



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

LEANDRO DEL GROSSI

**RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CULTIVARES DE CAFÉ
ARÁBICA NO NORTE DO PARANÁ**

Londrina
2011

LEANDRO DEL GROSSI

**RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CULTIVARES DE CAFÉ
ARÁBICA NO NORTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca

Co-Orientador: Pesq. Dr. Tumoru Sera

Londrina
2011

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

D331r Del Grossi, Leandro.
Resistência à ferrugem de cultivares de café arábica no Norte do Paraná /
Leandro Del Grossi. – Londrina, 2009.
59f. : il.

Orientador: Ines Cristina de Batista Fonseca.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, 2011.
Inclui bibliografia.

1. *Coffea* – Genes *SH* – Teses. 2. *Hemileia vastatrix* – Teses
3. Híbrido de Timor – Teses. 4. Melhoramento – Teses. I. Fonseca,
Ines Cristina de Batista. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de
Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.52:633.73

LEANDRO DEL GROSSI

**RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA
NO NORTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Seiji Igarashi
UEL – Londrina – PR

Dr. Dhalton Shiguer Ito
IAPAR – Londrina – PR

Pesq. Dr. Gustavo Hiroshi Sera
IAPAR – Londrina – PR

Profa. Dra. Maria Isabel Balbi Peña
UEL – Londrina – PR

Pesq. Dr. Tumoru Sera
IAPAR – Londrina – PR

Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca
UEL – Londrina – PR

Londrina, 28 de março de 2011.

DEDICATÓRIA

À Deus, ao meu pai Luiz, à minha mãe
Aparecida Izabel e a minha irmã Patrícia, pelos incentivos e apoio, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina, à coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia e aos professores do Departamento de Agronomia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café / Embrapa Café pelo apoio financeiro aos projetos desenvolvidos no Instituto Agronômico do Paraná.

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) pelo apoio para execução deste trabalho e pela oportunidade de trabalhar neste centro de excelência em pesquisa agrícola.

À minha orientadora Inês Cristina de Batista Fonseca e ao meu co-orientador Tumoru Sera, pelo apoio, confiança e pelas lições que contribuíram para meu desenvolvimento.

Aos companheiros de trabalho do IAPAR que contribuíram para a execução deste trabalho em especial Claudionor Ribeiro Filho (*in memoriam*), Gustavo Hiroshi Sera, Luciana Harumi Shigueoka e Dhalton Shiguer Ito pela orientação e colaboração durante a realização dos trabalhos de campo e análises dos experimentos. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

ORAÇÃO NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS.

Ó Imaculada Virgem Mãe de Deus e nossa Mãe, ao contemplar-vos de braços abertos derramando graças sobre os que vo-las pedem, cheios de confiança na vossa poderosa intercessão, inúmeras vezes manifestada pela Medalha Milagrosa, embora reconhecendo a nossa indignidade por causa de nossas inúmeras culpas, acercamo-nos de vossos pés para vos expôr, durante esta oração, as nossas mais prementes necessidades. Concedei, pois, ó Virgem da Medalha Milagrosa, este favor que confiantes vos solicitamos, para maior Glória de Deus, engrandecimento do vosso nome, e o bem de nossas almas. E para melhor servirmos ao vosso Divino Filho, inspirai-nos profundo ódio ao pecado e dai-nos coragem de nos afirmar sempre como verdadeiros cristãos. Amém.

DEL GROSSI, Leandro. **Resistência à ferrugem de cultivares de café arábica no norte do paraná.** 2011. 59 f. Disserta o (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

RESUMO

A ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.)   uma das principais doenças do cafeeiro e pode ser controlada por meio de cultivares resistentes. Várias cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético de café no Brasil apresentavam resistência à ferrugem, mas com o surgimento de novas raças, estas cultivares apresentam, atualmente, diferentes níveis de resistência residual. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à ferrugem em cultivares de cafés desenvolvidas pelos institutos de pesquisa do Brasil em dois locais do estado do Paraná. As avalia es da resistência foram para a popula o local de raças de ferrugem presentes em Londrina e em Congonhinhas em condi es de alta intensidade da doença em campo nos anos de 2009 e 2010. As cultivares avaliadas foram desenvolvidas pela EPAMIG/UFV, IAPAR, IAC e MAPA/PROCAFÉ. Como padrão resistente foi utilizada a ‘IAPAR 59’ e como padrões suscetíveis foram usadas ‘Catuaí Vermelho IAC 144’ e ‘Bourbon Amarelo’. Os experimentos foram instalados no delineamento experimental em blocos ao acaso com três repeti es e parcelas de dez plantas. Para a avalia o da resistência foi utilizada uma escala de notas variando de 1 a 5, baseada na intensidade da ferrugem. As cultivares Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 apresentaram resistência completa   ferrugem em Londrina e em Congonhinhas. No geral, as cultivares derivadas do germoplasma Catuaí foram suscetíveis ou apresentaram níveis diferentes de resistência parcial. Em várias cultivares derivadas do “Híbrido de Timor” foram observadas a resistência parcial à ferrugem. ‘Acauã’ e ‘Obatã IAC 1669-20’ apresentaram resistência completa em Londrina, porém foram parcialmente resistentes em Congonhinhas, indicando que diferentes raças de ferrugem ocorreram nesses dois locais.

Palavras-chave: *Coffea*. genes *SH*. *Hemileia vastatrix*. Híbrido de Timor. Melhoramento.

DEL GROSSI, Leandro. **Rust resistance of cultivars of arábica coffee in northern paraná.** 2011. 59 f. Dissertao (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

Rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br) is a major coffee diseases and can be controlled through resistant cultivars. Several cultivars developed by breeding programs of coffee in Brazil showed resistance to rust, but with the emergence of new races, these cultivars show, currently, different levels of residual strength. The aim of this study was to evaluate the resistance to rust in coffee cultivars developed by research institutes in Brazil in two places in the state of Paraná. The resistance ratings were for the local population of the rust races present in Londrina and Congonhinhas under high disease intensity on the field in the years 2009 and 2010. The cultivars were developed by EPAMIG / UFV, IAPAR, IAC and MAPA / Procafé. How resistant standard was used IAPAR 59 'and were used as susceptible standards Catuaí Vermelho IAC 144' and 'Bourbon Amarelo'. The experiments were conducted in randomized complete blocks with three replications and ten plants. To evaluate the resistance we used a scale ranging from 1 to 5 based on the intensity of rust. Cultivars Catiguá MG 1, MG 2 Catiguá, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10- 1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 and MG Sacramento showed a complete resistance to rust in Londrina and Congonhinhas. In general, cultivars derived from the germplasm Catucaí were susceptible or showed different levels of partial resistance. In several cultivars derived from the "Híbrido Timor" were observed partial resistance to rust. 'Acau' and 'Obat IAC 1669-20' presented full strength in Londrina, but were partially resistant to Congonhinhas, indicating that different races of rust have occurred in these two locations

Keywords: Breeding. *Coffea*. *Hemileia vastatrix*. Híbrido de Timor. *SH* genes.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	HISTÓRIA E FATOS NACIONAIS.....	12
2.2	CAFÉ ARÁBICA.....	13
2.3	ASPECTOS ECONÔMICOS DA CAFEICULTURA BRASILEIRA.....	14
2.4	FERRUGEM ALARANJADA DO CAFÉ.....	16
2.4.1	Etiologia.....	16
2.4.2	Sintomatologia.....	18
2.4.3	Prejuízos na Cultura do Café.....	19
2.4.4	Raças Fisiológicas de Ferrugem.....	20
2.4.5	Identificação das Raças Fisiológicas.....	21
2.5	CONTROLE DA FERRUGEM.....	22
2.5.1	Controle Químico.....	23
2.6	RESISTÊNCIA DO CAFEIEIRO A FERRUGEM.....	26
2.6.1	Genes de Resistência à Ferrugem.....	26
2.6.2	Resistência Incompleta Específica para Raças e Resistência Residual.....	27
2.6.3	Resistência Incompleta não Específica para Raças.....	29
2.6.4	Tolerância.....	30
2.6.5	Fontes de Resistência à Ferrugem.....	31
2.6.5.1	Grupos fisiológicos de resistência dos cafeeiros.....	31
2.6.5.2	Variedades de café resistentes à ferrugem.....	32
3	ARTIGO: RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA NO NORTE DO PARANÁ	35
3.1	RESUMO.....	35
3.2	ABSTRACT.....	35
3.3	INTRODUÇÃO.....	36
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
3.6	CONCLUSÕES.....	44

4 CONCLUSÕES GERAIS	46
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	57
ANEXO A RAÇAS FISIOLÓGICAS DE FERRUGEM IDENTIFICADAS NO MUNDO COM SEUS RESPECTIVOS GENES DE VIRULÊNCIA.....	58
ANEXO B CAFEEIROS DIFERENCIADORES UTILIZADOS NA IDENTIFICAÇÃO DAS RAÇAS DE FERRUGEM COM SEUS RESPECTIVOS GENES DE RESISTÊNCIA, DESIGNAÇÕES E GRUPOS FISIOLÓGICOS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Rubiaceae*, ao gênero *Coffea* o cafeeiro é uma planta perene de clima tropical de altitude, adaptadas a temperaturas amenas e clima úmido, como nos altiplanos da Etiópia, região considerada centro de origem da cultura.

Dentre as diversas espécies reunidas nesse gênero, as de maior interesse econômico são *C. Arábica* e *C. canephora*, representando 70% e 30% da produção mundial, respectivamente. O cultivo dessas espécies estende-se por mais de 50 países nos diversos continentes, ocupando uma área superior a 10 milhões de hectares, com uma produção média anual em torno de 130 milhões de sacas de café beneficiado.

O Brasil, atualmente, ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por 29,98% da produção mundial, com um parque cafeeiro em torno de 5,9 bilhões de plantas, distribuídas em cerca de 2,4 milhões de hectares em todas as regiões do país. A produtividade do cafeeiro pode ser influenciada por vários fatores, como: nível tecnológico dos cafeicultores, cultivar utilizada, espaçamento de plantas por hectare, irrigação, manejo da lavoura, quantidade de fertilizantes aplicada por área, preços do café no mercado internacional, custo da mão-de-obra, da colheita, dos insumos e defensivos, ocorrência de intempéries climáticas (geadas, secas e calor) e pragas e doenças que incidem na cultura (CONAB, 2010).

Com relação às doenças do cafeeiro, tem-se a ferrugem, causada pelo fungo (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.), como a principal delas em todo o mundo. No Brasil, a ferrugem do cafeeiro foi constatada pela primeira vez em 1970, e hoje está presente em todas as regiões produtoras do país, causando perdas que variam de 35 a 50%. Essas perdas podem variar de acordo com as condições climáticas da região, a suscetibilidade da cultivar utilizada, a carga pendente de frutos e a nutrição.

Os principais danos causados por esse fungo são: a queda precoce de folhas e seca de ramos antes da época de florescimento do cafeeiro, o que resulta em diminuição da produção no ano seguinte. Para controlar a doença, pode-

se adotar o manejo integrado da ferrugem do cafeeiro, que inclui métodos como o controle químico, genético, cultural e nutricional.

Entretanto, em várias regiões do país, mesmo em lavouras onde se adotam as práticas culturais adequadas, a ferrugem tem sido problema, exigindo cada vez mais aplicações de fungicidas que demandam custos e complexidade tecnológica para o cafeicultor. O uso de fungicidas pode ser diminuído se utilizados cultivares parcialmente resistentes ou até mesmo evitados se forem de resistência completa.

Os trabalhos de melhoramento e recomendação de cultivares para uma região geralmente são demorados e a obtenção de cultivares geneticamente resistentes, visando diminuir os custos de produção tem sido um constante desafio para os pesquisadores. Cultivares ao longo do tempo, podem se tornar suscetíveis a novas raças de patógenos que se desenvolvem por meio de mutações genéticas, com potencial para suplantarem a resistência de determinados cultivares. A interação entre ambiente e genótipo também influencia diretamente a produtividade, severidade da doença e rendimento das cultivares.

Para evitar ou dificultar a quebra de resistência, uma das estratégias é o acúmulo de genes de resistência numa mesma cultivar visando a resistência completa e durável à ferrugem. Uma outra alternativa é o uso da resistência incompleta e a tolerância à ferrugem, pois reduzem o risco do surgimento de novas raças, além de reduzirem o número de aplicações de fungicidas e perdas na cultura do café.

Algumas cultivares que apresentam resistência completa atualmente, apresentam diferentes níveis de resistência ou são suscetíveis devido ao surgimento de novas raças que quebram a resistência. Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência à ferrugem em cultivares de café desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR); MAPA/fundação PROCAFÉ; Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) no Norte do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA E FATOS NACIONAIS

Segundo os historiadores, os primeiros povos a fazer uso do café foram os arábes, 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 foram levadas em 1722 pra Guiana, de onde vieram as primeiras sementes e mudas para o estado do Pará pelas mãos de Francisco de Mello Palheta em 1727 (CARVALHO, 2002).

Mudas e sementes do Pará foram enviadas ao Rio de Janeiro, e de um único cafeeiro que sobreviveu foi originado os primeiros cafezais desse Estado, e posteriormente as lavouras dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Essas lavouras foram resultantes da variedade conhecida como arábica, também relatada Nacional, Criolo ou Típica.

Plantações comerciais de café, cultivadas em diversas localidades do globo terrestre, encontram-se distribuídas no continente americano desde Cuba em latitude de 22° N até o estado do Paraná em latitude de 26° S (EVANOFF, 1994).

Devido às condições climáticas favoráveis, o cultivo de café se espalhou rapidamente no Brasil, com produção voltada para o mercado doméstico. Em pouco tempo, o café passou de uma posição relativamente secundária para a de produto-base da economia brasileira. Por quase um século, o café foi a grande riqueza brasileira, e as divisas geradas pela economia cafeeira aceleraram o desenvolvimento do país e o inseriram nas relações internacionais de comércio (ABIC, 2010).

A cultura do café ocupou vales e montanhas, possibilitando o surgimento de cidades e a dinamização de importantes centros urbanos por todo o interior do estado de São Paulo, sul de Minas Gerais e norte do Paraná. Ferrovias foram construídas para permitir o escoamento da produção, substituindo o transporte animal e impulsionando o comércio inter-regional de outras importantes mercadorias. O café trouxe grandes contingentes de imigrantes, consolidou a expansão da classe

média, a diversificação de investimentos e até mesmo intensificou movimentos culturais (ABIC, 2010).

2.2 CAFÉ ARÁBICA

Planta perene de porte arbustivo, o café arábica (*Coffea arabica L.*), pertencente à família Rubiaceae, produz frutos tipo baga e contém, normalmente, duas sementes que representam o seu produto econômico que, depois de convenientemente processadas, são consumidas na forma de infusão. É tetraplóide, com $2n = 44$ cromossomos, autocompatível, e se multiplica predominantemente por autofecundação.

Sua fertilização se dá 24 horas após a polinização, ocorrendo a primeira divisão de célula do endosperma aos 21-27 dias depois da fertilização e a primeira divisão do embrião aos 60-70 dias da polinização (THOMAZIELLO et al., 2000).

O café arábica é originário de áreas florestais elevadas da Etiópia, próximas à linha equatorial, em latitudes variáveis de 6° a 9° N e altitudes médias de 1600 a 2000 metros, onde a temperatura média anual do ar oscila entre 15° e 20° C e as chuvas são da ordem de 1600 a 2000 milímetros anuais (CARR, 2001). Temperaturas médias anuais entre 18° e 23° parecem ser os limites mais indicados ao café arábica (ALFONSI, 2000).

Quando em áreas com temperaturas médias anuais elevadas (acima de 23° C), o cafeeiro arábica apresenta frutificação e maturação demasiadamente precoces, podendo ocasionar perdas no tamanho e qualidade final do grão, pois as fases da colheita e secagem podem coincidir com períodos quentes e chuvosos. Por outro lado, temperaturas médias anuais baixas (inferiores a 19° C) provocam aumento no período de frutificação, podendo a maturação se sobrepor ao florescimento no ano seguinte, prejudicando, assim, a vegetação e a produção final (ALFONSI, 2000).

O ciclo de vida do cafeeiro está dividido em três grandes períodos: 1° - de crescimento, que vai da germinação à maturidade sexual; 2° - de produção; e 3° - de decadência fisiológica, que termina com a morte da planta. Cada uma dessas

fases é influenciada, em maior ou menor intensidade, por fatores ambientais como temperatura, radiação, precipitação e características do solo (EVANOFF, 1994).

2.3 ASPECTOS ECONÔMICOS DA CAFEICULTURA BRASILEIRA

O Brasil é o país que mais produz e exporta café no mundo. Este representa um dos principais produtos para a agricultura brasileira, totalizando na safra 2009, 30,33 milhões de sacas exportadas, o que representa 29,98 % das exportações mundiais. O café ainda é um dos mais importantes produtos agrícolas de exportação brasileira gerando riquezas e divisas para o país, além de ter grande função social pela geração de empregos ao longo da cadeia produtiva (CONAB, 2010).

Coffea arabica L. (café arábica) e *C. canephora* Pierre (café robusta) são as de maior cotação no mercado internacional (FAZUOLI, 1986). O café robusta é de menor qualidade e maior produtividade, mas o café arábica apresenta preços maiores no mercado mundial pela sua qualidade.

Segundo a estimativa feita pela CONAB (2010) a primeira estimativa de produção total de café (arábica e conilon), para a safra 2010, indicou que o país colheu entre 45,89 e 48,66 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado. O resultado dessa primeira pesquisa representou um acréscimo entre 16,3% e 23,3%, quando comparada com a produção de 39,47 milhões de sacas obtidas na temporada anterior. Considerando o intervalo superior de 48,66 milhões de sacas, esta safra é a maior já colhida no País. Até então, a safra recorde foi colhida na temporada 2002/03 com o volume de 48,48 milhões de sacas. O maior acréscimo se deu na produção de café arábica, estimada entre 33,96 e 36,15 milhões de sacas, o que representa um ganho entre 17,7% e 25,2%. Para a produção do robusta (conilon), a previsão apontou uma produção entre 11,93 e 12,51 milhões de sacas, ou seja, crescimento entre 12,5% e 17,9%. O ano de bionalidade positiva, aliado às condições climáticas favoráveis no período da floração constituem-se nos principais fatores que justificam o crescimento.

A área total cultivada com café (arábica e robusta) está estimada em 2.315.521 hectares, 0,5% inferior à safra passada, o que corresponde a uma

redução de 11.359 hectares. Desse total, 8,8% (222,6 mil hectares) estão em formação e 90,2% (2.101,1 mil hectares) estão em produção (ABIC, 2010).

No Paraná a produção da safra 2010 foi de 2,0 a 2,2 milhões de sacas, com produtividade média de 25,2 sacas. A safra de 2010 foi entre 36,3% e 50,0%, maior que a colhida no ano de 2009 (1,47 milhões), porém, 23,4% a 15,7% inferior ao volume obtido em 2008 (2,61 milhões), ano de alta produção, quando se registrou produtividade média de 27,0 sacas. A área total cultivada registrou redução de 4,0%, sendo erradicados 3.920 hectares após a colheita deste ano em decorrência da grave situação de renda vivida pelos cafeicultores ao findar mais uma safra de frustração pelo descompasso entre os preços de mercado e o contínuo aumento dos custos de produção (CONAB, 2010).

A atividade cafeeira representa uma das mais importantes para a agricultura do Paraná, principalmente em relação à geração de empregos, sendo o setor cafeeiro responsável pela manutenção de 75 mil empregos diretos no campo e ultrapassando 200 mil postos de trabalho nos demais segmentos da cadeia produtiva. De toda a mão-de-obra utilizada no café, 67% é familiar, sendo assim de grande importância para a fixação de mão-de-obra no campo. Atualmente, o estado do Paraná possui 13 mil produtores de café, sendo cultivado em 210 municípios paranaenses. A maioria dos produtores possui pequenas propriedades, sendo 83 % delas propriedades familiares com área inferior a 50 hectares (SEAB/ DERAL, 2007).

O consumo interno brasileiro de café vem crescendo continuamente, conjectura-se que deverá ocorrer um incremento de 3%, em relação à previsão do ano anterior, que era de 17,5 milhões de sacas. Portanto, o consumo interno, relativo ao ano-safra 2010/2011, deverá alcançar 18,025 milhões de sacas. Ainda sobre o consumo interno, constatou-se que a crise econômica - financeira que se abateu sobre várias economias mundiais, praticamente não atingiu esse segmento aqui no Brasil. Novas cafeterias - cada vez mais sofisticadas - continuam a ser instaladas nas grandes metrópoles e cidades de porte médio. O consumo de cafés especiais ou gourmets, são cada vez mais incentivados pelos meios de comunicação, pelas grandes redes varejistas e pela própria ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café, através de uma sistemática campanha de "marketing". (ABIC, 2009).

2.4 FERRUGEM ALARANJADA DO CAFÉ

A ferrugem alaranjada do café (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) foi detectada pela primeira vez em 1861, na África, pelo explorador inglês Grant, em cafeeiros localizados próximos ao lago Victória, na província de Nyanza, no Quênia (WELMAN, 1952). Sua descrição ocorreu no Ceilão (atualmente Sri Lanka), em 1869, por Berkeley e o nome do gênero *Hemileia* se deve ao fato de os esporos possuírem metade da sua parede celular de aspecto liso e a espécie como *vastatrix*, em função de sua rápida disseminação (BERKELEY, 1869).

Nas Américas foi relatada pela primeira vez em 1902, na ilha de Porto Rico. No Brasil a ferrugem foi primeiramente detectada no estado da Bahia em janeiro de 1970. Em apenas dois anos, a ferrugem foi disseminada para as principais regiões cafeeiras do Brasil (GODOY et al., 1997).

2.4.1 Etiologia

A ferrugem alaranjada do cafeeiro é causada pelo fungo *H. vastatrix*, pertencente à família *Pucciniaceae*, ordem *Uredinales*, classe *Basidiomycetes* (GODOY et al., 1997).

É um fungo biotrófico, que apresenta um ciclo de vida incompleto, pois as fases de pécnio e écio ainda são desconhecidas (RAJENDREN, 1967), ocorrendo somente os estádios urédia, télia e basídio (KUSHALAPPA, 1989). O ciclo da doença é iniciado pelos uredósporos, que são dicarióticos ($n + n$) (ONO, 2002) e ao serem depositados na face abaxial das folhas, na presença de água, germinam, penetram e colonizam as folhas. Posteriormente, produzem as urédias com os uredósporos, os quais podem novamente ser disseminados para outras folhas, iniciando o ciclo secundário (ZAMBOLIM et al., 2002).

As lesões com uredósporos em folhas de cafeeiros constituem a fonte de inóculo. Cada pústula produz, aproximadamente, 150.000 uredósporos, os quais sobrevivem sob condições secas por um período de seis semanas (GODOY et al., 1997).

Em determinadas condições climáticas como umidade e temperaturas baixas (COUTINHO et al., 1995) e em lesões velhas, a télia e os teliósporos (2n) são formados nas lesões. Os teliósporos, ao germinarem, formam o pro-micélio (basídio) e basidiósporos (n) (ZAMBOLIM et al., 2002), os quais não infectam os cafeeiros (GODOY et al., 1997).

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. O impacto da gota da chuva numa lesão liberta os esporos, inclusive desmanchando os aglomerados. A disseminação a longa distância é feita principalmente pelo homem e pelo vento (GODOY et al., 1997).

Os uredósporos, ao serem depositados na face abaxial da folha, germinam num período de 3 a 6 horas em condições de alta umidade ou água livre e temperatura entre 21 e 25 °C, na ausência de luz (GODOY et al., 1997). A temperatura ótima para germinação e penetração de *H. vastatrix* nos estômatos varia de 22 a 24 °C, sendo temperaturas superiores a 30 °C e inferiores a 14 °C limitantes para a infecção. A máxima infecção é obtida após 24 horas de água livre na superfície das folhas (ZAMBOLIM et al., 2002). Os tubos germinativos se ramificam e formam apressórios próximos ao estômato, onde a hifa penetra na cavidade subestomática, com posterior colonização intracelular pelos haustórios. O micélio do fungo cresce nos espaços intercelulares, dentro da folha, sem manifestar sintomas visíveis. Os uredósporos nas lesões têm, normalmente, um poder germinativo de 30 a 50% e, nessas condições, podem permanecer viáveis durante tempo variável, até três meses em período seco. Uma vez retirados das lesões, perdem rapidamente seu poder germinativo, sendo de 5%, após 5 dias, e 1%, após 20 dias. Dependendo das condições ambientais, as fase de germinação e penetração podem ser de dois a três dias (GODOY et al., 1997).

Os sintomas iniciais surgem 7 a 15 dias após a penetração, variando em função da temperatura, suscetibilidade da planta e idade do órgão afetado. A esporulação é iniciada uma semana após os primeiros sintomas (GODOY et al., 1997).

A duração do ciclo de *H. vastatrix* determina a importância econômica da doença numa determinada região. Em locais com condições

desfavoráveis à doença o ciclo é longo, superior a 30 dias. Em locais com ambiente favorável os ciclos são curtos, com 20 ou menos dias de duração (GODOY et al., 1997). Os quatro fatores que interagem e determinam a severidade da ferrugem são: distribuição e intensidade de chuvas, grau de enfolhamento das plantas, carga pendente das plantas e quantidade de inóculo residual presente no final da estação seca. A curva de progresso da doença, na maioria das regiões produtoras de café do país (altitude de 650 m a 1000 m), se inicia em dezembro ou janeiro, com pico em maio a junho. Em altitudes superiores a 1200 m, o pico da doença é deslocado para setembro a outubro. A severidade da doença também é em função da altitude, sendo maior em torno de 850 m, e tende a diminuir e altitudes acima de 1000 m, devido ao decréscimo da temperatura (ZAMBOLIM et al., 2002). Durante a estação seca, a acentuada queda de folhas reduz a incidência da doença (GODOY et al., 1997).

Folhas em qualquer fase de desenvolvimento são suscetíveis ao fungo (GODOY et al., 1997). Entretanto, a penetração e colonização são mais rápidas e freqüentes em folhas jovens (ESKES, 1983; GODOY et al., 1997). Em folhas completamente desenvolvidas, a colonização é dificultada pelas características dos tecidos do limbo foliar (GODOY et al., 1997).

2.4.2 Sintomatologia

No início, na face inferior do limbo foliar, a ferrugem do cafeeiro causa manchas cloróticas translúcidas de 1 a 3 mm de diâmetro. Em poucos dias, as manchas se desenvolvem, atingindo de 1 a 2 cm de diâmetro (GODOY et al., 1997). Nessas manchas, são observadas pústulas alaranjadas ou vermelho-alaranjadas com uredósporos (ZAMBOLIM et al., 2002). Na face adaxial da folha aparecem áreas descoloridas, de tonalidade amarelada, que correspondem às regiões infectadas na face abaxial (GODOY et al., 1997).

As lesões aumentam de tamanho, deixando no seu centro uma área necrótica, com menor esporulação, esporos de coloração mais clara e com menor viabilidade. A perda da cor típica dos esporos pode ser acelerada pela presença do hiperparasita *Verticillium hemileiae* Bour. colonizando urédias de *H. vastatrix*

(GODOY et al., 1997), o qual é mais observado em regiões com alta umidade relativa do ar e em cafezais sombreados (ZAMBOLIM et al., 1997). Em estádios avançados do ataque, a maior parte da área afetada morre e a produção de esporos continua somente na beira da pústula (GODOY et al., 1997).

Ocasionalmente, *H. vastatrix* pode atacar a extremidade de ramos em desenvolvimento ou frutos verdes. As folhas atacadas caem prematuramente, sendo que na plantação, o sintoma mais notável é a desfolha dos cafeeiros, que pode provocar danos à produção (NAVARRO DE ANDRADE, 1914; WELLMAN, 1952; GODOY et al., 1997).

2.4.3 Prejuízos na Cultura do Café

No Brasil a produtividade média de café é de 17 a 19 sacas de 60 kg em grãos por hectare (scB/ ha) (BRANDO, 2003), entretanto, o potencial produtivo de uma lavoura é mais do que 70 scB/ ha em cafeeiros irrigados (SOARES, 2001).

Alguns fatores que contribuíram para esta baixa produtividade média brasileira é a ocorrência de várias pragas e doenças. A ferrugem causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. é considerada a principal doença do café no mundo. As perdas na produção provocada pela ferrugem variam de 35 % a 50 %, dependendo de vários fatores como a suscetibilidade da cultivar, umidade do ambiente, carga pendente e estado nutricional da planta (ZAMBOLIM et al., 1997). As desfolhas dos cafeeiros provocadas pela ferrugem que ocorrem antes da indução floral ou durante o desenvolvimento dos frutos, respectivamente, ocasionam à redução da floração e à má formação dos grãos (GODOY et al., 1997). A má nutrição e a desfolha da planta durante o inverno, devido ao controle deficiente da ferrugem, predispõem os cafeeiros à geada, pois plantas com deficiência nutricional congelam mais rapidamente (SERA; GUERREIRO, 1995).

Em anos de alta produção cafeeiros o ataque da ferrugem é mais severo (NAVARRO DE ANDRADE, 1914; MARIOTTO et al., 1979; ZAMBOLIM et al., 1985; CARVALHO et al., 2001).

2.4.4 Raças Fisiológicas de Ferrugem

A quebra de resistência por novas raças de ferrugem em muitas cultivares antes consideradas resistentes como as do germoplasma Catimor vem ocorrendo com bastante frequência em todas as regiões do mundo. As raças fisiológicas de ferrugem existentes já quebraram quase todos os genes *SH* de resistência (VÁRZEA et al., 2002).

A formação de novas raças parece estar relacionada com a pressão de seleção exercida pelos genes de resistência do hospedeiro, do mesmo modo que tem sido observado para outras ferrugens (JOHNSON, 2000). A maior diversidade na virulência de *H. vastatrix* vem sendo observada em regiões cafeeiras, como na Índia, onde foram realizados grande número de cruzamentos interespecíficos e retrocruzamentos visando incorporar genes de resistência (RODRIGUES-JUNIOR et al., 2000). A principal causa de variação em *H. vastatrix* vem sendo atribuída à mutação genética, pois ainda não foi identificada a fase sexuada e os hospedeiros alternativos. A heterocariose pode ser um dos mecanismos para o surgimento de novas raças, entretanto, tentativas em produzir heterocariontes no CIFC não tiveram sucesso (VÁRZEA et al., 2002).

Atualmente já foram caracterizadas mais de 45 raças fisiológicas de ferrugem no mundo, portadoras dos 9 genes de virulência (v1 até v9), sozinhos ou em combinações (ANEXO A). Algumas raças apresentam um grande espectro de virulência como a raça XXXIX, com sete genes de virulência (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9), isolada de amostras provenientes da Índia (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Raças virulentas ainda não foram identificadas nos cafeeiros HDT CIFC 832/1 e HDT CIFC 832/2. Os cafeeiros HDT CIFC 2570 e HDT CIFC 1343 ainda não foram testados com as novas raças. Em derivados do Híbrido de Timor mais que 20 raças virulentas já foram caracterizadas no CIFC (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Em 1981, onze anos após a constatação da ferrugem no Brasil, 12 diferentes raças do fungo já haviam sido identificadas (CARDOSO et al., 1981). Atualmente são 17 raças detectadas no país (I, II, III, VII, X, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV ou XXXI, XXX e XXXIII), de 1972 a 2002, sendo essas portadoras dos genes v1, v2, v3, v4, v5, v6, v8 e v9, sozinhos ou em combinações

(ZAMBOLIM et al., 2005). Como no Brasil as variedades mais cultivadas são as dos germoplasmas Catuaí e Mundo Novo, portadoras do gene *SH5* (MATIELLO; ALMEIDA, 2006), a raça II (v5) é a de maior distribuição geográfica, sendo encontrada em todos os estados tanto em *C. arabica* como em outros germoplasmas. A raça III (v1, v5) foi detectada nos estados de São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais e Paraná e a raça XV (v4, v5) nos estados de São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais. Raças complexas como a XVI (v1, v2, v3, v4, v5), com vários genes de virulência, somente foram identificadas em germoplasmas de café com combinações complexas de genes de resistência, em campos experimentais mas com baixa agressividade (ZAMBOLIM et al., 2005).

Na Índia já foram identificadas 37 das 45 raças existentes no mundo, sendo que muitas apresentam um grande espectro de virulência como as raças XXIX (v5, 6, 7, 8, 9), XXXVII (v2, 5, 6, 7, 9) e XXXIX (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9) (PRAKASH et al., 2005).

Nunca foram encontradas raças com o v3 associado com os genes v6 a v9. Entretanto, já foram encontradas raças com v1, v2 e v4 associados com v6 a v9, como é o caso das raças XXXVIII (v1,2,4,5,8) e XXXIX (v2,4,5,6,7,8,9) (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

A ferrugem pode perder fatores de virulência não necessários para a infecção quando é inoculada em cafeeiros com poucos genes de resistência, sendo este processo denominado seleção estabilizadora (VÁRZEA et al., 2002; ESKES, 2005). Após repetidas inoculações da raça VIII (v2,3,5) em genótipos de café com o SH4, surgiu a raça XIV (v2,3,4,5). Esta raça perdeu os genes de virulência adquiridos quando inoculada várias vezes no “Caturra”, portador somente do *SH5*. Por este motivo, raças devem ser inoculadas em seus respectivos hospedeiros diferenciadores para evitar a perda de virulência (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

2.4.5 Identificação das Raças Fisiológicas

As raças fisiológicas de ferrugem vêm sendo identificadas através do uso de cafeeiros diferenciadores (ANEXO B), pertencentes a dezoito grupos fisiológicos (VÁRZEA; MARQUES, 2005). Esses possuem os genes *SH1* a *SH9*,

sozinhos ou em combinação. Além desses, possuem outros genes, os quais vêm sendo denominados *SH* (BETTENCOURT, 1981). Já foram identificados cafeeiros diferenciadores derivados de HDT CIFC 832/1 (BETTENCOURT et al., 1980; BETTENCOURT et al., 1992) e HDT CIFC 1343 (BETTENCOURT et al., 1980), entretanto em derivados de HDT CIFC 832/2 e HDT CIFC 2570 ainda não foram identificados. Devido a falta de diferenciadores, os genótipos de virulência de algumas raças não são completamente caracterizados e, provavelmente, existem mais genes de virulência. Não existem suficientes diferenciadores para caracterizar o espectro de virulência das novas raças dos derivados do “Híbrido de Timor”. Novos diferenciadores poderão facilitar a identificação de nova raças. (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Marcadores genéticos baseados na análise direta do DNA são métodos alternativos para estudar a variabilidade genética das populações de *H. vastatrix* (ZAMBOLIM et al., 2005). Existem poucos estudos moleculares da diversidade genética de *H. vastatrix*. Vem sendo observado que o uso de marcadores RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) e AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) são importantes ferramentas na identificação de raças, em conjunto, com os cafeeiros diferenciadores (VÁRZEA et al., 2002; GOUVEIA et al., 2005; ZAMBOLIM et al., 2005).

2.5 CONTROLE DA FERRUGEM

Os controles da ferrugem são: biológico, cultural, químico e genético. Os dois últimos são os mais utilizados pelos agricultores.

A ação de fungos do gênero *Verticillium* e larvas de Dípteros que parasitam e/ou se alimentam sobre as lesões da ferrugem não vêm demonstrando resultados satisfatórios no controle biológico (MATIELLO; ALMEIDA, 2006).

O controle cultural através de práticas de manejo para aumentar a intensidade da luz e diminuir o período de molhamento no interior da copa da planta como podas, condução de hastes e uso de espaçamentos menos adensados são usados como auxiliares no controle químico segundo Matiello e Almeida (2006). A

freqüência de folhas infectadas é menor em cafezais menos adensados e cultivados a pleno sol (MATIELLO; ALMEIDA, 2006).

2.5.1 Controle Químico

Após ter sido constatada no Brasil, no início da década de 70, várias pesquisas foram desenvolvidas, visando selecionar os fungicidas, as dosagens e a época de aplicação mais adequadas ao controle da ferrugem. Os fungicidas protetores à base de cobre, como calda bordalesa, oxiclreto de cobre, hidróxidos de cobre e os óxidos cuprosos, foram os primeiros a serem testados, demonstrando-se a grande eficiência deles no controle do fungo, com reflexos positivos na produtividade da cultura (CHAVES et al., 1971; CRUZ FILHO; CHAVES, 1975, 1985; JARAMILLO, 1988). Além de atuar no controle preventivo da doença, o cobre desempenha importante papel no metabolismo da planta como constituinte de várias enzimas, contribuindo para melhorar a fixação das folhas nas plantas do cafeeiro (CRUZ FILHO; CHAVES, 1985).

Os fungicidas cúpricos também têm a vantagem de apresentarem ação sobre outras doenças de cafeeiro, podendo ser utilizados em associação com fungicidas sistêmicos, que são aplicados por via foliar ou via solo, nos programas integrados de manejo das principais doenças do cafeeiro. Quando aplicado na superfície das folhas, o fungicida cúprico atua no controle preventivo da ferrugem, formando uma barreira tóxica capaz de evitar a germinação e penetração dos uredósporos nos tecidos foliares. Ao optar por esta estratégia, normalmente o produtor terá de realizar quatro aplicações no período de dezembro a março (JARAMILLO, 1988). As aplicações de fungicidas cúpricos apresentam algumas dificuldades, como: a necessidade de maior volume e boa cobertura foliar com a calda fungicida, maior número de aplicações e a dificuldade de realizá-las no período chuvoso ou em lavouras adensadas (CARVALHO; CHALFOUN, 1998).

A dificuldade na execução de um esquema exclusivamente preventivo no controle da ferrugem do cafeeiro, levaram os pesquisadores a buscarem novas opções de controle utilizando fungicidas sistêmicos com efeito curativo (MATIELLO; ALMEIDA, 1992). Várias moléculas pertencentes a diferentes

grupos químicos de fungicidas foram testadas em casa de vegetação e campo, com destaque para o grupo do triazóis (triadimenol, triadimefon, epoxiconazole, ciproconazole, tebuconazole, hexaconazole, tetraconazole, propiconazole, metconazole e flutriafol). A eficiência desse grupo de fungicidas no controle da ferrugem foi demonstrada em vários trabalhos (ZAMBOLIM et al., 1987; SILVA-ACUÑA et al., 1993; LONDOÑO et al., 1995; MENDONÇA et al., 1999; ZAMBOLIM et al., 2002).

Os fungicidas sistêmicos do grupo dos triazóis podem ser aplicados por via foliar ou via solo. A aplicação via foliar pode ser feita de maneira preventiva – seguindo-se o calendário fixo de aplicação – ou curativa – baseando-se no monitoramento e tomada de decisão em relação à época de aplicação do fungicida.

No calendário fixo, as aplicações dos produtos são realizadas em épocas pré-determinadas, independentemente da intensidade de ferrugem na planta. Normalmente, são realizadas duas aplicações, sendo a primeira em dezembro/janeiro e a segunda em fevereiro/março, de acordo com o produto e com as doses estabelecidas pelos fabricantes (MENDONÇA et al., 1999; ZAMBOLIM et al., 2002).

A estratégia de controle com base na incidência da doença implica a amostragem de folhas no campo e a determinação da incidência e severidade da doença. Apesar de vários trabalhos terem sido realizados, ainda não existe uma definição quanto aos parâmetros indicadores do início de aplicação com base no índice de infecção. A recomendação é que, se o índice de infecção for igual ou inferior a 5%, deverá ser indicado o controle da doença utilizando-se fungicida protetor; e caso esse índice chegue até o máximo de 12%, recomenda-se a aplicação de fungicida sistêmico (ZAMBOLIM et al., 2002).

Muitos produtores ignoram essa recomendação e preferem realizar as aplicações quando o índice de infecção está mais elevado, visando ao controle curativo da doença. Essa estratégia pode ter alguma vantagem do ponto de vista econômico, por permitir, em certos casos, reduzir o número de aplicações devido ao efeito curativo dos fungicidas sistêmicos (MENDONÇA et al., 1999). Entretanto, nem sempre é fácil determinar o momento exato da aplicação face à rápida evolução da doença, que em condições favoráveis pode fugir ao controle e causar danos à lavoura (MANSK; MATIELLO, 1992).

A partir de 1984, o avanço no controle da ferrugem foi o aprimoramento da técnica de aplicações de fungicidas via solo. Com esta técnica, apenas uma aplicação dos produtos no início do período chuvoso é necessária para conter a evolução da doença (CHALFOUN, 1992; MATIELLO; ALMEIDA, 1992). Dentre os produtos utilizados, destacam-se os grupos dos triazóis, como triadimenol, ciproconazole e flutriafol), em formulações granuladas (GR), grânulos dispersíveis em água (GRDA) ou concentrado emulsionável (CE). Esses fungicidas podem estar ou não associados com inseticidas sistêmicos (dissulfoton, tiametoxan e imidacloprido), visando ao controle conjunto da ferrugem e do bicho-mineiro (ZAMBOLIM et al., 1987; MATIELLO, 1990; LONDOÑO et al., 1995; SILVA et al., 1997; ZAMBOLIM et al., 2002).

Além dos aspectos ligados ao controle fitossanitário, outros de natureza fisiológica estão envolvidos diretamente na eficiência desses produtos químicos aplicados via solo. Em geral, eles têm proporcionado maior crescimento vegetativo das plantas, representado pelo maior diâmetro da copa e do caule, aumento do número de ramos plagiotrópicos e do número de internódios, crescimento radicular, coloração verde mais intensa das plantas, maior retenção foliar e incremento de até 59% na produção (GAMBA et al., 1996; SANTINATO et al., 1997; BARROS et al., 1999).

Outra opção de controle da ferrugem é o uso integrado de fungicidas sistêmicos e cúpricos, o que melhora a ação residual de ambos os produtos no cafeeiro. Essa associação possibilita também o controle da mancha-de-olho-pardo e o aumento de produtividade do cafeeiro, quando comparadas à produtividade de plantas não tratadas e daquelas tratadas apenas com cúpricos. Além disso, o fungicida cúprico melhora o estado nutricional das plantas, uma vez que o cobre é um nutriente essencial para o cafeeiro (CRUZ FILHO; CHAVES, 1985; CHALFOUN, 1992; MATIELLO, 1999).

2.6 RESISTÊNCIA DO CAFEIEIRO À FERRUGEM

Em vários programas melhoramento genético de café do mundo um dos principais objetivos é o desenvolvimento de cultivares com resistência à ferrugem.

A resistência pode ser completa quando nas plantas não ocorre a esporulação da ferrugem e, normalmente, é específica para raças. A resistência pode ser incompleta ou parcial quando ocorre a esporulação, porém é menos intensa do que num cafeeiro suscetível. A resistência incompleta pode ser específica ou não específica para raças. Genes maiores e menores podem conferir a resistência completa ou incompleta.

2.6.1 Genes de Resistência à Ferrugem

A interação entre café e ferrugem pode ser explicada pela teoria gene a gene de Flor (1955) (NORONHA-WAGNER; BETTENCOURT, 1967). Os genes maiores conhecidos que conferem resistência específica para raças são *SH1*, *SH2*, *SH3*, *SH4*, *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9*, contrastando com os correspondentes genes de virulência *v1* a *v9* de *H. vastatrix* (RODRIGUES-JUNIOR et al., 1975; BETTENCOURT, 1981; BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). Os genes *SH1*, *SH2*, *SH4* e *SH5* foram identificados em acessos de cafeeiros arábicos originados da Etiópia. *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9* foram originados de *C. canephora*, um dos parentais do “Híbrido de Timor” e do “Icatu” (RODRIGUES-JUNIOR et al., 1975; BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). O *SH3* 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 tetraplóides S.26 e S.31 (*C. arabica* x *C. liberica*) (NORONHA-WAGNER; BETTENCOURT, 1967; BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971).

Outro(s) gene(s) maior(es) de resistência *SH* podem existir em derivados de “Híbrido de Timor” e em “Icatu”, pois foi observada a quebra de resistência por novas raças de ferrugem em alguns desses cafeeiros portadores dos

genes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9*. Os cafeeiros que mantiveram a resistência, provavelmente são portadores de outros genes *SH* (RODRIGUES-JUNIOR et al., 2000). Dois fatores de resistência monogênicos, diferentes de *SH6* a *SH9*, foram detectados no Brasil, um em *C. canephora* cv. Kouillou e outro em “Icatu” (ESKES, 1989).

O *SH3* e certos genes de *C. canephora* têm promovido resistência à ferrugem em condições de campo por um longo período (SRINIVASAN; NARASIMHASWAMY, 1975; BERGAMIN-FILHO, 1976; RAMACHANDRAN; SRINIVASAN, 1979; ESKES, 1989).

Além desses genes maiores citados anteriormente, que promovem resistência completa, também foi observada a resistência incompleta devido à presença de um ou poucos genes menores parcialmente dominantes em plantas do “Icatu” e “Híbrido de Timor”. Esses fatores genéticos quando em condição homozigótica ou associados, conferem uma resistência quase completa (ESKES et al., 1990).

Outros genes vêm promovendo resistência incompleta não específica para raças em variedades de *C. arabica* e em *C. canephora* cv Kouillou, sendo que nesta última parece ser de caráter poligênico (ESKES, 2005).

2.6.2 Resistência Incompleta Específica para Raças e Resistência Residual

Quando o *SH4* está em condição heterozigótica é observada a resistência incompleta. Dependendo das condições dos testes, o *SH4* pode ser parcialmente dominante ou mesmo ser recessivo. As heranças para os genes *SH7*, *SH8* e *SH9* parecem ser complexas quando são usadas raças com virulência incompleta, as quais resultam em níveis de resistência intermediários (ESKES, 1989; ESKES et al., 1990). Raças com altos níveis de virulência para os genes *SH7*, *SH8* e *SH9* têm sido identificadas (VÁRZEA et al., 2002), mostrando que o patógeno é capaz de suprimir a resistência incompleta específica para raças.

Existem evidências 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 (NELSON, 1978).

Os genes *SH* promovem resistência completa quando estão em condição homozigótica e são específicos para raças, entretanto, quando alguns genes *SH* são quebrados pela ferrugem ocorre a resistência incompleta ou parcial (“resistência residual”) de cafeeiros (ESKES, 1989).

SH2 não promove resistência residual, pois cafeeiros inoculados com raças de ferrugem portadoras do gene de virulência *v2* apresentaram alta suscetibilidade. Porém, cafeeiros com os genes *SH1* e *SH4* apresentaram menos doença no campo do que cafeeiros sem esses genes quando foram expostos com raças de ferrugem portadores dos fatores *v1* e *v4*. Variedades com o *SH3* vêm apresentando diferentes níveis de resistência residual (ESKES, 1989). Numa população F_2 foi verificado que a herança do *SH3* é muito mais complexa do que a hipótese de um gene sozinho (KUKHANG et al., 1993). Genótipos de café portadores do *SH3* vêm sendo cultivados na Índia sem a necessidade de controle químico sistemático, mesmo com a presença de raças com o *v3* (VÁRZEA et al., 2002).

Dependendo da virulência da raça de ferrugem, é possível observar em cafeeiros diferentes reações como: resistência, moderada resistência, moderada suscetibilidade e suscetibilidade (BETTENCOURT, 1981). O nível de resistência residual dos genes maiores quebrados depende do genótipo das raças, pois algumas apresentam virulência intermediária. A virulência intermediária pode ser explicada pela dominância incompleta dos alelos de virulência, por alelos múltiplos para virulência ou por interações interalélicas. A presença desta virulência intermediária sugere que a resistência monogênica incompleta não seja durável (ESKES, 2005).

Algumas plantas da cultivar Colômbia (“Catimor”) com a resistência quebrada pela ferrugem vêm mantendo a resistência incompleta ao longo do tempo (ALVARADO, 2005). Progenies de “Catimor” selecionadas pelo programa de melhoramento genético de café da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Empresa de Pesquisa Agropecuária do estado 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. Passo a passo, a

suscetibilidade dos cafeeiros e a agressividade da ferrugem aumentaram. Atualmente, esta cultivar não apresenta resistência incompleta em condições de campo na Índia (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Em plantas do “Icatu” têm sido freqüentemente detectados diferentes níveis de resistência parcial (MONACO; CARVALHO, 1975; ESKES; CARVALHO, 1983; ESKES; COSTA, 1983; ESKES et al., 1990). Estudos de herança em plantas do “Icatu” e em derivados do “Híbrido de Timor” com diferentes níveis de resistência incompleta indicaram a presença de um ou poucos genes menores parcialmente dominantes. Esses fatores genéticos quando em condição homozigótica ou associados, conferem uma resistência quase completa (ESKES et al., 1990). A resistência incompleta específica para raças pode não promover a resistência durável, principalmente, quando usados sozinhos (ESKES, 1983, 2005).

2.6.3 Resistência Incompleta não Específica para Raças

A resistência poligênica não específica para raças tem sido avaliada, principalmente, em condições de laboratório usando diferentes parâmetros como período de latência, porcentagem de lesões esporulando e produção de esporos por lesão. Muitos autores relatam a existência de fontes deste tipo de resistência em *C. canephora*, em híbridos interespecíficos e em alguns genótipos de *C. arabica*, mas a herança desta resistência ainda é desconhecida (SILVA et al., 2006).

Em cafeeiros com resistência incompleta a produção é correlacionada positivamente com a severidade da ferrugem em condições de campo (ESKES, 1983). Em cafeeiros do “Catimor” com resistência parcial também foi observada correlação positiva e significativa entre a incidência da ferrugem e a produtividade (COSTA et al., 2007).

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 produção, as quais aumentam a suscetibilidade desses cafeeiros. Este tipo de resistência é insuficiente para proteger variedades de *C. arabica* com alta produção e utilizando modernas técnicas de cultivo (ESKES, 2005). Cafeeiros arábicos como Rume Sudan e Tafariella com

baixa produtividade e classificadas no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC) como plantas do grupo E (suscetível à maioria das raças), vêm apresentando um alto nível de resistência parcial em campo por muitos anos (VÁRZEA et al., 2000; VÁRZEA et al., 2002). Assim, é provável que parte da resistência parcial possa ser explicada pelo estado fisiológico da planta (SILVA et al., 2006).

Aparentemente, outro tipo de resistência não específica para raças, denominada “resistência de folhas adultas”, tem sido detectada em *C. canephora* cv Kouillou. É caracterizada pela baixa densidade de lesões em folhas adultas, sendo as folhas jovens e velhas mais suscetíveis. Este tipo de resistência também é afetado pela intensidade da luz e produção. É encontrada grande variação desta resistência, sendo algumas plantas do “Kouillou” mais suscetíveis do que cultivares de *C. arabica*, enquanto que outras são quase imunes. A herança dos altos níveis de resistência das folhas adultas em *C. canephora* parece ser poligênica. Em cruzamentos com *C. arabica* a resistência poligênica, aparentemente, é recessiva e, portanto, de difícil transferência para esta espécie (ESKES, 2005). A resistência incompleta de *C. canephora* cv Kouillou pode ter valor na obtenção de resistência duradoura (ESKES, 1983).

2.6.4 Tolerância

Tolerância pode ser definida como a capacidade de uma variedade produzir grãos relativamente bem, mesmo na presença de intensidade de ferrugem similar ao de uma cultivar suscetível. Existem pouquíssimos estudos que evidenciam a existência da tolerância em café (ESKES, 2005).

O longo período de retenção das folhas pode ser um componente de tolerância à ferrugem, pois folhas infectadas continuam fotossinteticamente ativas por um longo período após as infecções (ESKES, 2005). Na variedade Ibaarê de *C. arabica* foi observada este tipo de resistência. Nesta variedade, apesar da alta incidência da ferrugem foi observada boa produtividade, entretanto, somente nos primeiros quatro anos após a chegada da ferrugem. Após este período a produção

de Ibaaré foi reduzida (ESKES, 1989). Portanto, esta característica pode ser útil quando associada com algum tipo de resistência (ESKES, 2005).

2.6.5 Fontes de Resistência à Ferrugem

2.6.5.1 Grupos fisiológicos de resistência dos cafeeiros

Os cafeeiros foram caracterizados em 40 grupos fisiológicos de resistência pelo CIFC (RODRIGUES-JUNIOR et al., 1975; BETTENCOURT, 1981). No grupo A, resistente a todas as raças de ferrugem conhecidas, tem sido encontrado em plantas das espécies *C. canephora*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. eugenioides*, *C. congensis*, *C. zamguebariae* (D' OLIVEIRA; RODRIGUES-JUNIOR, 1961; BETTENCOURT et al., 1965) e em híbridos entre *C. arabica* e *C. canephora* como o Híbrido de Timor e Icatu (D' OLIVEIRA; RODRIGUES-JUNIOR, 1961; BETTENCOURT et al., 1965; BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). 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) (BETTENCOURT, 1981; BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). Pesquisas realizadas no CIFC têm demonstrado que o grupo A não é uniforme. Dos cafeeiros do grupo A em estudo no CIFC, mais que cinco novos grupos fisiológicos se tornaram suscetíveis a cinco diferentes isolados de ferrugem da Índia (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

As cultivares dos germoplasmas Catuaí e Mundo Novo, as mais cultivadas no Brasil, são do grupo E, suscetível à maioria das raças (MATIELLO; ALMEIDA, 2006). Plantas do grupo fisiológico A possuem os genes maiores *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9* e, provavelmente, outros genes maiores (*SH*), enquanto que plantas do grupo E somente o *SH5* (BETTENCOURT et al., 1992).

2.6.5.2 Variedades de café resistentes à ferrugem

Muitos programas de melhoramento genético de café utilizaram como uma de suas principais fonte de resistência o “Híbrido de Timor” (HDT), selecionado no CIFC, com as designações: HDT CIFC 832/1, HDT CIFC 832/2 e HDT CIFC 1343. Essas plantas do “Híbrido de Timor”, provavelmente, foram originadas do cruzamento natural entre *C. arabica* e *C. canephora*. Conforme Silva et al. (2006) os principais híbridos produzidos no CIFC com o HDT foram: HW 26 = “Caturra Vermelho” x HDT 832/1 (“Catimor”); HW 46 = “Caturra Vermelho” x HDT 832/2 (“Catimor”); HW 361 = “Villa Sarchi” x HDT 832/2 (“Sarchimor”); H 528 = “Catuaí Amarelo” x HW 26/13 (“Cavimor”); H529 = “Caturra Amarelo” x H 361/3 (“Cachimor”). Oeiras MG 6851 é um exemplo de uma cultivar originada do “HW 26”. As cultivares IAPAR 59, IPR 98, IPR 99 e Tupi IAC 1669-33 foram originados do “HW 361”.

A população do “Híbrido de Timor” possui pelo menos cinco genes dominantes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9* (BETTENCOURT et al., 1992), sendo *SH6* a *SH9* originados de *C. canephora* (BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). Além destes já identificados, é provável que outros genes de resistência estejam presentes nestes genótipos (VÁRZEA; MARQUES, 2005). Foi quebrada a resistência da cultivar Cauvery (“Catimor”) por novas raças e é provável que o mesmo tenha ocorrido para as cultivares Costa Rica, Mida 96, Oro Azteca e Lempira 98, todas derivadas do “Catimor”. Em algumas linhagens do “Sarchimor” e em plantas da cultivar Colômbia foi verificado que, tanto na Índia como no CIFC, ainda apresentam resistência completa às novas raças (VÁRZEA et al., 2002). Em alguns derivados do “Híbrido de Timor” com a resistência quebrada vem sendo observada a resistência parcial por um longo período (ALVARADO, 2005). ‘Oeiras MG 6851’ (“Catimor”) apresenta, predominantemente, reação de resistência vertical às raças de *H. vastatrix* prevaescentes nas regiões cafeeiras de Minas Gerais e as plantas eventualmente infectadas apresentam resistência horizontal (PEREIRA et al., 2010). ‘IAPAR 59’ e ‘IPR 98’, ambas derivadas do “Sarchimor” apresentaram 100% das plantas com resistência completa à ferrugem em Londrina (Paraná), enquanto que ‘IPR 104’ (“Sarchimor”) apresentou 98,4% das plantas com resistência completa e o

restante com resistência incompleta (SERA et al., 2010b). Algumas plantas de 'IPR 99' ("Sarchimor") apresentaram suscetibilidade à ferrugem, porém novas seleções foram realizadas para aumentar a frequência de plantas com resistência completa à ferrugem (SERA et al., 2010a,b). 'Tupi IAC 1669-33' ("Sarchimor") ainda é considerada como sendo completamente resistente no Brasil (CARVALHO et al., 2008; MATIELLO et al., 2010).

Cafeeiros do "Catimor", "Sarchimor", "Cachimor" e "Híbrido de Timor" foram hibridizados 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, 'Araponga MG 1', Sacramento MG 1, Catiguá MG 1', Catiguá MG 2' e 'Catiguá MG 3' são exemplos de cultivares originadas desses cruzamentos. Essas cultivares apresentam resistência para as raças predominantes de ferrugem do Brasil, porém em muitas já ocorreu a quebra da resistência por novas raças. 'Acauã' ("Sarchimor" x 'Mundo Novo') vem apresentando resistência completa às raças do Brasil (MATIELLO et al., 2005, 2010). 'Palma I', 'Palma II' e 'Sabiá 398' já apresentam algumas plantas atacadas pela ferrugem, porém com desfolha menos intensa (MATIELLO et al., 2005). Algumas plantas de 'IPR 107' ("Sarchimor" x 'Mundo Novo') também apresentaram suscetibilidade à ferrugem, porém novas seleções foram realizadas para aumentar a frequência de plantas com resistência completa à ferrugem (SERA et al., 2010a,b). 'Paraíso MG H 419-1', 'Araponga MG 1', 'Sacramento MG 1', 'Catiguá MG 1', 'Catiguá MG 2' e 'Catiguá MG 3' são consideradas completamente resistentes às raças predominantes de ferrugem (PEREIRA et al., 2010).

Cafeeiros do germoplasma "Icatu" tiveram origem de um cruzamento entre *C. canephora* var. *robusta* com o número de cromossomos duplicado e *C. arabica* "Bourbon Vermelho" e mais dois retrocruzamentos deste híbrido com *C. arabica* "Mundo Novo". A população do "Icatu" apresenta plantas com grande variabilidade para a resistência à ferrugem (FAZUOLI et al., 2005). Estudos desenvolvidos no CIFC com plantas do "Icatu" detectaram cafeeiros do grupo fisiológico A, resistente a todas as raças conhecidas (BETTENCOURT; CARVALHO, 1968; MARQUES; BETTENCOURT, 1979). Em "Icatu" foi observada resistência à raça XXIX (cultura 1321) portadora dos fatores de virulência *v5* a *v9*. Isto indica que essas plantas do "Icatu" apresentam os genes *SH5* a *SH9*, além de um ou mais fatores de resistência (SCALI, 1973). 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” (MONACO; CARVALHO, 1975; ESKES e CARVALHO, 1983; ESKES; COSTA, 1983; 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) (FAZUOLI et al., 2002).

O “Catucaí” surgiu do cruzamento entre “Catuaí” e “Icatu” e possui várias linhagens em seleção e plantio, com boa produtividade e vigor vegetativo. Várias linhagens e cultivares são suscetíveis à ferrugem, entretanto, vem sendo observado um bom nível de resistência incompleta. Exemplos de linhagens e cultivares deste germoplasma são: Catucaí Vermelho 20/15, 19/8, 24/137, 785-15; Catucaí Amarelo 20/15, 24/137; IPR 102 e IPR 103. A cultivar IPR 103 apresentou resistência parcial à ferrugem para a população de raças de ferrugem presentes em Londrina (Paraná-Brasil) (SERA et al., 2010b).

Vários institutos de pesquisa vêm realizando o melhoramento de cafeeiros para incorporar os genes *SH1*, *SH2*, *SH3* e *SH4*, complementando com os genes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9* e outros presentes nas cultivares derivadas do “Híbrido de Timor” e “Icatu”. O gene *SH3* vem sendo incorporado em cultivares dos germoplasmas Mundo Novo, Catuaí e Acaíá (FAZUOLI et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; SERA et al., 2005), pois é um gene promissor para promover resistência durável (SRINIVASAN; NARASIMHASWAMY, 1975; RAMACHANDRAN e SRINIVASAN, 1979; ESKES, 1989). Cafeeiros portadores do *SH3* vêm apresentando resistência completa à ferrugem no Brasil (CONCEIÇÃO et al., 2005; FAZUOLI et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; SERA et al., 2007a, 2010b). O IAPAR registrou no Ministério da Agricultura a cultivar IPR 105 que é derivada do “Catuaí *SH2*, *SH3*” e apresentou resistência completa à ferrugem, provavelmente devido ao *SH3* (SERA et al., 2010b). O gene *SH1* 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 (MORAES et al., 1974).

3 ARTIGO: RESISTÊNCIA À FERRUGEM DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA NO NORTE DO PARANÁ

3.1 RESUMO

Várias cultivares desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético de café no Brasil apresentavam resistência completa à ferrugem, mas com o surgimento de novas raças, estas cultivares apresentam, atualmente, diferentes níveis de resistência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à ferrugem em cultivares de café desenvolvidas pelos institutos de pesquisa do Brasil no estado do Paraná. As avaliações da resistência foram para a população local de raças de ferrugem presentes em Londrina e em Congonhinhas em condições de alta intensidade da doença em campo nos anos de 2009 e 2010. As cultivares avaliadas foram desenvolvidas pela EPAMIG/UFV, IAPAR, IAC e MAPA/PROCAFÉ. Como padrão resistente foi utilizada a 'IAPAR 59' e como padrões suscetíveis foram usadas 'Catuaí Vermelho IAC 144' e 'Bourbon Amarelo'. Os experimentos foram instalados no delineamento experimental em blocos ao acaso com 3 repetições e parcelas de 10 plantas. Para a avaliação da resistência foi utilizada uma escala de notas variando de 1 a 5, baseada na intensidade da ferrugem. As cultivares Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 apresentaram resistência completa à ferrugem em Londrina e em Congonhinhas. As cultivares derivadas do germoplasma Catucaí foram suscetíveis ou apresentaram níveis diferentes de resistência parcial. Em vários cafeeiros derivados do "Híbrido de Timor" foi observada a resistência parcial à ferrugem. 'Acauã' e 'Obatã IAC 1669-20' apresentaram resistência completa em Londrina, porém foram parcialmente resistentes em Congonhinhas, indicando que diferentes raças de ferrugem ocorreram nesses dois locais.

Palavras-chave: *Coffea*. genes *SH*. *Hemileia vastatrix*. Híbrido de Timor. Melhoramento.

3.2 ABSTRACT

Several cultivars developed by coffee breeding programs in Brazil presented complete resistance to rust, but with the emergence of new races, these cultivars show, currently, different levels of resistance. The aim of this study was to evaluate the resistance to rust in coffee cultivars developed by research institutes of Brazil at Parana state. Resistance to the local leaf rust races was assessed in high disease intensity field conditions at Londrina and Congonhinhas in the years 2009 and 2010. The cultivars were developed by EPAMIG/UFV, IAPAR, IAC and MAPA/Procafé. Such as resistant standard 'IAPAR 59' was used and such as susceptible standards Catuaí Vermelho IAC 144' and 'Bourbon Amarelo' were used. The experimental

design was in randomized blocks with three replications and plots with 10 plants. A scale from 1 to 5 based on rust intensity, was used to evaluate resistance. Cultivars Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 and Sacramento MG 1 presented a complete resistance to rust at Londrina and Congonhinhas. Cultivars derived from the germplasm Catucaí were susceptible or showed different levels of partial resistance. In several coffees derived from "Híbrido de Timor" partial resistance to rust was observed. 'Acauã' and 'Obatã IAC 1669-20' presented complete resistance at Londrina, but at Congonhinhas were partially resistant, indicating that different rust races have occurred in these two locations.

Keywords: Breeding. *Coffea*. *Hemileia vastatrix*. Híbrido de Timor. *SH* genes.

3.3 INTRODUÇÃO

A ferrugem-do-cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., é considerada a principal doença dessa cultura, e seu controle pode ser eficientemente realizado pelo controle químico e genético (ZAMBOLIM et al., 1999).

Apesar da eficiência dos fungicidas, o desenvolvimento e uso de cultivares resistentes é economicamente a melhor alternativa para o controle da doença (WALLER et al., 2007). No entanto, a obtenção de cultivares resistentes tem sido um constante desafio para os melhoristas, uma vez que, ao longo do tempo, as plantas podem tornar-se suscetíveis a novas raças do patógeno (Várzea; Marques, 2005), dificultando assim o controle da doença pelo uso dessas cultivares (ZAMBOLIM et al., 2005).

Até o momento, foram identificados nove genes maiores de resistência em plantas de café de diferentes espécies, caracterizados pela sigla *SH*. Esses genes de resistência foram encontrados, principalmente, em *C. arabica* (*SH1*, *SH2*, *SH4*, *SH5*), *C. canephora* (*SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9*) e *C. liberica* (*SH3*). Os genes *SH6*, *SH7*, *SH8*, e *SH9* também foram encontrados em derivados do Híbrido de Timor e Icatu, ambos híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora* (BETTENCOURT; NORONHA-WAGNER, 1971; BETTENCOURT; RODRIGUES JÚNIOR, 1988; NORONHA-WAGNER; BETTENCOURT, 1967; RODRIGUES-JUNIOR et al., 1975). A existência de outro(s) gene(s) maior(es) de resistência como em derivados de "Híbrido de Timor" e em "Icatu" têm sido confirmados devido à manutenção de resistência a novas raças de ferrugem de alguns cafeeiros

portadores dos genes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9* (RODRIGUES-JUNIOR et al., 2000).

A quebra de resistência por novas raças de ferrugem em muitas cultivares antes consideradas resistentes como as do germoplasma Catimor vem ocorrendo em várias regiões do mundo. As raças fisiológicas de ferrugem existentes já quebraram quase todos os genes *SH* de resistência (VÁRZEA et al., 2002). Atualmente já foram caracterizadas mais de 45 raças fisiológicas de ferrugem no mundo, portadoras dos 9 genes de virulência (*v1* até *v9*), sozinhos ou em combinações. Algumas raças apresentam um grande espectro de virulência como a raça XXXIX, com sete genes de virulência (*v2*, 4, 5, 6, 7, 8, 9), isolada de amostras provenientes da Índia (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

O melhoramento genético visando a resistência à ferrugem vem sendo realizados por vários institutos de pesquisa do Brasil utilizando como fontes de resistência os cafeeiros dos germoplasmas Sarchimor, “Catimor”, “Catindu”, “Icatu”, “Catucaí” e outros. Muitas cultivares desse germoplasma apresentavam resistência completa à ferrugem, porém, atualmente, possuem diferentes níveis de resistência ou são suscetíveis devido ao surgimento de novas raças.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à ferrugem em cultivares de café desenvolvidas pelos institutos de pesquisa do Brasil em dois locais no Norte do Paraná.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em campo nos municípios de Londrina e Congonhinhas no norte do estado do Paraná (Brasil). Em Londrina foi instalado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (23° 22' S, 51° 10" W) em solo do tipo Latossolo Vermelho distroférrico, a 585 m de altitude, com temperatura média anual de 20,8 °C. Em Congonhinhas foi instalado na Fazenda Experimental Serinha II (23° 30' S, 50° 10" W) em solo do tipo Latossolo Vermelho distroférrico, a 750 m de altitude, com temperatura média anual de 19,5 °C.

As cultivares avaliadas foram desenvolvidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Universidade Federal de Viçosa (EPAMIG/UFV), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Agrônomo de

Campinas (IAC) e MAPA/Fundação PROCAFÉ (Tabela 1). Como padrão resistente foi utilizada a cultivar IAPAR 59 e como padrões suscetíveis foram usadas as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo.

Os experimentos foram instalados no mês de outubro e novembro de 2006, em Congonhinhas e Londrina respectivamente, no espaçamento médio de 0,75 m entre plantas e 2,5 m entre fileiras, delineamento experimental em blocos ao acaso com 3 repetições e parcelas de 10 plantas. Em Congonhinhas as avaliações da produção e resistência à ferrugem foram realizadas somente no ano de 2010. Em Londrina essas avaliações foram em 2009 e 2010.

A produção dos cafeeiros foi avaliada em litros de frutos cereja por planta. As avaliações da resistência foram para a população local de raças de ferrugem presentes em Londrina e em Congonhinhas, em condições de alta intensidade da doença em campo. No experimento em Congonhinhas foi realizada uma avaliação em julho de 2010 (46 meses após o plantio). As avaliações em Londrina foram em julho de 2009 (33 meses após plantio) e outra em julho de 2010 (46 meses após o plantio) Para avaliar a intensidade da ferrugem foi utilizada uma escala de notas variando de 1 a 5, onde: nota 1 = plantas sem lesões cloróticas nas folhas; nota 2 = número de lesões por folha, em média, entre 1 e 4, sem esporulação; nota 3 = número de lesões com esporos por folha entre 1 e 10 e com 1 % a 10 % das folhas com esporulação; nota 4 = número de lesões com esporos por folha entre 11 e 20 e com 11 % a 35 % das folhas com esporulação; nota 5 = mais de 20 lesões com esporos por folha e mais de 35 % das folhas com esporulação. A avaliação foi desde o terço inferior até o terço superior do cafeeiro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por Scott-knott à 5% de significância. Para análise dos dados de Londrina optou-se pelo modelo parcelas subdivididas em blocos casualizados, onde safra foi considerada como subparcela, e por apresentar os resultados médios das duas safras. Foi utilizado o programa estatístico Genes (CRUZ, 2001).

Tabela 1 – Descrição das cultivares de café arábica avaliadas nos experimentos instalados no norte do Paraná para a avaliação da resistência à ferrugem.

Cultivares	Descrição	Instituição
Araponga MG 1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Catiguá MG 1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Catiguá MG 2	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Oeiras MG 6851	“Catimor”	Epamig/ UFV
Paraíso H-419-10-6-2-5-1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Paraíso H-419-10-6-2-10-1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Paraíso H-419-10-6-2-12-1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
H-419-3-3-7-16-4-1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Pau Brasil MG 1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Sacramento MG 1	“Catuaí” x “Híbrido de Timor”	Epamig/ UFV
Bourbon Amarelo	“Bourbon Vermelho” x “Amarelo de Botucatu”	IAC
Catuaí Vermelho IAC 144	“Mundo Novo” x “Caturra”	IAC
Obatã IAC 1669-20	“Sarchimor” x “Catuaí”	IAC
Tupi IAC 1669-33	“Sarchimor”	IAC
IAPAR 59	“Sarchimor”	IAPAR
IPR 98	“Sarchimor”	IAPAR
IPR 99	“Sarchimor”	IAPAR
IPR 100	“Catuaí SH2, SH3”	IAPAR
IPR 103	“Catuaí” x “Icatu”	IAPAR
IPR 104	“Sarchimor”	IAPAR
Catuaí Amarelo 2 SL	“Icatu” x “Catuaí”	MAPA/Procafé
Catuaí Vermelho 20/15 cv 476	“Icatu” x “Catuaí”	MAPA/Procafé
Catuaí Amarelo 20/15 cv 479	“Icatu” x “Catuaí”	MAPA/Procafé
Catuaí Amarelo 24/137	“Icatu” x “Catuaí”	MAPA/Procafé
Catuaí Vermelho 785/15	“Icatu” x “Catuaí”	MAPA/Procafé
Acauã	“Sarchimor” x “Mundo Novo”	MAPA/Procafé
Palma II	“Catuaí” x “Catimor”	MAPA/Procafé
Sabiá 398	“Catimor” x “Acaíá”	MAPA/Procafé

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade média de ferrugem foi alta nos dois locais como pode ser observado nos padrões suscetíveis, 'Bourbon Amarelo' e 'Catuaí Vermelho IAC 144'. A alta suscetibilidade de 'Bourbon Amarelo' pode ser verificada em Congonhinhas, onde foi estatisticamente mais suscetível que 'Catuaí Vermelho IAC 144' (Tabela 2).

Tabela 2 – Notas médias de intensidade da ferrugem e produção (litros de café cereja por planta) em cultivares de café avaliadas em condições de campo nos municípios de Londrina (anos 2009 e 2010) e Congonhinhas (ano 2010).

Cultivar (Descrição) ⁽¹⁾	Ferrug	Prod	Ferrug	Prod
	Londr. ⁽²⁾	Londr. ⁽²⁾	Cong. ⁽²⁾	Cong. ⁽²⁾
Bourbon Amarelo	3,200 a	1,650 a	5,000 a	3,166 a
Catuaí Amarelo 24/137	2,950 a	2,383 a	3,166 c	1,833 b
Catuaí Vermelho IAC 144	2,866 a	2,316 a	3,666 b	2,333 b
Catuaí Vermelho 20/15 cv 476	2,616 b	1,800 a	3,666 b	2,233 b
Catuaí Vermelho 785/15	2,616 b	1,933 a	3,833 b	1,833 b
Catuaí Amarelo 2 SL	2,450 b	2,366 a	2,666 c	2,333 b
H-419-3-3-7-16-4-1	2,366 b	2,350 a	2,333 c	2,000 b
IPR 100	2,316 b	2,566 a	3,333 b	3,333 a
Oeiras MG 6851	1,950 b	2,550 a	3,166 c	3,000 a
IPR 103	1,700 c	2,466 a	2,666 c	2,666 b
Catuaí Amarelo 20/15 cv 479	1,616 c	2,683 a	3,333 b	3,333 a
Tupi IAC 1669-33	1,583 c	2,700 a	2,333 c	2,333 b
Sabiá 398	1,500 c	2,700 a	2,000 d	1,833 b
Araponga MG 1	1,466 c	2,933 a	2,166 d	3,000 a
IPR 99	1,233 d	2,750 a	1,666 d	4,000 a
Acauã	1,200 d	2,683 a	2,666 c	5,000 a
Catiguá MG 2	1,183 d	2,216 a	1,000 e	1,333 b
IAPAR 59	1,150 d	1,900 a	1,000 e	4,333 a
Pau Brasil MG 1	1,150 d	2,850 a	1,333 e	2,166 b
IPR 104	1,133 d	1,866 a	1,333 e	4,000 a

Obatã IAC 1669-20	1,100 d	2,400 a	2,500 c	3,500 a
Palma II	1,100 d	2,850 a	1,000 e	3,166 a
IPR 98	1,083 d	2,466 a	1,000 e	2,666 b
Paraíso H-419-10-6-2-12-1	1,083 d	2,916 a	1,000 e	2,666 b
Sacramento MG 1	1,083 d	1,816 a	1,333 e	2,000 b
Catiguá MG 1	1,016 d	1,900 a	1,000 e	2,166 b
Paraíso H-419-10-6-2-5-1	1,000 d	2,200 a	1,000 e	3,500 a
Paraíso H-419-10-6-2-10-1	1,000 d	2,383 a	1,000 e	3,666 a

⁽¹⁾ Cultivares ordenadas decrescentemente conforme a intensidade de ferrugem ocorrida em Londrina.

⁽²⁾ Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. Escala de notas de 1 a 5 para a avaliação da ferrugem.

No geral, as cultivares derivadas do germoplasma “Catucaí” foram suscetíveis ou apresentaram níveis diferentes de resistência parcial (resistência incompleta). ‘Catucaí Amarelo 24/137’ foi estatisticamente igual aos padrões suscetíveis em Londrina, enquanto que em Congonhinhas a intensidade de ferrugem foi menor que nos padrões suscetíveis, indicando que ainda exista resistência parcial para as raças de ferrugem existentes nesse local. Em Londrina, nas cultivares Catucaí Vermelho 20/15 cv 476, Catucaí Vermelho 785/15 e Catucaí Amarelo 2SL a intensidade da ferrugem foi menor do que nos padrões suscetíveis, porém estatisticamente igual à cultivar IPR 100, considerada suscetível no estado do Paraná por Sera et al. (2010b). ‘Catucaí Vermelho 20/15 cv 476’, ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’, ‘Catucaí Vermelho 785/15’ e ‘IPR 100’ foram estatisticamente iguais ao padrão suscetível ‘Catucaí Vermelho IAC 144’ no município de Congonhinhas, enquanto que ‘Catucaí Amarelo 2SL’ apresentou resistência incompleta similar ao da ‘IPR 103’. Em Londrina, ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’ foi parcialmente resistente não diferente da cultivar IPR 103 (“Catucaí”), a qual apresentou um bom nível de resistência parcial em trabalho anterior realizado por Sera et al. (2010b). Esta resistência encontrada em ‘IPR 103’ e ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’, provavelmente, é proveniente do “Icatu”, pois diferentes níveis de resistência parcial têm sido freqüentemente detectados em plantas do “Icatu” (MONACO; CARVALHO, 1975; ESKEES; CARVALHO, 1983; ESKEES; COSTA, 1983; ESKEES et al., 1990). Estudos de herança em plantas do “Icatu” e em derivados do “Híbrido de Timor” com diferentes níveis de resistência incompleta indicaram a presença de um ou poucos

genes menores parcialmente dominantes. Esses fatores genéticos quando em condição homozigótica ou associados, conferem uma resistência quase completa (ESKES et al., 1990). Outros autores também relataram que ‘Catucaí Amarelo 24/137’, ‘Catucaí Vermelho 20/15 cv 476’, ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’, ‘Catucaí Vermelho 785/15’ e Catucaí Amarelo 2SL apresentam resistência parcial à ferrugem (MATIELLO et al., 2010), porém neste trabalho foi visto que em alguns locais esses genótipos foram tão suscetíveis quanto ‘Catucaí Vermelho IAC 144’ e ‘IPR 100’, dependendo do local. Linhagens do “Catucaí” são atacadas pela ferrugem em diferentes níveis, porém várias não desfolham acentuadamente e o controle químico é facilmente feito pelo uso de fungicidas cúpricos (MATIELLO et al., 2005).

‘IPR 100’ é do germoplasma “Catucaí *SH2,SH3*”, porém é provável que não seja portadora do gene *SH3*, pois em Londrina cafeeiros com esse gene foram completamente resistentes à ferrugem (SERA et al., 2007a; 2010b). ‘IPR 100’ é resistente à raça II (gene *v5*) de *H. vastatrix*, enquanto que cultivares do germoplasma “Catucaí”, portadores somente do *SH5*, são suscetíveis (CAPUCHO et al., 2007). Como em Congonhinhas ‘IPR 100’ foi suscetível, estatisticamente igual ao padrão suscetível ‘Catucaí Vermelho IAC 144’, algum gene de resistência do ‘IPR 100’ foi quebrado por alguma raça, diferente da II.

‘Oeiras MG 6851’ foi estatisticamente igual à ‘IPR 103’ em Congonhinhas, indicando que a resistência ainda não foi quebrada completamente nesta cultivar do “Catimor”. Em Londrina, a resistência desta cultivar foi quebrada completamente, pois foi estatisticamente igual à IPR 100. Pereira et al. (2010) relatam que ‘Oeiras MG 6851’ apresenta, predominantemente, reação de resistência vertical às raças de *H. vastatrix* prevalentes nas regiões cafeeiras de Minas Gerais e que as plantas eventualmente infectadas apresentam resistência horizontal. Outros autores também já observaram a ocorrência da resistência parcial em derivados do Híbrido de Timor com a resistência quebrada nas cultivares Colombia (“Catimor”) (ALVARADO, 2005) e IPR 108 (“Sarchimor” x “Catucaí”) (SERA et al., 2010b).

Essa quebra de resistência em derivados do Híbrido de Timor observada na ‘Oeiras MG 6851’ também parece estar ocorrendo em ‘Acauã’ (“Sarchimor” x “Mundo Novo”), ‘Araponga MG 1’ (“Catucaí” x “Híbrido de Timor”), ‘H-419-3-3-7-16-4-1’ (“Catucaí” x “Híbrido de Timor”), ‘IPR 99’ (“Sarchimor”), ‘Obatã IAC 1669-20’ (“Sarchimor” x “Catucaí”), ‘Sabiá 398’ (“Catimor” x “Acaíá”) e ‘Tupi IAC 1669-

33' ("Sarchimor"). Costa et al. (2007) também identificaram progênies de Catimor com resistência completa e outras com resistência parcial à ferrugem. Esses mesmos autores relataram que 'Catucaí Vermelho 36/6', 'Oeiras MG 6851' e 'Palma I' ("Catimor" x "Catuaí") apresentaram resistência quantitativa à raça II de *Hemileia vastatrix*. Matiello et al. (2005) relatam que 'Palma I', 'Palma II' e 'Sabiá 398' já apresentam algumas plantas atacadas pela ferrugem, porém com desfolha menos intensa.

É possível que nessas cultivares com a resistência parcialmente quebrada possam ser efetuadas seleções visando obter progênies com maior frequência de plantas com resistência completa (notas 1 e 2). Sera et al. (2010a) identificaram progênies das cultivares IPR 99 e IPR 107 ("Sarchimor" x "Mundo Novo") com porcentagem maior de plantas com resistência completa por meio de cruzamentos testes (progênie a ser testada x genótipo suscetível). Utilizando este mesmo método, Sera et al. (2007b) selecionaram progênies das cultivares IAPAR 59 e Tupi IAC 1669-33 com maior número de genes de resistência não quebrados pela população local de raças de ferrugem.

'Acauã', 'Araponga MG 1', 'Obatã IAC 1669-20' e 'Tupi IAC 1669-33' são normalmente citadas como sendo resistentes por vários autores (CARVALHO et al., 2008; MATIELLO et al., 2005, 2010), porém neste trabalho foi verificado que a quebra de resistência está ocorrendo nessas cultivares. É interessante notar que 'Acauã' e 'Obatã IAC 1669-20' foram completamente resistentes resistência em Londrina estatisticamente igual ao do padrão 'IAPAR 59', porém foram parcialmente resistentes em Congonhinhas, no mesmo nível que 'IPR 103', indicando que neste último local existem raças de ferrugem com mais genes de virulência. O mesmo ocorreu para a 'Catucaí Amarelo 20/15 cv 479' que foi parcialmente resistente em Londrina e suscetível em Congonhinhas.

Entretanto, é possível que essa resistência parcial não seja durável como ocorreu na cultivar Cauvery ("Catimor"), na qual foi observada resistência parcial somente no início. Em pouco tempo, a suscetibilidade desses cafeeiros e a agressividade da ferrugem aumentaram e, atualmente, esta cultivar é suscetível em condições de campo na Índia (VÁRZEA; MARQUES, 2005). É provável que a resistência parcial observada nessas cultivares derivadas do "Híbrido de Timor" e do "Catucaí" seja durável, dependendo das raças presentes no local. No IAPAR

(Londrina, Paraná, Brasil), 'IPR 103' vem apresentando este mesmo nível de resistência parcial durante mais de 12 anos (SERA T., 2010, comunicação pessoal).

As cultivares que apresentaram resistência completa nos dois locais e nos dois anos de avaliação foram: Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1. Todas essas cultivares são derivadas do Híbrido de Timor e confirmaram a resistência relatada por outros autores (CARVALHO et al., 2008; MATIELLO et al., 2010; PEREIRA et al., 2010; SERA et al., 2010b), com exceção de 'Palma II' que já apresentou algumas plantas suscetíveis com pouca desfolha (MATIELLO et al., 2005). A população do "Híbrido de Timor" possui pelo menos cinco genes dominantes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8*, *SH9* (BETTENCOURT et al., 1992), sendo *SH6* a *SH9* originados de *C. canephora* (BETTENCOURT; RODRIGUES-JUNIOR, 1988). Além destes já identificados, é provável que outros genes de resistência estejam presentes em Híbrido de Timor (VÁRZEA; MARQUES, 2005). Dois fatores de resistência monogênicos, diferentes de *SH6* a *SH9*, foram detectados no Brasil, um em *C. canephora* cv. Kouillou e outro em "Icatu" (ESKES, 1989). Em outro trabalho realizado em Londrina foi observado que os genes *SH1*, *SH2*, *SH4*, *SH5* e *SH8* já foram quebrados pela população local de raças de ferrugem. Além disso, foi observado que cafeeiros portadores do *SH3*, Híbrido de Timor CIFC 832/1 e CIFC 832/2 foram de resistência completa (SERA et al., 2007a). É provável que essas cultivares que apresentaram resistência completa nos dois locais são portadoras dos genes *SH5*, *SH6*, *SH7*, *SH8* e *SH9* e outros genes de resistência à ferrugem, em diferentes combinações.

3.6 CONCLUSÕES

As cultivares Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 apresentaram resistência completa à ferrugem em Londrina e em Congonhinhas.

As cultivares derivadas do germoplasma Catucaí foram suscetíveis com diferentes níveis de resistência parcial.

Em vários cafeeiros derivados do “Híbrido de Timor” como no caso da ‘Tupi IAC 1669-33’ foi observada a resistência parcial à ferrugem.

‘Acauã’ e ‘Obatã IAC 1669-20’ apresentaram resistência completa em Londrina, porém foram parcialmente resistentes em Congonhinhas, indicando que diferentes raças de ferrugem ocorreram nesses dois locais.

4 CONCLUSÕES GERAIS

As cultivares Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, IAPAR 59, IPR 98, IPR 104, Palma II, Paraíso H-419-10-6-2-5-1, Paraíso H-419-10-6-2-10-1, Paraíso H-419-10-6-2-12-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 apresentaram resistência completa à ferrugem em Londrina e em Congonhinhas. Essas cultivares constituem importantes fontes de resistência para serem usadas no melhoramento genético de café visando acumular um maior número de genes de resistência à ferrugem. Os genes dessas cultivares poderiam ser combinadas com cafeeiros portadores do gene S_{H3} visando obter uma resistência mais durável à ferrugem.

As cultivares derivadas do germoplasma “Catucaí” foram suscetíveis ou apresentaram níveis diferentes de resistência parcial. A cultivar IPR 103 apresentou um bom nível de resistência incompleta. ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’ também apresentou um bom nível de resistência incompleta somente em Londrina. ‘Catucaí Amarelo 24/137’ e ‘Catucaí Amarelo 2SL’ apresentaram resistência incompleta somente em Congonhinhas.

Em vários cafeeiros derivados do “Híbrido de Timor” foi observada a resistência parcial à ferrugem. ‘Tupi IAC 1669-33’ apresentou resistência parcial similar ao da cultivar IPR 103, indicando que também será útil num manejo integrado com menor número de aplicações de fungicidas. ‘Oeiras MG 6851’ também apresentou resistência parcial similar ao da cultivar IPR 103, porém somente em Congonhinhas.

Essa quebra parcial da resistência observada em ‘Oeiras MG 6851’ e em ‘Tupi IAC 1669-33’ também ocorreu em ‘Acauã’, ‘Araponga MG 1’, ‘H-419-3-3-7-16-4-1’, ‘IPR 99’, ‘Obatã IAC 1669-20’ e ‘Sabiá 398’. Nessas cultivares é possível que seleções possam ser efetuadas visando aumentar a frequência de plantas com resistência completa. Essas seleções, provavelmente, serão mais bem sucedidas em ‘Acauã’, ‘Araponga MG 1’, ‘IPR 99’, ‘Obatã IAC 1669-20’, ‘Sabiá 398’ e ‘Tupi IAC 1669-33’, pois a intensidade da ferrugem foi maior em ‘H-419-3-3-7-16-4-1’ e ‘Oeiras MG 6851’, o que dificultaria a seleção de plantas com resistência completa.

‘Acauã’, ‘Araponga MG 1’, ‘Obatã IAC 1669-20’ e ‘Tupi IAC 1669-33’ são cultivares que normalmente são citadas como sendo completamente resistentes,

porém neste trabalho foi verificado que ocorreu a quebra de resistência por novas raças de ferrugem.

‘Acauã’ e ‘Obatã IAC 1669-20’ apresentaram resistência completa em Londrina, porém foram parcialmente resistentes em Congonhinhas, indicando que neste último local existem raças de ferrugem com mais genes de virulência. O mesmo ocorreu para a ‘Catucaí Amarelo 20/15 cv 479’ que foi parcialmente resistente em Londrina e suscetível em Congonhinhas. Isto indica a importância das cultivares serem testadas em diferentes locais devido à diversidade de raças de ferrugem.

As cultivares com resistência completa são excelentes opções para serem usadas pelos cafeicultores visando evitar o uso de fungicidas para o controle da ferrugem e as de resistência parcial podem ser úteis num manejo integrado com menor número de aplicações.

REFERÊNCIAS

- ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café). **Estatísticas – Exportações/ Produção e exportação mundial de café – principais países produtores**. 2010. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estat_exporta_ppaises.html>. Acesso em: 19 ago. 2010.
- ABIC (Associação Brasileira da Indústria de café). **A História do café: origem e trajetória**. Disponível em: <http://www.abic.com.br/scafe_historia.html>. Acesso em: 20 ago. 2010.
- ABIC (Associação Brasileira da Indústria de Café). **Indicadores da indústria de café no Brasil – desempenho da produção e consumo interno**. 2009. Disponível em: <http://www.abic.com.br/estatisticas.html#intro>>. Acesso em 15 dez. 2009.
- ALFONSI, R. R. **Histórico climatológico da cafeicultura brasileira**. Informativo Garcafé. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. p.7-11.
- ALVARADO, G. A. Evolution of *Hemileia vastatrix* virulence in Colômbia. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 99-116.
- BARROS, U. V.; BARBOSA, C. M.; MENDONÇA, G. Evolução da produção do cafeeiro devido ao efeito do uso de Baysiston por vários anos consecutivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 25., Franca-SP, 1999. **Anais...** Franca, 1999. p. 222-223.
- BERGAMIN-FILHO, A. Possibilidades do emprego da resistência vertical no melhoramento do cafeeiro contra *Hemileia vastatrix*. **Summa Phytopathologica**, v. 2, p. 103, 1976.
- BERKELEY, A. J. 1869. **Note**. Gardens Chronicle 45:1157.
- BETTENCOURT, A. J. **Melhoramento genético do cafeeiro: transferência de factores de resistência à *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L.** Lisboa: ULTRAMAR/CIFC, 1981. 93 p.
- BETTENCOURT, A. J.; CARVALHO, A. Melhoramento visando a resistência do cafeeiro à ferrugem. **Bragantia**, v. 27, 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**, Lisboa, 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, p. 285-292, 1971.

BETTENCOURT, A. J.; NORONHA-WAGNER, M.; LOPES, J. Factor genético que condiciona a resistência do clone 1343/269 Híbrido de Timor à *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. **Brotéria Genética**, Lisboa, v. 1, n. 76, 53-58, 1980.

BETTENCOURT, A. J.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J. Principles and practice of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, 1988. v.4. p.199-234.

BETTENCOURT, A. J.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; LOPES, J. Study of the physiologic specialization of the coffee rust *Hemileia vastatrix* and selection of coffee clones for the establishment of a standard range of differential hosts for this rust. **Progress report 1960-65**. Coffee Rust Research Center, Oeiras, Portugal, 1965. p. 28-46.

BRANDO, C. H. J. Vantagens e vulnerabilidades da cafeicultura brasileira. **AGRIANUAL 2003 - Anuário da Agricultura Brasileira**. FNP Consultoria & Agroinformativos, 2003. p. 251-253.

CHAVES, G. M.; MATSUOKA, K.; CARVALHO, M. G.; CRUZ FILHO, J. Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Resultados preliminares de ensaios sobre avaliação de fungicidas, em Minas Gerais. In: RELATÓRIOS DAS PESQUISAS SOBRE *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., 1., Rio de Janeiro, 1971. **Anais...** Rio de Janeiro, 1971. p.1-14.

CAPUCHO, A. S.; ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; CAIXETA, E. T.; FRANCHINI, E. de A. A. Avaliação da resistência de cultivares de café à raça II de *Hemileia vastatrix* Berk. et BR. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 2007. CD-ROM.

CARR, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of coffee. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 37, p.1-36, 2001.

CARDOSO, R. M. L.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Novas raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* identificadas em cafeeiros com genótipos complexos, no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 12, Caxambu, MG, 1981. **Anais ... IBC/GERCA**: 1981. p. 126-127.

CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, v. 19, p. 27-35, 1998.

CARVALHO, C. H. S. et al. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. et al. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 157-224

CARVALHO, V. L. de; CHALFOUN, S. M.; CASTRO, H. A. de; CARVALHO, V. D. de. Influência de diferentes níveis de produção sobre a ferrugem do cafeeiro e sobre teores foliares de compostos fenólicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 49-54, 2001.

CARVALHO, H. P. **Avaliação de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado em Uberlândia.** 2002. 29f. Monografia (Monografia de conclusão de curso) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

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

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira – Café – 2010.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2010.

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. A.; RIJKENBERG, F. H. J.; VAN ASCH, M. A. J. Teliospores of *Hemileia vastatrix*. **Mycological Research**, v. 99, p. 932-934, 1995.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. Avaliação da eficiência de fungicidas orgânicos e à base de cobre no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 8., 1975, Mossoró-RN. **Anais...** Mossoró, 1975. p. 58-62.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. **Calda Viçosa no controle da ferrugem do cafeeiro (UFV).** Viçosa: Conselho de Extensão UFV, 1985. 22p.

CRUZ, C. D. **Programa Genes:** versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

D' OLIVEIRA, B.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J. O problema das ferrugens do cafeeiro. **Revista do Café Português**, v. 8, p. 5-50, 1961.

EVANOFF, C. E. A. Biología del café. Caracas: Ed. Universidad Central de Venezuela, 1994. 308p.

ESKES, A. B. **Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*).** 1983. 140 f. Tese (Doutorado) – Agricultural University of Wageningen, The Netherlands, 1983.

ESKES, A. B. Phenotypic expression of resistance to coffee leaf rust and its possible relationship with durability. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust.** Viçosa: UFV, 2005. p. 305-332.

ESKES, A. B. Resistance. In: KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. (Ed.). **Coffee rust: epidemiology, resistance and management.** Boca Raton: CRC Press, 1989. p. 171-292.

ESKES, A. B.; CARVALHO, A. Variation for incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea arabica*. **Euphytica**, v. 32, p. 625-637, 1983.

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.

ESKES, A. B.; HOOGSTRATEN, J. G. J.; TOMA-BRAGHINI, M.; CARVALHO, A. Race-specificity and inheritance of incomplete resistance coffee leaf rust in some Icatu coffee offspring and derivatives of Híbrido de Timor. **Euphytica**, v. 47, p. 11-19, 1990.

FAZUOLI, L. C.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO-FILHO, O.; SILVAROLLA, M. B. Melhoramento do cafeeiro: variedades tipo arábica obtidas no Instituto Agrônômico de Campinas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 163-216.

FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; TOMA-BRAGHINI, M.; SILVAROLLA, M. B. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 137-185.

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

GAMBA, H.; MATIELLI, A.; SAN JUAN, R. C. C. Influência do fungicida triadimenol (Baysiston e Bayfidan 60 GR) sobre o enraizamento do cafeeiro e seu desenvolvimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22, Rio de Janeiro-RJ, 1996. **Anais...** Rio de Janeiro, 1996. p. 189-190.

GODOY, C. V.; BERGAMIM FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. M. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. v. 2. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. p. 184-200.

GOUVEIA, M. M. C.; RIBEIRO, A.; VÁRZEA, V. M. P.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J. Genetic diversity in *Hemileia vastatrix* Berk. & Br based on RAPD markers. **Mycologia**, v. 97, n. 2, p. 396-404, 2005.

JOHNSON, R. Classical plant breeding for durable resistance to diseases. **Journal of Plant Pathology**, v. 82, p. 3-7, 2000.

JARAMILLO, T. **Esquema, métodos de aplicação e translocação de fungicidas no controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.)**. 1988. 68 f. Tese (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

KUKHANG, T. D.; MAWARDI, S.; ESKES, A. B. Studies on the inheritance of the S_{H3} resistance factor to coffee leaf rust. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 15, Montpellier, 1993. **Proceedings**. Paris: ASIC, 1993, v. 2. p. 776-778.

KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. Advances in coffee rust research. **Annual Review of Phytopathology**, v. 27, p. 503-531, 1989.

LONDOÑO, B. G.; LEGUIZAMON, C. J. E.; MONTOYA, R. E. C. Evaluación del fungicida sistêmico cyproconazol para el control de la roya del cafeto. **Cenicafé**, v. 46, p. 56-62, 1995.

MANSK, Z.; MATIELLO, J. B. Avaliação comparativa de fungicidas sistêmicos “triazóis” aplicados sobre o cafeeiro em duas situações de infecção de ferrugem (*Hemileia vastatrix*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá - MG. **Anais...** Araxá, 1992. p. 19-21.

MARIOTTO, P. R.; GERALDO, JR. C.; SILVEIRA, A. P.; ARRUDA, H. V.; FIGUEIREDO, P.; BRAGA, J. B. R. Efeito da produção sobre a incidência da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2., Poços de Caldas. **Resumos ...** Rio de Janeiro: IBC/MIC. p. 144-145.

MARQUES, D. V.; BETTENCOURT, A. J. Resistência a *Hemileia vastatrix* numa população de Icatu. **Garcia de Orta**, (Sér. Est. Agron.), Lisboa, v. 6, p. 19-24, 1979.

MATIELLO, J. B. Novos sistemas de controle da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) com produtos sistêmicos e integração com o controle do bicho-mineiro (*P. coffeella*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 16., 1990, Espírito Santo do Pinhal-SP. **Anais...** Espírito Santo do Pinhal, 1990. p. 49-51.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Modo de aplicação de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Axará-MG. **Anais...** Araxá, 1992. p.5-6.

MATIELLO, J. B. Combinação do fungicida Opus (Epoconazole) com cobre e adjuvante Break Thru (copolímero de silicone) no controle da ferrugem do cafeeiro em uma só aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Franca-SP. **Anais...** Franca, 1999. p. 22-23.

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

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; CARVALHO, C. H. S. Resistant cultivars to coffee leaf rust. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p 443-450.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de Café no Brasil – Novo manual de Recomendações**. Rio de Janeiro, RJ e Varginha, MG: MAPA/PROCAFÉ, 2005, 434 p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R. **Cultura de Café no Brasil – Manual de Recomendações**. Mapa PROCAFÉ. Varginha, MG: PROCAFÉ, 2010, 542 p.

MENDONÇA, P. L. P.; BARBOSA, J. A. C.; NAVARRO, V. J. C.; BEGLIOMINI, E. Variação de doses de Opus (Epoconazole) aplicado em diferentes níveis de infecção da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., Franca-SP, 1999. **Anais...** Franca, 1999. p. 46-48.

MONACO, L. C.; CARVALHO, A. Resistência a *Hemileia vastatrix* no melhoramento do cafeeiro. **Ciência e Cultura**, v. 27, p. 1070-1081, 1975.

MORAES, S. A.; SUGIMORE, M. H.; TOMAZIELLO-FILHO, M.; CARVALHO, P. C. T. de. Resistência de cafeeiros à *Pseudomonas garcae*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2, Poços de Caldas, 1974. **Anais ...** Poços de Caldas, 1974. p. 183. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/SBICafe/publicacao/frpublicacao.asp>>.

NAVARRO DE ANDRADE, E. A cultura de café nas Índias Neerlandesas. **Relatório apresentado à Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas do Estado de São Paulo**, 1914. 109 p.

NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 16, p. 359-378, 1978.

NORONHA-WAGNER, M.; BETTENCOURT, A. J. Genetic study of resistance of *Coffea* sp. to leaf rust. I. Identification and behaviour of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. **Canadian Journal of Botany**, v. 45, p. 2021-2031, 1967.

ONO, Y. The diversity of nuclear cycle in microcyclic rust fungi (Uredinales) and its ecological and evolutionary implications. **Mycoscience**, v. 43, p. 421-439, 2002.

PEREIRA, A. A.; CARVALHO, G. R.; MOURA, W. M.; BOTELHO, E. C.; REZENDE, J. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; SILVA, F. L.; Cultivares: Origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. p. 167-221

PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust in the UFV/EPAMIG breeding program. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p 215-232.

PRAKASH, N. S.; GANESH, D.; BHAT, S. S. Population dynamics of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) and recent advances in rust research in India. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p 411-442.

RAJENDREN, R. B. New type of nuclear life cycle in *Hemileia vastatrix*. **Nature**, v. 213, n. 5071, p. 105-106, 1967.

RAMACHANDRAN, M.; SRINIVASAN, C. S. Four generations of selection for resistance to race I of leaf rust in arabica cv. S.288 x 'Kents'. **Indian Coffee**, v. 43, p. 159-161, 1979.

RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; BETTENCOURT A. J.; RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. **Annual Review of Phytopathology**, v. 13, p. 49-70, 1975.

RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; VÁRZEA, V. M. P.; SILVA, M. C.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; ROCHETA, M.; MARQUES, D.V. Recent advances on coffee leaf rust. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC SYMPOSIUM ON COFFEE, 2000. **Proceedings**. Bangalore, India: Central Coffee Research Institute, 2000. p.179-193.

SANTINATO, R.; D'ANTONIO, A. M.; AIZAWA, J. S.; SILVA, V.; CARVALHO, R. Efeito do cyproconazole e dissulfoton (Altomix) na recuperação de cafeeiros recepados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23, Manhuaçu-MG, 1997. **Anais...** p. 95-96.

SCALI, M. H. **Relatório das atividades desenvolvidas no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro**. Seção da Genética, Instituto Agrônomo/ IAC, Campinas, 1973. 24p.

SEAB/ DERAL. **Paraná – comparativo de área e produção – Safra 05/06 e Safra 06/07**. 2007. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/seab/deral/>>.

SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n. 1, p. 59-66, 2010a.

SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; DEL GROSSI, L.; SHIGUEOKA, L. H.; KANAYAMA, F. S. Seleção para a resistência à ferrugem em progênies das cultivares de café IPR 99 e IPR 107. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 547-554, 2010b.

SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; AZEVEDO, J. A. de; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; RIBEIRO-FILHO, C. Resistance to leaf rust in coffee carrying S_H3 gene and others S_H genes. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 5, p. 753-757, 2007a.

SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; AZEVEDO, J. A. de; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; RIBEIRO-FILHO, C. Selection for durable resistance to leaf rust using test-crosses on IAPAR-59 and Tupi IAC 1669-33 cultivars of *Coffea arabica*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 565-570, 2007b.

SERA, T.; GUERREIRO, A. Correlação entre o dano de geada e outras características agrônômicas em linhagens de café (*Coffea arabica* L.). In: SIMPOSIO SOBRE CAFICULTURA LATINOAMERICANA, 17, 1995, San Salvador. **Memoria de resúmenes**. San Salvador: PROMECAFE, 1995. p. 27.

SERA, T.; SERA, G. H.; ITO, D. S.; DOI, D. S. Coffee breeding for durable resistance to leaf rust disease at Instituto Agronômico do Paraná. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 187-214.

SILVA-ACUÑA, R.; ZAMBOLIM, L.; GONZALEZ MOLINA, E. C. Controle da ferrugem do cafeeiro com triadimenol via solo, na Venezuela. **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 70-75, 1993.

SILVA, O. A.; MATIELLO, J. B.; MANDON, L. Doses e formulações de fungicidas e inseticidas granulados sistêmicos aplicados no solo, no controle da ferrugem e bicho mineiro do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 23., Manhuaçu-MG, 1997. **Anais...** Manhuaçu, 1997. p. 131-133.

SILVA, M. do C.; VÁRZEA, V.; GERRA-GUIMARÃES, L.; AZINHEIRA, H. G.; FERNANDEZ, D.; PETITOT, A. S.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; NICOLE, M. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, 2006. p. 119-147.

SOARES, A. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SRINIVASAN, K. H.; NARASIMHASWAMY, R. L. A review of coffee breeding work done at the Government coffee experiment station, Balehonnur. **Indian Coffee**, v. 34, p. 311-321, 1975.

THOMAZIELLO, R. A.; FAZUOLI, L. C.; PEZZOPANE J.R.M.; FAHL J. L.; CARELLI, M. L. C. Café Arabica: "Cultura e técnicas de produção". Campinas: Instituto Agronômico, 2000. , p.2-6. (Boletim Técnico, 187).

VARZEA, 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. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 53-74.

VARZEA, V. M. P.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; MARQUES, D. V.; SILVA, M. C. Loss of resistance in interspecific tetraploid coffee varieties to some pathotypes of *Hemileia vastatrix*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DURABLE RESISTANCE: KEY TO SUSTAINABLE AGRICULTURE, 2000, Ede-Wageningen, Holanda. **Abstract**. p. 34.

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

WALLER, J. R.; BIGGER, M.; HILOCKS, R. J. Foliage and shoot diseases. In: WALLER, J. R.; BIGGER, M.; HILOCKS, R. J. **Coffee pests, diseases and their management**. CABI: Wallingford, 2008, p. 171-210.

WELLMAN, F. L. Peligro de introduccion de la *Hemileia* del café a las Américas. **Turrialba**, v. 2, p. 147-150, 1952.

ZAMBOLIM, L.; ACUÑA, R. S.; VALE, F. X. R.; MACABEU, A. J.; CHAVES, G. M. Influência da carga pendente sobre o desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12., Caxambu, 1985. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/MIC, 1985. p. 123-124.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; MACABEU, A. J. Nova opção de controle da ferrugem do cafeeiro pela aplicação de triadimenol via solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 14, 1987, Campinas-SP. **Anais...** Campinas, 1987. p. 36-38.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.). Controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV/Brasília - DF: Ministério da agricultura e do abastecimento, 1997. v. 1. p. 83-180.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). I ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE CAFÉ COM QUALIDADE. Viçosa: Editora UFV, 1999. p.134-215.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do.; COSTA, H.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem-do-cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: UFV, 2002. p. 369-450.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H.; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Epidemiologia e controle integrado da ferrugem do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, UFV, 2002. p. 369-450.

ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A. A.; SAKYAMA, N. S.; CAIXETA, E. T. Physiological races of *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. in Brazil – Physiological variability, current situation and future prospects. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Ed.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 75-98.

ANEXOS

ANEXO A

**Raças Fisiológicas de Ferrugem Identificadas no Mundo com seus
Respectivos Genes de Virulência**

Raças	Genótipos de Virulência	Raças	Genótipos de Virulência
I	v2, 5	XXIII	v1, 2, 4, 5
II	v5	XXIV	v2, 4, 5
III	v1, 5	XXV	v2, 5, (6), ?
IV	v?*	XXVI	v4, 5, (6)
VI	v?*	XXVII	v1, 4, (6)
VII	v3, 5	XXVIII	v2, 4, (5, 6)
VIII	v2, 3, 5	XXIX	v5, (6, 7, 8, 9)
X	v1, 4, 5	XXX	v5, (8)
XI	v?*	XXXI	v2, 5, (6, 9)
XII	v1, 2, 3, 5	XXXII	v6, ?
XIII	v5, ?*	XXXIII	v5, (7) ou v5, (7, 9)
XIV	v2, 3, 4, 5	XXXIV	v2, 5, (7) ou v2, 5, (7, 9)
XV	v4, 5	XXXV	v2, 4, 5, (7, 9)
XVI	v1, 2, 3, 4, 5	XXXVI	v2, 4, 5, (8)
XVII	v1, 2, 5	XXXVII	v2, 5, (6, 7, 9)
XVIII	v?*	XXXVIII	v1, 2, 4, 5, (8)
XIX	v1, 4, ?*	XXXIX	v2, 4, 5, (6, 7, 8, 9)
XX	v?*	XL	v1, 2, 5, (6)
XXI	v?*	XLI	v2, 5, (8)
XXII	v5, (6)	XLII	v2, 5, (7, 8) ou v 2, 5, (7, 8, 9)

* Genótipos de virulência desconhecidos; () genes de virulência para derivados do “Híbrido de Timor”.

Fonte: Várzea e Marques (2005).

ANEXO B

**Cafeeiros Diferenciadores Utilizados na Identificação das Raças de Ferrugem
com seus Respective Genes de Resistência, Designações e Grupos
Fisiológicos**

Genes	Designação e CIFC nº	Grupo Fisiológico
S _H ?	Matari (849/1)	β
S _H 1	Dilla & Alghe (128/2)	α
S _H 4	S 12 Kaffa (635/2)	γ
S _H 5	Bourbon (63/1)	E
S _H 6	Híbrido de Timor (1343/269)	R
S _H 2, 5	DK 1/6 (32/1)	D
S _H 3, 5	S. 288-23 (33/1)	G
S _H 5, 7 ou S _H 5, 7, 9 ^(a)	7960/15	Sem designação
S _H ?	Híbrido Kawisari (644/18)	M
S _H 5, 6, 9	H 419/20 ^(b)	3
S _H 5, 8	H 420/2 ^(c)	2
S _H 5, 6, 7, 9	H 420/10 ^(c)	1
Sem genes S _H	<i>Coffea racemosa</i> (369/3)	F
S _H ?	<i>Coffea excelsa</i> Longkoi (168/12)	N
S _H ?	<i>Coffea congensis</i> Uganda (263/1)	B
S _H ?	<i>Coffea canephora</i> Uganda (829/1)	K
S _H ?	<i>Coffea canephora</i> Uganda (681/7)	P
S _H ?	<i>Coffea canephora</i> Uganda (1621/13)	Q

^(a) Este genótipo precisa de confirmação.

^(b) H 419 = 1535/33 Mundo Novo x HW 26/13

^(c) H 420 = 1535/33 Mundo Novo x HW 26/14

HW 26 = 19/1 Caturra Vermelho x 832/1 Híbrido de Timor.

Fonte: Bettencourt (1981).