0,93**	-0,72**	-0,73**
Inc.			0,69**	0,41**	0,64**
Esp.				0,66**	0,75**
Nº Esp.					0,65**

**Significativo pelo teste *t* ($P < 0,01$).

De acordo com a Tabela 3, a maior correlação (93%) ocorreu entre a Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp.) e o Período Latente (PL), ao passo que as menores correlações (<50%) foram detectadas entre Número de Esporos (Nº Esp.) e os componentes Incidência (Inc.) e Período de Incubação (PI).

De acordo com a análise de regressão múltipla STEPWISE (Tabela 4), todos os componentes de resistência foram selecionados para serem utilizados no experimento, pois todos os componentes de resistência apresentaram importância significativa para discriminação dos genótipos.

Tabela 4 - Análise de regressão múltipla STEPWISE para os componentes de resistência à ferrugem Número de Esporos (Nº Esp.), Severidade (Sev.), Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp.), Período de Incubação (PI), Período Latente (PL) e Incidência (Inc.) referentes a 54 genótipos de café conilon do Programa de Melhoramento do Incaper, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCA-UFES, Alegre, ES

Componentes de Resistência	R² Parcial	F	P
Nº esp.	0,9947	383,52	< 0,0001
Sev.	0,9809	103,83	< 0,0001
Esp.	0,9597	47,65	< 0,0001
PI	0,7689	6,59	< 0,0001
PL	0,5963	2,90	< 0,0001
Inc.	0,5388	2,27	0,0002

No presente trabalho, os componentes de resistência que melhor discriminaram os genótipos foram o número de esporos, a severidade e a porcentagem de discos com esporulação (Tabela 4). Esses dados corroboram com os de Eskes (2005), nos quais o componente produção de esporos foi relatado como um dos principais, e com o trabalho de Costa et al. (2007), no qual o componente que melhor caracterizou as progênie foi a esporulação, pois ambos explicaram melhor o tipo de reação de uma progênie de café à ferrugem em cada estudo.

Segundo Liberato et al. (1995), existem diversas técnicas hierárquicas aglomerativas na análise de agrupamento, que se diferenciam pela forma de definir a proximidade entre os indivíduos dentro do grupo contendo vários indivíduos ou entre grupos de indivíduos. Apesar da grande quantidade de técnicas, o pesquisador é o responsável por definir qual a técnica mais adequada ao seu trabalho, uma vez que cada técnica leva a um diferente padrão de agrupamento (MANLY, 1986; CRUZ, 1990). Existe ainda dificuldade em definir o número adequado de grupos formados na análise de agrupamento, pois não há um critério definitivo (LIBERATO et al., 1995; CAPUCHO, 2011). Portanto, neste trabalho o agrupamento dos genótipos nos três grupos de resistência à ferrugem foi baseado no Método de Ward, por ser o que melhor se adequou aos dados do experimento.

A partir dos seis componentes de resistência estudados das análises de agrupamento foram obtidos os valores médios para cada grupo (Tabela 5). Os valores

dos componentes normalmente diminuíram quando o grupo de genótipos foi considerado mais resistente, com exceção dos componentes PI (período de incubação) e PL (período latente), cujos valores mais altos indicaram maior resistência das plantas ao patógeno.

Tabela 5 - Valores médios dos componentes de resistência à ferrugem Período de Incubação (PI), Período Latente (PL), Incidência (Inc.), Porcentagem de Discos com Esporulação (Esp.), Número de Esporos (Nº Esp.) e Severidade (Sev.) referentes a 54 genótipos de café conilon do Programa de Melhoramento do Incaper, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCA-UFES, Alegre, ES para cada grupo

Grupo	PI	PL	Inc	Esp	Nº Esp	Sev
Resistente	22,37	37,93	70,56	7,55	1,9.10 ³	2,10
Intermediário	16,02	33,33	94,17	48,07	1,1.10 ⁴	11,60
Suscetível	12,46	21,90	99,61	92,90	6,2.10 ⁴	28,26
Média	16,95	31,05	88,11	49,51	2,5.10 ⁴	13,99

Conforme a Tabela 5, o grupo resistente apresentou, em média, os maiores valores para os componentes PI e PL e os menores valores para os demais componentes, demonstrando que o grupo tem as características mais desejáveis para a seleção de genótipos para resistência à ferrugem dentre os genótipos estudados. O grupo suscetível apresentou os menores valores para PI e PL, demonstrando que, neste grupo, ocorre o aparecimento de sintomas e sinais do fungo antes da ocorrência em outros grupos. Possui também maiores valores para os demais componentes de resistência, o que caracteriza, no experimento, que esses genótipos não possuem as características desejadas para comporem as futuras cultivares a serem lançadas.

Quanto à resistência dos genótipos estudados à ferrugem, dezenove foram classificados (35,19%) como resistentes; dezenove (35,19%) como intermediários e dezesseis (29,62%) como suscetíveis (Figura 2).

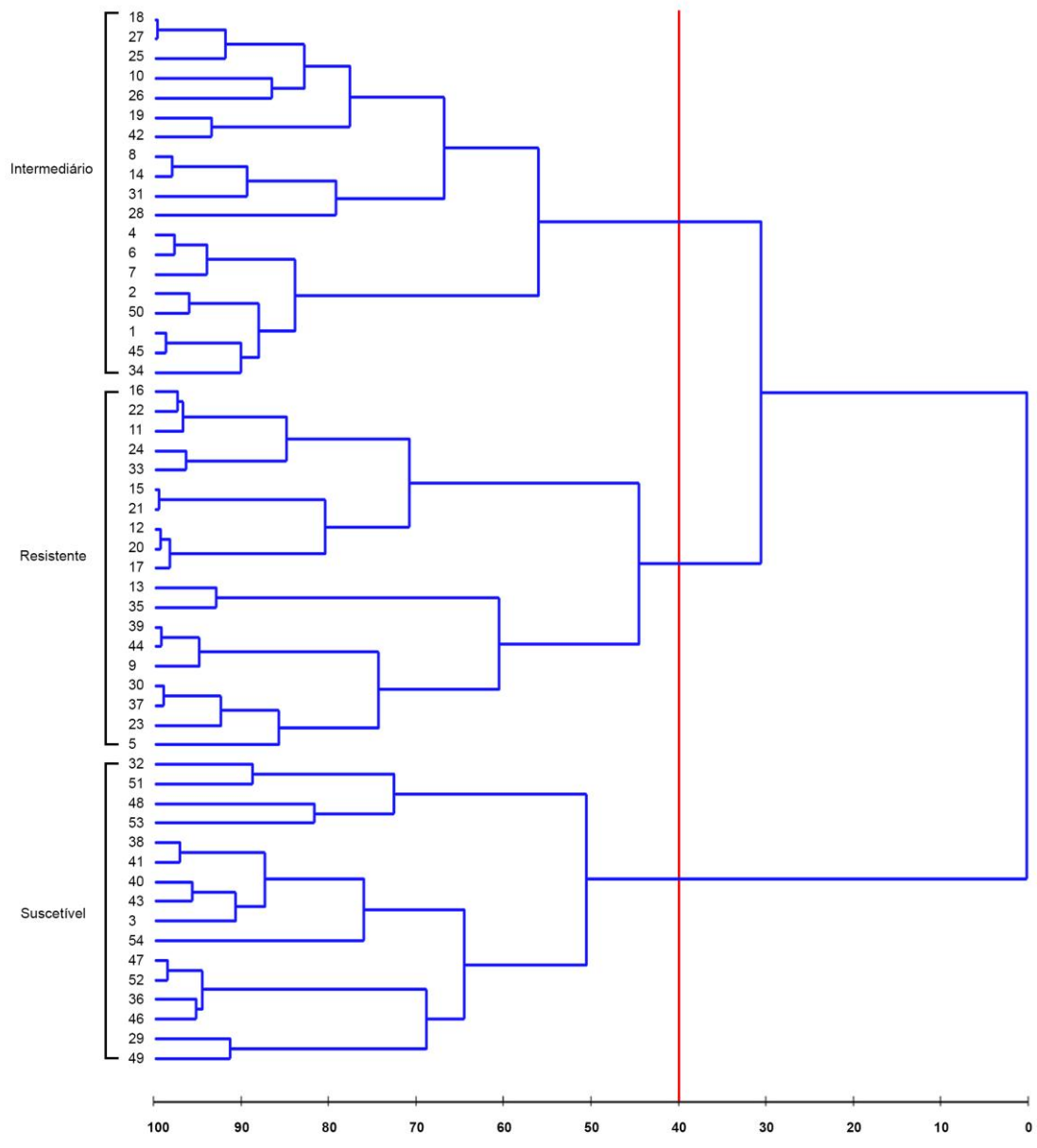


Figura 2. Agrupamento de 54 materiais genéticos de café conilon separados em três grupos (Resistente, Intermediário e Suscetível), considerando similaridade superior a 40%, de acordo com o método de Ward.

Para facilitar a visualização dos genótipos pertencentes a cada grupo, com base na Figura 2, elaborou-se a Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação dos 54 genótipos de café conilon do Programa de Melhoramento do Incaper, quanto a resistência à ferrugem, avaliados no laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do CCA-UFES, Alegre, ES em cada grupo

Grupo	Genótipos									
Resistente	05	09	11	12	13	15	16	17	20	21
	22	23	24	30	33	35	37	39	44	
Intermediário	01	02	04	06	07	08	10	14	18	19
	25	26	27	28	31	34	42	45	50	
Suscetível	03	29	32	36	38	40	41	43		
	46	47	48	49	51	52	53	54		

A utilização de genótipos resistentes e produtivos é importante para um manejo eficiente da ferrugem e contribui consideravelmente para o sucesso na produção. Neste trabalho, nenhum genótipo apresentou imunidade à doença (ausência de doença). Entretanto, de acordo com Eskes (1982), na técnica de discos de folha utilizada neste estudo, as condições do experimento (temperatura, umidade relativa e fotoperíodo controlados, sendo ideais ao desenvolvimento do fungo) normalmente propiciam maior intensidade da doença.

O uso de componentes de resistência (períodos de incubação e latente, número de esporos produzidos, severidade da doença, entre outros) para caracterizar diferentes graus de resistência de genótipos à ferrugem é de fundamental importância para o desenvolvimento de cultivares com resistência mais durável a este patógeno (ZAMBOLIM et al., 2005; ANGELOTTI et al., 2008).

Alguns componentes de resistência avaliados neste estudo foram utilizados em outros trabalhos de avaliação de resistência de plantas a patógenos causadores de ferrugens, como o período de incubação (ESKES, 1982; 1983a; 1983b; ESKES; COSTA, 1983; LEGUIZAMÓN-CAYCEDO et al., 1998); período latente (ESKES, 1982; 1983a; 1983b; ESKES; COSTA, 1983; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988; LEGUIZAMÓN-CAYCEDO et al., 1998; ANGELOTTI et al., 2008); incidência (ESKES, 1982; 1983a; 1983b) e porcentagem de discos com esporulação (ESKES, 1982; 1983a; 1983b). Capucho (2011) e Souza Neto (2011), bem como no presente trabalho, avaliaram os componentes de resistência conjuntamente por meio de análises multivariadas, possibilitando a obtenção de uma interpretação unificada para todos os componentes de resistência estudados.

Dos 54 genótipos avaliados, em treze (05, 09, 12, 13, 15, 17, 20, 21, 30, 35, 37, 39, 44) não ocorreu esporulação do patógeno durante o período de avaliação. Tal resultado é de fundamental importância para o manejo da doença através de cultivares resistentes, dado que ao fazerem parte de uma determinada cultivar poderão evitar e/ou reduzir a disseminação do patógeno na área.

Em vinte e dois genótipos foi observada esporulação em menos de 50% dos discos, de modo que nesses casos não foi possível determinar o PL durante o período de condução do experimento (37 dias), o que significa que para esses vinte e dois genótipos o PL, se ocorrer, será superior a 37 dias. O PL é uma variável importante, pois se relaciona com a taxa de multiplicação do patógeno, ou seja, quanto menor o PL, maior o número de ciclos do patógeno por um dado período de tempo e, conseqüentemente, maior a intensidade da doença (SILVA et al., 2000c).

Com base nos resultados obtidos verificou-se que dezenove genótipos foram agrupados no grupo intermediário. De acordo com Silva et al. (2000c), Zambolim et al. (2000), Costa et al. (2007) e Capucho (2011), o agrupamento nessa categoria indica que os genótipos possuem resistência horizontal ao patógeno. Como anteriormente explicitado, a resistência horizontal é mais difícil de ser estudada nos programas de melhoramento, entretanto, trabalhos têm sido realizados visando incorporar a resistência horizontal em café para suplantare o problema com a quebra da efetividade da resistência que tem ocorrido nas cultivares lançadas (RODRIGUES JÚNIOR et al., 2004; HERRERA et al., 2009; ROMERO et al., 2010; SERA et al., 2010).

Em onze genótipos (01, 02, 04, 06, 07, 23, 24, 33, 34, 45, 50), apesar de detectada esporulação do patógeno, não houve diferença estatística com relação ao número de esporos comparado aos genótipos nos quais não ocorreu esporulação do patógeno. Eskes (1983a) sugeriu que a resistência incompleta pode ser manifestada por menor esporulação do patógeno.

Capucho (2011) cita que para o plantio de café conilon em linha recomendado pelo Incaper, é importante que os genótipos sejam plantados de forma alternada entre as plantas dos grupos mais resistentes e as plantas dos grupos mais suscetíveis, evitando ou retardando a suplantação dos genes de resistência pelo patógeno. Esse fato reduz o aumento da frequência de isolados do patógeno com alelos mutantes capazes de suplantare a resistência das cultivares a serem lançadas (McDONALD; LINDE, 2002).

5.0 CONCLUSÃO

Há variação no nível de resistência dos genótipos de *C. canephora* à *H. vastatrix*. Tal informação deve ser considerada no momento da decisão de quais genótipos integrarão as novas cultivares a serem lançadas pelo Programa de Melhoramento de Café Conilon..

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOTTI, F.; SCAPIN, C. R.; TESSMANN, D. J.; VIDA, J. B.; VIEIRA, R. A.; SOUTO, E. R. D. Resistência de genótipos de videira à ferrugem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1129-1134, 2008.

BECKER-RATERINK, S. El sistema *Coffea* spp y *Hemileia vastatrix*. In: BECKER-RATERINK, S.; MORAES, W. B.; QUIJANO-RICO, M. **La roya del cafeto: conocimiento y control**. Eschborn: GTZ, 1991. p. 2-63.

BERTHAUD, J. **Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes**. Evaluation de la recherche génétique des populations sylvestres et ses mécanismes organisateurs. Consequences pour l'application, Montpellier, France: ORSTOM, 1986. 179 p.

BETTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando a resistência do cafeeiro à ferrugem. **Bragantia**, v. 27, n. 4, p. 35-68, 1968.

BETTENCOURT, A. J.; LOPES, J.; PALMA, S. Factores genéticos que condicionam a resistência às raças de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. dos clones-tipo dos grupos 1, 2 e 3 de derivados de Híbrido de Timor. **Brotéria Genética**, v. 13, n. 80, p. 185-194, 1992.

BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Agronomia Lusitana**, v. 31, n. 4, p. 285-292, 1971.

BETTENCOURT, A. J.; RODRIGUES JÚNIOR, C. J. Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other disease. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee Agronomy**. Londres: Elsevier Applied Science, 1988. p. 199-234.

BLISKA, F. M. de M.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. Impactos de cultivares resistentes a doenças e pragas no desenvolvimento sustentável da cafeicultura nas principais regiões cafeeiras do Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 7p.

BOTELHO, C. E.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P.; CARVALHO, G. R.; GONÇALVES, F. M. A.; CARVALHO, A. M. Avaliação de progênies de café obtidas por cruzamentos das cultivares Icatu e Catimor. **Coffee Science**, v. 2, n. 1, p. 10-19, 2007.

BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 775-770, 2001.

BRAGANÇA, S. M.; FONSECA, A. F. A.; SILVEIRA, J. S. M.; FERRÃO, R. G.; CARVALHO, C. H. S. **EMCAPA 8111, EMCAPA 8121, EMCAPA 8131. Primeiras variedades clonais de café conilon lançadas para o Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1993. 2 p.

BROWN, J. S.; KENNY, M. K.; WHAN, J. H.; MERRIMAN, P. R. The effect of temperature on the development of epidemics of coffee leaf rust in Papua New Guinea. **Crop Protection**, v. 14, p. 671-676, 1995.

CABRAL, P. G. C.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L.; LELIS, T. P.; CAPUCHO, A. S.; CAIXETA, E. T. Identification of a new race of *Hemileia vastatrix* in Brazil. **Australasian Plant Disease**, v. 4, n. 1, p. 129-130, 2009.

CAPUCHO, A. S.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L. Herança da resistência do Híbrido de Timor UFV 443-03 à ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 276-282, 2009.

CAPUCHO, A. S. **Epidemiologia e resistência do cafeeiro conilon à ferrugem**. 2011. 97f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

CARDOSO, R. M. L.; SILVA, E. Raças de *Hemileia vastatrix* identificadas em cafeeiros de genótipos simples e complexos no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 1992, Araxá. **Anais...**, 1992.

CARDOSO, R. M. L.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Ocorrência no Brasil da raça XVI de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. coletada do germoplasma de *Coffea arabica* L. no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 13, n. 4, p. 343-346, 1988.

CARVALHO, A.; MEDINA-FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO-FILHO, O.; LIMA, M. M. A. Aspectos genéticos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 1, p. 135-183, 1991.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. L.; PEREIRA, M. C. Efeito de alterações climáticas sobre o progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, p. 1248-1252, 2001.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Principles and methods in *Coffea* plant breeding: *Coffea canephora*. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee Agronomy**. Londres. Elsevier, 1988. p. 167-195.

CHIACCHIO, F. P. B. **Identificação de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., em material proveniente dos Estados da Bahia e Espírito Santo**. 1973. 49f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1973.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: Safra 2013, primeira estimativa, janeiro/2013**. Brasília: Conab, 2013. 19p.

CONAGIN, C. H. T. M.; MENDES, A. J. T. Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: auto-incompatibilidade em *Coffea canephora*. **Bragantia**, v. 20, n. 34, p. 787-804, 1961.

CONCEIÇÃO, C. H. C.; GUERREIRO-FILHO, O.; GONÇALVES, W. Flutuação populacional do bicho-mineiro em cultivares de café arábica resistentes à ferrugem. **Bragantia**, v. 64, p. 625-631, 2005.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; CAIXETA, E. T.; PEREIRA, A. A. Resistência de progênies de café Catimor à ferrugem. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 121-130, 2007.

COUTINHO, T.; RIJKENBERG, F.; VAN ASCH, M. Teliospores of *Hemileia vastatrix*. **Mycological Research**, v. 99, n. 8, p. 932-934, 1995.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa: UFV, 2006. 285p.

ESKES, A. B. Characterization of incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea canephora* cv. Kouillou. **Euphytica**, v. 32, p. 639-648, 1983a.

ESKES, A. B. Phenotypic expression of resistance to coffee leaf rust and its possible relationship with durability. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VARZEA, V. M. P. **Durable resistance to coffee leaf rust**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 305-332.

ESKES, A. B. Qualitative and quantitative variation in pathogenicity of races of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) detected in the State of São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 89, n. 1, p.31-45, 1983b.

ESKES, A. B. The use of leaf disk inoculations in assessing resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). **Netherlands Journal of Plant Pathology**, v. 88, p. 127-141, 1982.

ESKES, A. B.; COSTA, W. M. Characterization of incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in the Icatu coffee population. **Euphytica**, v. 32, p. 649-657, 1983.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. da. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA. S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 35-49.

FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T.; CONCEIÇÃO, A. S. Levantamentos de raças de *Hemileia vastatrix*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2002, Caxambu. **Anais...**, 2002. p.439-440.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA. S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007a. 702 p.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; SOUZA, E. M. R. Melhoramento do café conilon no Espírito Santo. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologia para produção do café conilon**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p.153-173

FERRÃO, R. G. **Biometria aplicada ao melhoramento genético do café conilon**. 2004. 256f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

FERRÃO, R. G.; CRUZ, C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, M. F. Parâmetros genéticos em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-69, 2008.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H.; VERDIM FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; MARQUES, E. M. A.; ZUCATELI, F. **Café conilon: técnicas de produção com variedades melhoradas**. 3 ed. Vitória: Incaper, 2012. 60 p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; BRAGANÇA, S. M.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Cultivares de café conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007b. p.204-225

FLOR, H. H. Host parasite interaction in flax-rust, its genetic and other implications. **Phytopathology**, v. 45, p. 680-685, 1955.

FLOR, H. H. Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*. **Phytopathology**, v. 32, p.653-669, 1942.

FONSECA, A. F. A. **Análises biométricas em café conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. 1999. 121f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

GONÇALVES, S. M.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S. Monitoramento de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. em cafeeiros (*Coffea arabica*) que receberam aplicação de fungicidas sistêmicos. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2002, Caxambu. **Anais...**, 2002. p. 267-268.

HERRERA, G. G.; ALVARADO, A. A.; CORTINA, H. A. G.; COMBES, M. C.; ROMERO, G. G.; LASHERMES, P. 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**, v. 167, p. 57-67, 2009.

HOOKER, A. L. The genetics and expression of resistance in plants to rusts of the genus *Puccinia*. **Annual Review of Phytopathology**, v. 59, p. 163-182, 1967.

ICO – International coffee organization. **Relatório mensal sobre o mercado cafeeiro**. Londres: ICO, 2013, 5p.

LEGUIZAMÓN-CAYCEDO, J.; OROZCO-GALLEGO, L.; GÓMEZ-GÓMEZ, L. Períodos de incubación (PI) y de latência (PL) de La roya Del cafeto em La zona cafetera central de Colombia. **Cenicafé**, v. 49, p. 325-339, 1998.

LIBERATO, J. R.; CRUZ, C. D.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Técnicas estatísticas de análise multivariada aplicada a fitopatologia - I. Análise de componentes principais, análise canônica e "cluster análise". In: LUZ, W. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, 1995. p. 227-281.

MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Controle alternativo de fungos In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/ CTZM/ UFV, 2006. p. 269-293.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods: A primer**. London: Chapman and Hall, 1986. 159p.

MARTINS, M.; MENDES, A. N. G.; ALVARENGA, M. I. N. Incidência de pragas e doenças em agroecossistemas de café orgânico de agricultores familiares em Poço Fundo-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 1306-1313, 2003.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **A ferrugem do cafeeiro no Brasil e seu controle**. Varginha: MAPA/ PROCAFÉ/ Embrapa Café, 2006. 106 p.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. **Variedades de café: como escolher, como plantar.** Rio de Janeiro: MMA, SDR, PROCAFÉ & PNFC, 1997. 64p.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; MENDONÇA, S. M.; LEITE FILHO, S. Competição de novas variedades de café com resistência à ferrugem nas matas de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/ PROCAFÉ, 2008, p. 16-17.

MAYNE, W. W. **Annual Report of the Coffee Scientific Officer.** Mysore: Coffee Experimental Station, 1936. 21p.

MAYNE, W. W. **Annual Report of the Coffee Scientific Officer.** Mysore: Coffee Experimental Station, 1939. 16p.

MAYNE, W. W. Physiological specialization of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Nature**, v. 129, p. 510, 1932.

McDONALD, B. A.; LINDE, C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**. v. 40, p. 349-379, 2002.

NASCIMENTO, N. P.; ZAMBOLIM, E. M.; HADDAD, F.; ZAMBOLIM, L.; CAIXETA, E. T. Identificação de clones de cafeeiro para a caracterização de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix*. SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA, 2010, Viçosa. **Anais...**, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Genetic study of the resistance of *Coffea* spp. to leaf rust. 1. Identification and behavior of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. **Canadian Journal of Botany**, v. 45, p. 220-224, 1967.

NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Inheritance of reaction to *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. in *Coffea arabica* L. **Progress Report: 1960-1965, Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro.** Oeiras, Portugal, 1965. p. 121-123.

OLIVEIRA, C. M.; TOMAZ, M. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BREGONCI, I. S. Avaliação da severidade de cercosporiose e

ferrugem em clones de café conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011. 3 p.

PARLEVLIET, J. E.; ZADOKS, J. C. The integrated concept of disease resistance, a new view including horizontal and vertical resistance in plants. **Euphytica**, v. 26, p. 5-21, 1977.

PEREIRA, A. A. **Herança da resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. em cafeeiros derivados do Híbrido de Timor.** 1995. 66f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

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

PINTO, M. F.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M. de; PAIVA, R. F.; ANDRADE, V. T.; DOMINGHETTI, A. W. Seleção de genótipos de cafeeiros resistentes à ferrugem derivados de Icatu e Híbrido de Timor, visando produtividade e resistência durável à ferrugem. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2009. 5 p.

PRAKASH, N. S.; MARQUES, D. V.; VARZEA, V. M. P.; SILVA, M. C.; COMBES, M. C.; LASHERMES, P. Introgression molecular analysis of a leaf rust resistance gene from *Coffea liberica* into *Coffea arabica* L. **Theoretical and Applied Genetics**, v.109, p. 1311-1317, 2004.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo.** 5 ed. Vitória: SEEA/Incaper/Cedagro, 2007. 305 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2012.

RIBEIRO, I. J. A.; MONACO, L. C.; SUGIMORI, M. H. Efeito da alta temperatura no desenvolvimeto de *Hemileia vastatrix* em cafeeiro suscetível. **Bragantia**, v. 37, p. 11-15, 1987.

RIBEIRO, I. J. A.; SUGIMORI, M. H.; MORAES, S. A.; MONACO, L. C. Raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. no estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 1, p. 19-22, 1975.

RODRIGUES JÚNIOR, C. J. Coffee rust: history, taxonomy, morphology, distribution and host resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 5-9, 1990.

RODRIGUES JÚNIOR, C. J.; GONÇALVES, M. M.; VÁRZEA, V. M. P. Importância do Híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 27, p. 203-213, 2004.

RODRIGUES, W. N. **Comportamento de grupos de clones de café conilon, selecionados no norte, na região sul do Estado do Espírito Santo**. 2010. 104f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.

ROMERO, G. G.; ALVARADO, A. A.; CORTINA, H. G.; LIGARRETO, G. M.; GALEANO, N. F.; HERRERA, J. C. P. Partial resistance to leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in coffee (*Coffea arabica* L.): genetic analysis and molecular characterization of putative candidate genes. **Molecular Breeding**, v. 25, p. 685-697, 2010.

SANTOS, F. S.; SOUZA, P. E.; POZZA, E. A.; MIRANDA, J. C.; CARVALHO, E. A.; FERNANDES, L. H. M.; POZZA, A. A. A. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 43, p. 783-791, 2008.

SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Resistance to leaf rust in coffee cultivars. **Coffee Science**, v. 5, n. 1, p. 59-66, 2010.

SILVA, D. G. **Levantamento de raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* e resistência de clones de *Coffea canephora* var. Conillon à ferrugem**. 2000. 80f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SILVA, D. G.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; VALE, F. X. R. Resistência à ferrugem do cafeeiro de progênies de híbridos de Catuaí e Mundo Novo com o Híbrido de Timor. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO

BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/ MINASPLAN, 2000c. v. 1. p. 599-605.

SILVA, D. G.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; FONSECA, A. F. A.; VALE, F. X. R. Identificação de raças de *Hemileia vastatrix* no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/ MINASPLAN, 2000a. v. 1. p. 187-191.

SILVA, D. G.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; FONSECA, A. F. A.; VALE, F. X. R. Resistência de clones de *Coffea canephora* var. Conilon a quatro raças de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/ MINASPLAN, 2000b. v. 1. p. 192-196.

SOUZA, A. F.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C.; COSTA, H. Manejo fitossanitário da ferrugem e do bicho-mineiro dentro dos princípios da produção integrada do café conilon. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologia para produção do café conilon**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 47-64.

SOUZA NETO, P. N. **Resistência de híbridos de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner às raças II e XXXIII de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br.** 2011. 43f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R. Quantificação de doenças - Quant: versão 1.0.1. Viçosa: UFV, 2001. Software.

VAN DER VOSSSEN, H. A. M. Coffee breeding practices. In: CLARKE R. J.; VITZTHUM O. G. **Coffee: Recent Developments**. Londres: Blackwell Science Ltd. Ed., 2001. p. 184-201.

VANDERPLANK, J. E. Horizontal and vertical resistance. In: VANDERPLANK, J. E. **Disease Resistance in Plants**. 2.ed. New York: INC, 1984. 194-206p.

VANDERPLANK, J. E. **Plant Disease Epidemics and Control**. New York: Academic Press, 1963. 349p.

VÁRZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 53-74.

VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES JUNIOR., C. J.; SILVA, M. C.; MARQUES, D. V.; MORENO, G.; CASTILLO, J.; ALVARADO, G.; RAMACHAN-DRAN, M.; MAIDU, R.; BHAT, S. S. Pathotypes of *Hemileia vastatrix* with ability to break the resistance of improved commercial coffee varieties. In: 19th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 2001, Trieste, Italia. **Anais...** 2001. p. 14-18.

VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES JÚNIOR, C. J.; SILVA, M. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUIMARÃES, L. G.; RIBEIRO, A. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. **O Estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 297-320.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; SANTANA, E. N.; MARTINS, M. V. V. Diagnóstico e manejo das doenças do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 451-498.

WALLER, J. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. **Coffee pests, diseases and their management**. Oxfordshire: CAB International, 2007. 400p.

ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; BARROS, U. V. Resistência genética e componentes de resistência de linhagens de Catimor em gerações F6 e F7 a raças de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café/ MINASPLAN, 2000. v. 1. p. 507-514.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H.; CHAVES, G. M. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 369-450.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. v. 1. Viçosa: UFV, 1997. p. 83-180.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Produção de café com qualidade**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 134-215.

ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; CAIXETA, E. T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. in Brazil. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VARZEA, V. M. P. **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 75-115.