QUANTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS MONOCÍCLICOS DA RESISTÊNCIA HORIZONTAL A *Hemileia vastatrix* BERK. E. BR. EM TRÊS CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.

ALBA CECILIA ARCHILA MARTINEZ
Engenheiro Agrônomo

Orientador : Prof. Dr. ARMANDO BERGAMIN FILHO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração : Fitopatologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1985

A meus pais
Elisa e Antonio,
à minha irmã e sobrinhos
Mary, Luis e Daniel,

OFEREÇO.

Aos Cafeicultores e Técnicos de
FONCAFÉ de la Colonia Tovar,
Carayaca, Gligle e Manuare.
A José Benancio Arellano(†),

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha sincera gratidão às pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, em especial, às relacionadas a seguir:

- Prof. Dr. *ARMANDO BERGAMIN FILHO* e Prof. Dr. *HIROSHI KIMATI* do Departamento de Fitopatologia - ESALQ/USP.

- Prof.ª Dr.ª *MARINÉIA LARA HADAD* do Departamento de Entomologia - ESALQ/USP.

- Prof. Dr. *DÉCIO BARBIN* do Departamento de Matemática e Estatística - ESALQ/USP.

- Pesquisadora *M. TOMA-BRAGHINI* e Engº Agrº MS. I.J.A. *RIBEIRO* do Instituto Agronômico de Campinas.

- Doutor *RAFAEL PÉREZ SILVA* ex-Gerente Técnico do Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias - Venezuela.

- Dirección de Sanidad Vegetal do Ministerio de Agricultura y Cria - Venezuela.

- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias - Venezuela.

- Aos amigos *FREDDY* e *HEDY DE VEGAS*, *JAIME DE LA TORRE*, *ELIO RODRIGUEZ T.*, *FRANCISCO E MORAIMA SALCEDO*.

ÍNDICE

Página

RESUMO ..... x.

SUMMARY ..... xii.

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 4

2.1. Considerações Gerais 4

2.2. Avaliação da Resistência Horizontal..... 8

2.3. Avaliação da Resistência Horizontal no complexo *Coffea-Hemileia vastatrix*..... 12

3. MATERIAL E MÉTODOS 19

3.1. Local e Épocas de Realização dos Experimentos 19

3.2. Cultivares de Cafeeiro Utilizados 20

3.3. Colheita e Armazenamento do Inóculo..... 22

3.4. Avaliação da Germinação dos Uredosporos..... 22

3.5. Metodologia de Inoculação 24

3.6. Ensaio Número 1 26

3.6.1. Tipos de Folhas Selecionadas..... 26

3.6.2. Avaliação de Parâmetros Monocíclicos.. 27

3.7. Ensaio Número 2 29

3.7.1. Tipos de Folhas Selecionados 29

3.7.2. Avaliação de Parâmetros Monocíclicos.. 31

3.8. Análise Estatística 34

Página

4. RESULTADOS 36

4.1. Germinação dos Esporos 36

4.2. Evolução da Enfermidade 36

4.3. Comportamento dos Cultivares e Influência da Posição de Folha em Relação aos Parâmetros Monocíclicos 38

4.3.1. Ensaio Número 1 38

4.3.2. Ensaio Número 2 49

5. DISCUSSÃO 65

5.1. Evolução da Enfermidade 65

5.2. Componentes Monocíclicos da Resistência e o Efeito da Idade da Folha na sua Avaliação 67

5.3. A Resistência dos Cultivares em Relação aos Parâmetros Monocíclicos 78

6. CONCLUSÕES 85

7. LITERATURA CITADA 87

APÊNDICE 96

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Ensaio Número 1. Período de incubação (dias após a inoculação para ocorrência de 50% das lesões) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta..... 41

Tabela 2 - Ensaio Número 1. Período de latência (dias após a inoculação para ocorrência de 50% das lesões com esporulação) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta 43

Tabela 3 - Ensaio Número 1. Número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta. 45

Tabela 4 - Ensaio Número 1. Número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta 46

Tabela 5 - Ensaio Número 1. Parâmetros monocíclicos da resistência de três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. 48

Página

Tabela 6 - Ensaio Número 2. Período de incubação (dias após a inoculação para ocorrência de 50% de lesões) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três posições diferentes de folha, por planta..... 50

Tabela 7 - Ensaio Número 2. Período de latência (dias após a inoculação para a ocorrência de 50% de lesões com esporulação) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três posições diferentes de folha, por planta 52

Tabela 8 - Ensaio Número 2. Número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta.... 53

Tabela 9 - Ensaio Número 2. Número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta 55

Tabela 10- Ensaio Número 2. Período de latência/folha, porcentagem de queda foliar, período de retenção foliar e tamanho das lesões, em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br..... 60

Página

Tabela 11 - Ensaio Número 2. Produção de esporos/lesão manifestada em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. 61

Tabela 12 - Ensaio Número 2. Produção de esporos/cm^2 de folha inoculada, manifestada em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., medida em três idades diferentes de folha, por planta 62

Tabela 13 - Período de latência/planta, manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. 63

Tabela 14 - Ensaio Número 2. Componentes monocíclicos da resistência de três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br..... 64

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Sintomas iniciais de ferrugem em folhas de *Coffea arabica* inoculadas com *Hemileia vastatrix*	39
2	Comportamento da ferrugem do cafeeiro *Hemileia vastatrix* segundo o tipo da folha....	39
3	Amarelamento que precede à queda de folhas com ferrugem do cafeeiro	39
4	Ensaio número 1 - Evolução da queda de folhas doentes em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.	40
5	Ensaio número 2 - Evolução da queda de folhas doentes em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.	40
6	Variações do período de retenção foliar (PRF) em relação às diferentes folhas de três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.	57

QUANTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS MONOCÍCLICOS DA RESISTÊNCIA HORIZONTAL A *Hemileia vastatrix* BERK. E BR. EM TRÊS CULTIVARES DE *Coffea arabica* L.

Autor: ALBA CECILIA ARCHILA MARTINEZ

Orientador: Prof. Dr. Armando Bergamin Filho

RESUMO

Com a finalidade de determinar os parâmetros que melhor quantificam a maior resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. dos cultivares Mundo Novo e Catuaí, em relação ao cultivar Harar, todos da espécie *Coffea arabica* L., foram realizados dois ensaios sob condições de casa de vegetação, determinando-se o efeito do tipo de folha avaliada sobre os parâmetros mais comumente utilizados nos estudos resistência. Os parâmetros monocíclicos analisados foram período de incubação, período de latência, número de lesões, tamanho das lesões, porcentagem de queda foliar e período de retenção foliar. Os parâmetros que melhor quantificaram o nível de resistência nos três cultivares foram o período de retenção foliar e sua variante, a porcentagem de queda foliar.

Os outros parâmetros analisados não explicam claramente o nível de resistência entre cultivares, mas, em

forma combinada, contribuem para diminuir a taxa aparente de infecção dos cultivares Mundo Novo e Catuaí.

O tipo de folha avaliada tem efeito sobre os resultados obtidos na análise de parâmetros monocíclicos, podendo-se obter segundo a idade da folha escolhida, resultados conflitantes sobre o nível de resistência entre cultivares, sendo necessária a avaliação de várias idades de folha dentro de cada planta para se obter resultados mais confiáveis.

EVALUATION OF MONOCYCLICAL PARAMÈTERS OF HORIZONTAL RESISTANCE TO *Hemileia vastatrix* BERK. AND BR. IN THREE CULTIVARS OF *Coffea arabica* L.

AUTHOR: ALBA CECÍLIA ARCHILA MARTINEZ
ADVISER . ARMANDO BERGAMIN FILHO

SUMMARY

With the purpose of determinning the parameters that best quantify the highest horizontal resistance to *Hemi - leia vastatrix* Berk. and Br. for the cultivars Mundo Novo and Catuaí compared to the cultivar Harar, all of which are of the *Coffea arabica* L. species, two assessment under green house conditions were made, determining the effect of type of leaf e valuated under the most common parameters used for resistance studies.

These parameters were: period of incubation, la tency period, number of lesions size of lesions percentage of leaf fall and period of leaf retention.

The parameters which best quantified the resis- tance level in all three cultivars were the period of leaf re- tention and the percentage of leaf fall. The short period of leaf retention determined for cultivars Mundo Novo and Catuaí

satisfactorily explains the small amount of initial inoculum determined through fieldwork for these cultivars compared to the Harar.

The other analysed parameters do not clearly explain the level of resistance between the cultivars, but , when combined they contribute for lowering the apparent infection rate for the cultivars Mundo Novo and Catuaí.

The type of leaf assessed affects the results obtained from the monocyclical parameter anaysis, which may give, according to the age of the leaf chosen, arong results on the level of resistance between cultivars. It would be necessary an evaluation of various periods of the leaf life within each plant in order to obtain more reliable results.

1. INTRODUÇÃO

A ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., é uma das mais sérias doenças que afetam a cultura do cafeeiro. Está amplamente distribuída em quase todos os países produtores de café do mundo, tendo causado, no século passado, sérios danos na economia de países como Sri Lanka e Indonésia (CARVALHO, 1984; CHAVES *et alii*, 1970; WELLMAN e ECHANDI, 1981).

Atualmente, dispõe-se de técnicas modernas para seu controle, como a aplicação de fungicidas e a utilização de variedades com resistência vertical. No entanto, o tratamento com fungicidas é uma prática que, além de ser onerosa, deve ser aplicada em épocas cruciais para lograr um efetivo controle (RUSSELL, 1978). Por outro lado, também existem problemas para o uso exclusivo de resistência vertical. O fungo possui uma alta variabilidade quanto à

virulência (RODRIGUES *et alii*, 1977). Isto foi demonstrado no Brasil, onde após dez anos de ocorrência da enfermidade, foram encontradas dez raças diferentes do fungo. Portanto, deve-se dar prioridade à procura de uma resistência mais duradoura para o cafeeiro, especialmente por se tratar de uma cultura perene (BERGAMIN FILHO, 1976; ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1981).

A resistência horizontal constitui-se na alternativa de controle mais adequada. No entanto, este tipo de resistência, de herança geralmente poligênica e altamente influenciada pelo meio-ambiente, é difícil de ser identificada. Seus efeitos normalmente estão mascarados, não sendo imediatamente demonstráveis.

Em culturas perenes como o cafeeiro, torna-se indispensável o emprego de técnicas rápidas de identificação da resistência, que permitam realizar uma pré-seleção do material, para seu estudo posterior, a nível de campo. Componentes da resistência, como período de latência, índice de infecção, tamanho das lesões e porcentagem das lesões com esporulação, têm sido analisados por vários autores para avaliar o nível de resistência no complexo *Coffea* sp - *H. vastatrix*. A importância desses componentes na quantificação da resistência tem sido variada, segundo o hospedeiro utilizado, sendo que em *Coffea arabica* os resultados têm sido frequentemente inconsistentes (SCALI *et alii*,

1974; MORAES *et alii*, 1976 e ESKES, 1983). No caso da ferrugem do cafeeiro, além de outros fatores, a idade da folha pode ter influência sobre os diferentes parâmetros, dependendo do cultivar utilizado (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1983).

Em estudos de resistência sob condições controladas ou semi-controladas, é indispensável estabelecer quais são os melhores parâmetros que permitam quantificar o nível dessa resistência. Isto pode ser determinado testando-se uma série de cultivares bem conhecidos pelo seu comportamento (ESKES, 1979), considerando várias idades de folha por planta (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1982). O cultivar Harar, de *C. arabica*, consistentemente tem sido relatado exibir maiores níveis de ataque de ferrugem no campo, em relação aos cultivares Mundo Novo e Catuaí, de comportamento similar. Assim, o presente trabalho tem por objetivos:

1. Determinar, sob condições de casa de vegetação, os parâmetros que melhor quantificam a maior resistência dos cultivares Mundo Novo e Catuaí, em relação ao cultivar Harar.

2. Determinar o efeito do tipo de folha analisada sobre os componentes de resistência.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações Gerais

A ferrugem é uma das mais sérias doenças que afetam a cultura do cafeeiro (CARVALHO, 1984). O seu agente causal é o fungo *Hemileia vastatrix* Berk. Br., um basidiomiceto pertencente à subclasse *Hemibasidiomycetidae*, ordem *Uredinales*, família *Pucciniaceae* (CHAVES *et alii*, 1970).

Os caracteres principais que distinguem o gênero *Hemileia* são: a) hábito de esporulação através dos estômatos; b) uredosporos reniformes equinulados dorsalmente e lisos ventralmente; c) teliosporos unicelulares globosos ou napiformes, lisos, que germinam *in situ* (CHAVES *et alii*, 1970).

O centro de origem da *Hemileia vastatrix* e do cafeeiro é, provavelmente, a Etiópia (CHAVES *et alii*, 1970 e RODRIGUES *et alii*, 1975). A distribuição do cafeeiro

ao resto do mundo não foi acompanhada pela disseminação da ferrugem (VAN DER GRAAFF, 1979). Essa distribuição do cafeeiro deu-se de uma forma que levou a uma limitada variabilidade genética nas populações (RODRIGUES *et alii*, 1975) e a uma diminuição da resistência em uma cultura propagada na ausência do patógeno (VAN DER GRAAFF, 1979).

Na Etiópia, a ferrugem do cafeeiro é relativamente pouco importante. Quando o patógeno invadiu as novas áreas cafeeiras, produziram-se fracassos espetaculares na cultura, como aqueles ocorridos em Sri Lanka e Indonésia, associados com essa diminuição da resistência (VAN DER GRAAFF, 1979), condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença (RAYNER, 1972) e desconhecimento de meios eficientes de controle (SCHIEBER, 1973).

No Brasil, a ferrugem do cafeeiro foi relatado pela primeira vez em 1970 (CHAVES *et alii*, 1970). Nessa década, a ferrugem expandiu-se para todas as regiões do país e passou a atacar cafezais de outros países vizinhos (CARVALHO, 1984). Concomitantemente, no entanto, ampliaram-se os conhecimentos sobre máquinas específicas para aplicação de fungicidas, os melhores defensivos, concentrações, épocas e frequência de sua aplicação (CARVALHO, 1984). As pulverizações com fungicidas passaram a ser feitas pela grande maioria dos cafeicultores, nos moldes das recomendações técnicas, ficando a doença praticamente sob controle

(THOMAZIELLO, 1984).

Com a ocorrência da geada de 1975 e distúrbios climáticos posteriores, criaram-se condições desfavoráveis ao desenvolvimento de epidemias de ferrugem, o que provocou certo descrédito entre os cafeicultores com relaçao aos efeitos da doença e, assim, o controle da ferrugem foi bastante negligenciado. Num levantamento feito no ano agrícola de 80-81, no Estado de São Paulo, constatou-se que apenas 5% dos cafeeiros recebiam tratamento adequado, enquanto 24% recebiam pulverizações esporádicas, logo, ineficientes, sendo que os 71% restantes não recebiam nenhum tratamento contra a ferrugem (THOMAZIELLO, 1984).

Mônaco, citado por ESKES (1983), estimou que para as condições do Brasil, as perdas em rendimento da cultura eram ao redor de 30%, quando nenhuma medida de controle era utilizada e que o custo do controle químico necessário para uma completa proteção da cultura era aproximadamente 20% dos custos de produção. Por outro lado, um tratamento não adequado pode conduzir a maiores problemas, devido ao efeito dos fungicidas cúpricos em aumentar a retenção fòliar. As árvores apresentar-se-ão enfolhadas e com alto índice de ataque, o que favorece sobremaneira uma epidemia severa de ferrugem (CHAVES *et alii*, 1970).

O uso de cultivares resistentes é, provavelmente, o método mais econômico e eficaz para controlar pra-

gas e doenças (RUSSEL, 1978; CARVALHO e MÔNACO, 1971), desde que apresentem produtividade, rusticidade e qualidade do produto semelhantes ou superiores às variedades comerciais recomendadas (PEREIRA e BARTHOLO, 1978). Um dos problemas básicos desta tática de controle é a possibilidade de se desenvolverem novas raças do fungo capazes de quebrar a resistência (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1981), o que depende do tipo de resistência empregado.

Do ponto de vista epidemiológico VAN DER PLANK (1963) estipulou dois tipos de resistência de plantas a patógenos: resistência horizontal e resistência vertical. Plantas com resistência horizontal apresentam-se igualmente resistentes a todas as raças do patógeno. Já as plantas com resistência vertical são resistentes a algumas raças do patógeno, mas não a outras. Este aspecto advém da capacidade ou não do patógeno vencer os mecanismos de resistência do hospedeiro.

De *Hemileia vastatrix* já foram descritas ao redor de 30 raças (RODRIGUEZ et alii,1975), sendo que a raça II (v_5) é a mais difundida, possivelmente, como consequência da homogeneidade genética da maioria dos cultivares de cafeeiro existentes no mundo. No Estado de São Paulo já houve constatação de 11 raças de *H. vastatrix* e todas contêm virulência para o gene de resistência SH_5, que está presente nos cultivares de *Coffea arabica* cultivados no país (RIBEIRO *et alii*, 1975; ESKES,

1979 e 1983). Oito raças contêm, ademais, virulência única ou combinada para SH_1, SH_2 e SH_4 (ESKES, 1983).

A raça II foi a primeira relatada no Brasil e é, ainda, a mais difundida. As outras 10 raças detectadas, possivelmente, têm-se originado da raça II; num tempo relativamente reduzido e sob condições de baixa pressão de seleção (ESKES, 1983).

Esta situação, aliada à condição de ser o cafeeiro uma cultura perene e ser a ferrugem do tipo de doenças de juros compostos, faz arriscado o emprego de resistência vertical contra a ferrugem do cafeeiro (ROBINSON, 1973; BERGAMIN FILHO, 1976 e ESKES, 1983). Portanto, deve-se dar prioridade à busca de uma resistência mais durável e, uma alternativa, é a obtenção de cultivares com resistência horizontal (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1981).

2.2. Avaliação da Resistência Horizontal

A resistência horizontal tem como consequência epidemiológica a redução da taxa aparente de infecção(r) por dificultar parcialmente o desenvolvimento do patógeno nos tecidos do hospedeiro, não afetando significativamente a quantidade de inóculo inicial (x_o) (VAN DER PLANK, 1963). Assim, através de uma análise epidemiológica pode-se discriminar o nível de resistência horizontal de diversos cultiva

res com base no valor r, sendo tanto maior o nível de resistência, quanto menor o valor de r.

Esta metodologia é sempre executada em testes policíclicos, sob condições naturais de epidemia no campo. É considerada como a que mais se aproxima da realidade (RIBEIRO, 1978; BERGAMIN FILHO e KIMATI, 1978; MENTEN, 1980), mas exige mais tempo e espaço para ser levada a efeito.

Outro critério para medir a resistência horizontal em condições de campo é a simples classificação mediante a utilização de escalas de notas (ESKES, 1979). No caso da ferrugem do cafeeiro foram desenvolvidas escalas baseadas na porcentagem de área foliar afetada para estimar a intensidade da infecção (KUSHALAPPA, 1978) e escalas de 10 pontos, que podem ser usadas também a nível de laboratório e estufa, com as quais pode-se medir o tipo de reação e a frequência de infecção (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1981).

A manifestação da resistência horizontal está também condicionada por diversos parâmetros, referidos como seus componentes, que operam após a penetração do patógeno no hospedeiro (PARLEVLIET, 1979 e WILCOXON, 1981), cujo efeito cumulativo dá uma medida da severidade da doença no caso de doenças de juros compostos (PARLEVLIET, 1979).

Os componentes da resistência mais frequente

mente estudados sao:

Frequência de infecção. Definido como o número de lesões registradas por unidade de área foliar, quando se inocula, de maneira uniforme, uma concentração conhecida de esporos (PARLEVLIET, 1979; ESKES, 1983). Quando é medido em termos de lesões com esporulação indica não somente a resistência ao primeiro contato do patógeno com a célula do hospedeiro, como também a resistência à colonização. Diferenças em frequência de infecção refletem diferenças acumuladas sobre várias fases de desenvolvimento, desde a fase de estabelecimento justo depois da penetração a fases tardías de colonização, justo antes da formação de esporos.

Período de latência. Medido como o tempo desde a inoculação até a produção de esporos. Em alguns casos, o período de incubação, tempo entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas visíveis da doença, é medido em lugar de período de latência, por existir uma alta correlação entre ambos. No entanto, diferenças consideráveis podem existir entre cultivares, como demonstrado em batata - *Phytophthora infestans*, trigo-*Puccinia recondita* f. sp. *recondita*, cevada-*P. hordei*, trigo-*P. striiformis*, centeio-*P. recondita* f. sp. *recondita* (PARLEVLIET, 1979).

Produção de esporos. Expressa como a quantidade de esporos por unidade de área foliar, por unidade de área com esporulação ou por lesão. Johnson e Taylor, citados por ROTEM *et alii* (1978), concluíram que o número de esporos produzidos por um patógeno sobre seu hospedeiro reflete a patogenicidade do patógeno e é a somatória dos efeitos de todos os componentes da resistência do hospedeiro.

Período infeccioso. Definido como o período de tempo no qual ocorre esporulação no tecido doente (PARLEVLIET, 1979). A esporulação pode finalizar como consequência da exaustão ou morte do tecido doente.

Tamanho da lesão. Referida como a área que apresenta sintomas da doença, sendo medida como diâmetro, comprimento, superfície ou por comparação com escalas apropriadas. Não é considerado um componente da resistência, por não afetar diretamente a taxa reprodutiva do patógeno, mas está altamente correlacionado com produção de esporos.

Quando um grupo de cultivares é estudado em relação a estes componentes, o cultivar mais resistente será aquele que apresentar menor frequência de infecção, período de latência mais longo, reduzida produção de esporos e período infeccioso mais curto (VAN DER PLANK, 1963 e PARLEVLIET, 1979). No entanto, esta associação não é completa. A contribuição destes componentes no desenvolvimento de uma epidemia pode

variar consideravelmente e apresentar uma correlação variável com a taxa aparente de infecção (r), dependendo do sistema patógeno-hospedeiro em estudo (ESKES, 1979 e 1983; MENTEN, 1980).

Por outro lado, a resistência refletida por estes parâmetros não é necessariamente do tipo horizontal, podendo também significar resistência vertical parcial ou incompleta (PARLEVLIET, 1979 e ESKES, 1983).

2.3. Avaliação da Resistência Horizontal no Complexo *Coffea-Hemileia vastatrix*

No Brasil, os trabalhos sobre resistência horizontal em cafeeiro são relativamente recentes. Vários autores relataram suas observações sobre a possibilidade de encontrar resistência horizontal em diferentes materiais, principalmente naquelas populações de plantas oriundas de hibridações interespecíficas, as quais mostram uma reação à ferrugem bastante variável, desde completa resistência até plantas totalmente suscetíveis. Os tipos com reação intermediária, em muitos casos, foram identificados para seu posterior aproveitamento como possíveis fontes de resistência horizontal, simples, ou associada com fatores de resistência vertical (CARVALHO e MONACO, 1971; COSTA E RIBEIRO, 1975; MONACO e CARVALHO, 1975; BETTENCOURT e LOPES, 1976; CHAVES, 1976; PEREIRA *et alii*, 1978).

Diversos genótipos pertencentes a populações de Catimor, Icatu, *Coffea canephora* e vários cultivares e híbridos de *Coffea arabica* L. têm sido testados principalmente com base nos componentes da resistência que reduzem a taxa de desenvolvimento da epidemia. Estes componentes, por sua vez, geralmente são correlacionados com o grau de ataque de ferrugem sob condições naturais de campo.

Plantas da população de cafeeiros Icatu (*C. arabica* x *C. canephora*), que apresentaram diversos níveis de resistência a *H. vastatrix*, foram avaliadas, sob condições de casa de vegetação, mediante a utilização de escalas de notas para tipos de reação, esporulação do fungo e tamanho das lesões (COSTA e ESKES, 1978). A taxa de esporulação foi a que proporcionou melhor correlação com o tipo de reação obtido no campo, enquanto que para o tamanho da pústula a correlação foi menor, indicando que não se trata de um bom critério para o estudo da resistência a *H. vastatrix* nessa população.

Plantas da mesma população também foram avaliadas pelo método de discos de folhas. Por este método, a frequência de infecção parece estar relacionada com o nível de resistência no campo, sendo que em discos provenientes de planta suscetível a frequência de infecção foi de três a quatro vezes maior do que em planta moderadamen-

te resistente. Os resultados obtidos nestes ensaios sugerem a possibilidade de se poder avaliar parâmetros quantitativos na interação *H. vastatrix*-cafeeiro em condições controladas ou semi-controladas.

ESKES (1983) estudou a resistência incompleta à ferrugem de vários genótipos da população Icatu, sob condições de campo, casa de vegetação e laboratório, neste último caso, mediante a utilização de discos de folhas. Os componentes da resistência observados foram: período de latência, número total de lesões, número de lesões com esporulação e porcentagem de lesões com esporulação. Foi encontrada variação significativa entre genótipos, para todos os componentes da resistência observados nos testes de campo e casa de vegetação. O grau de ataque no campo foi altamente correlacionado com a porcentagem de lesões com esporulação. Menor correlação foi obtida com período de latência e número de lesões com esporulação. Com o número total de lesões não houve correlação. Genótipos com níveis variáveis de resistência incompleta mostraram interação com uma raça nova de *H. vastatrix*, isolada de Icatu. O autor chegou à conclusão de que a seleção para resistência incompleta no Icatu provavelmente não levará a uma resistência duradoura.

ABREU (1978), partindo da premissa da existência de resistência horizontal nos derivados do Híbrido do Timor, que segregaram para suscetibilidade à raça II, determinou que os parâmetros mais promissores para averigua -

ção de resistência inespecífica, sob condições de casa de vegetação, foram: período de geração, número de uredosporos formados, período latente de infecção, evolução da enfermidade e razão de infecção. Igualmente determinou que características morfológicas como número, tamanho, forma dos estômatos e número de cloroplastos no estômato parecem não estar relacionados com a resistência inespecífica no complexo *Coffea* sp.-*H. vastatrix*.

Em *Coffea canephora*, CADENA e BURITICA (1981) trabalhando com plantas do cultivar Conilón, também denominado Kouillou, determinaram, sob condições de casa de vegetação, que os parâmetros que melhor identificaram a resistência a *H. vastatrix* foram, em sua ordem, o número de esporos por lesão, porcentagem de lesões com esporulação, número total de lesões por cm^2 de área foliar e período de latência. O número de esporos por lesão foi o parâmetro melhor correlacionado com os outros, o que indica que é a medida mais segura para avaliar resistência de tipo horizontal em plantas de *C. canephora*.

No mesmo cultivar Kouillou, ESKES (1983) determinou, em condições de laboratório, mediante a utilização de discos de folhas, que os baixos níveis de doença no campo estavam principalmente correlacionados a tipos de reação baixos e/ou heterogêneos. Os componentes da resistência observados foram: período de latência, número total de lesões,

número de lesões com esporulação e porcentagem de lesões com esporulação. O número de lesões com esporulação apresentou o coeficiente de correlação mais alto com o grau de ataque no campo. Alguns genótipos com resistência incompleta mostraram interações diferenciais com duas raças novas de *H. vastatrix*, isoladas em Kouillou. Outros, com um tipo de reação alto, mas com poucas lesões, não apresentaram a citada interação. Por isso, estima-se que estes genótipos podem ter valor na obtenção de resistência duradoura, contra a ferrugem do cafeeiro (ESKES, 1983).

Em *C. arabica* vários trabalhos têm sido realizados para avaliação de resistência horizontal, principalmente nos cultivares Mundo Novo, Catuaí e Harar.

No cultivar Harar, consistentemente tem- se relatado um maior grau de ataque de ferrugem sob condições de campo, atingindo um pico de infecção mais cedo, em relação aos cultivares Catuaí e Mundo Novo (MÔNACO *et alii*, 1973; PAVAN *et alii*, 1975; MÔNACO e CARVALHO, 1975; RIBEIRO, 1978), com maior quantidade de inóculo inicial (BERGAMIN FILHO,1983) e maior quantidade de inóculo residual (SALGADO, 1983).

Em estudos conduzidos em casa de vegetação e laboratório, os resultados diferenciando esses cultivares, pela análise dos componentes da resistência, têm sido menos consistentes. MORAES *et alii* (1976) relataram que o parâmetro período de incubação era menor para o cultivar Ca-

tuaí, em relação aos cultivares Harar e Mundo Novo. Por sua vez, este mesmo autor e SCALI *et alii* (1974) observaram maior número de lesões com esporulação no cultivar Harar em relação ao Catuaí e, ESKES (1978), trabalhando com discos de folhas, relatou que o período de incubação em Harar era inferior, em relação ao Mundo Novo, sendo essa diferença menor no verão do que no inverno. O número de lesões geralmente foi igual para ambos os cultivares.

ESKES (1983) estudou a variação para resistência incompleta, sob condições de casa de vegetação, laboratório e campo, nos seguintes cultivares de *C. arabica*: Harar, três linhagens de Catuaí, duas linhagens de Mundo Novo, Bourbon amarelo, Típica, Erecta, Sumatra e Caturra vermelho. O nível de doença no campo foi medido por uma escala de notas. Os componentes da resistência observados nos testes de laboratório e estufa foram: período de latência, número de lesões e período de retenção foliar, este último como índice do período de esporulação. Todos os cultivares e linhas estudadas apresentaram similares níveis de doença no campo, exceto o cultivar Harar, o qual foi substancialmente mais afetado pela ferrugem que os outros cultivares. Nos componentes de resistência, detectou-se variação significativa para o período de latência e para o número de lesões. Porém, houve certa inconsistência com estes componentes, especialmente para número de lesões. Os coeficientes de correlação entre período de latência e número de lesões e o grau de ataque no campo foram bai-

xos e, em geral, não significativos. A alta suscetibilidade do cultivar Harar, em relação aos outros cultivares, foi melhor explicada pelo maior período de retenção foliar ou período de esporulação do cultivar Harar.

A produtividade mostrou ser um fator de importância (ESKES, 1983). As linhagens de Mundo Novo e Catuaí apresentaram relativamente pequenas mas significativas diferenças para o nível de enfermidade no campo, explicadas pela correlação positiva entre a capacidade produtiva das linhagens e seu grau de ataque. Devido à ocorrência de similares níveis de doença no campo, para os diferentes cultivares de *C. arabica* estudados, com exceção do cultivar Harar que foi mais suscetível e, devido à inconsistência dos resultados obtidos com os componentes da resistência, o autor conclui que a seleção para resistência incompleta, nesta espécie, não terá uma alta eficiência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e Épocas de Realização dos Experimentos

O presente estudo foi realizado sob condições de casa de vegetação, nas instalações do Departamento de Fitopatologia da ESALQ-USP, Piracicaba, SP.

Foram realizados dois ensaios em duas épocas diferentes. No Ensaio número 1, a inoculação foi feita no dia 05 de setembro de 1983 e o período de observações estendeu-se até o dia 19 de dezembro de 1983. As médias de temperatura máxima, mínima e média, determinadas durante este período, foram respectivamente, 27,7°C, 16,3°C e 22°C, segundo dados fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP. No Ensaio número 2, as plantas foram inoculadas no dia 12 de dezembro de 1983 e o período de observações estendeu-se até o dia 12 de março de 1984. As médias

de temperatura determinadas neste período foram de 32°C, 19°C e 26°C para temperatura máxima, mínima e média, respectivamente.

3.2. Cultivares de Cafeeiro Utilizados

Foram utilizados os cultivares Mundo Novo, Catuaí e Harar, todos da espécie *Coffea arabica* L.

Mundo Novo é uma seleção feita pelo Instituto Agronômico de Campinas, sobre uma população de cafeeiros existente no município de Mundo Novo, hoje Urupês, região Araraquarense do Estado de São Paulo. Provavelmente provém de um cruzamento natural entre Bourbon e Sumatra (CARVALHO *et alii*, 1952). Tem porte alto, grande rusticidade, elevado vigor e é altamente produtivo.

Catuaí é originário de um cruzamento e posterior seleção entre os cultivares Mundo Novo e Caturra. Tendo recebido o gene caturra (Ct), que reduz o comprimento dos internódios, é uma planta de porte médio, que conservou o vigor, rusticidade e produtividade de Mundo Novo (CARVALHO e MONACO, 1972).

Harar é originário da Província de Harar, na Etiópia, e foi introduzido no Brasil pelo Instituto Agronômico de Campinas. Também é denominado Ibaarê (CARVALHO, 1959).

Possui elevado vigor e produção semelhante ao Mundo Novo.

Estes três cultivares foram fornecidos pelo Engº Agrº I.J. Antunes Ribeiro, do Instituto Agronômico de Campinas. Todos apresentam o alelo de resistência SH_5, na forma homozigota dominante, sendo, portanto, suscetíveis a todas as raças de *Hemileia vastatrix* relatadas no Estado de São Paulo, que possuem o gene v_5 que anula essa resistência (ESKES, 1983). As plantas foram transplantadas para vasos de alumínio, contendo uma mistura de solo e esterco de curral e mantidas em casa de vegetação, ao abrigo de infecções naturais. Devido ao diferente desenvolvimento das plantas, para a realização de cada ensaio, procurou-se selecionar plantas com características similares.

No Ensaio número 1 foram selecionadas seis plantas de cada cultivar. As plantas escolhidas foram aquelas de menor desenvolvimento dentro do lote, sem ramos secundários (plagiotrópicos) e com altura uniforme dentro de cada cultivar. No momento da inoculação as plantas tinham, aproximadamente, um ano e meio de idade.

No Ensaio número 2 foram selecionadas 10 plantas de cada cultivar. As plantas escolhidas apresentavam bom desenvolvimento, com uma média de cinco ramos plagiotrópicos por planta e com altura uniforme dentro de cada cultivar. No momento da inoculação as plantas tinham quase dois anos de idade.

3.3. Colheita e Armazenamento do Inóculo

No Ensaio número 1, como fonte de inóculo foram utilizadas folhas naturalmente infectadas, coletadas no dia 31 de agosto de 1983, de cafeeiros plantados no Departamento de Fitopatologia da ESALQ. Foram selecionadas pústulas com abundante esporulação de cor amarelo intenso, evitando-se aquelas contaminadas por organismos hiperparasitas ou infestadas por ácaros. No Ensaio número 2, como fonte de inóculo utilizou-se folhas de plantas inoculadas artificialmente e mantidas em casa de vegetação.

Os uredosporos foram retirados raspando-se com escalpelo a superfície inferior das folhas, tendo-se cuidado de não ferir a epiderme, e guardando em seguida esses uredosporos em cápsulas de gelatina e, estas, em tubos de vidro de 7 x 2 cm. Estes tubos, por sua vez, foram colocados no interior de frascos de 10 x 5 cm, contendo uma solução de ácido sulfúrico, densidade 1,83 na concentração de 32,6% (ZAMBOLIM e CHAVES, 1974). O conjunto permaneceu na geladeira a 8°C, até o momento da inoculação, realizada após seis dias.

3.4. Avaliação da Germinação dos Uredosporos

No Ensaio 1, a avaliação da germinação dos uredosporos foi feita utilizando-se lâminas porta-objeto. Uma pequena porção de esporos foi colocada em cada lâmina

e distribuída uniformemente por toda sua superfície com ajuda de um pincel. Cada lâmina foi pulverizada abundantemente com água destilada e guardada em câmara úmida por doze horas, sob condições de completa escuridão e a 21°C. A porcentagem de esporos germinados foi determinada ao final deste período, contabilizando somente aqueles esporos que se encontravam dentro das gotas de água. Considerou-se esporo germinado aquele cujo tubo germinativo era superior ou igual em duas vezes o diâmetro do uredosporo. Este teste foi realizado um dia antes da inoculação.

A avaliação da germinação dos esporos no Ensaio número 2 foi realizada utilizando dois métodos: em lâminas porta-objeto e em folhas destacadas do cultivar Catuaí. No primeiro método foi feita uma suspensão de esporos em água destilada e sendo esta agitada durante dez minutos com um agitador magnético. Cada lâmina porta-objeto foi pulverizada com esta suspensão e guardada em câmara úmida por 12 horas a 21°C. Este teste foi realizado um dia antes da inoculação.

No próprio dia da inoculação foi realizado o teste de germinação em folhas destacadas. Para tal, utilizou-se uma suspensão de uredosporos a uma concentração de 0,4 mg de esporos por ml de água destilada. Cada folha foi pulverizada com a suspensão e guardada em câmara úmida por doze horas, sob as mesmas condições a que estavam submetidas as plantas inoculadas. Como no Ensaio número 1, considerou-se

esporo germinado aquele cujo tubo germinativo era superior ou igual em duas vezes o diâmetro do uredosporo. Em folhas destacadas contabilizou-se também a porcentagem de esporos que formaram apressório.

3.5. Metodologia de Inoculação

Para a inoculação utilizou-se uma suspensão de esporos nas concentrações de 0,5 e 0,4 mg de esporos por ml de água destilada, para os Ensaios 1 e 2, respectivamente. Na concentração de 0,5, determinou-se que cada ml da suspensão continha, aproximadamente, $6,85 \times 10^4$ esporos. A uniformização do inóculo foi obtida mediante agitação da suspensão num agitador magnético, por um tempo de 10 minutos. Durante a inoculação a suspensão também foi continuamente agitada. A inoculação foi realizada, pulverizando-se a superfície inferior de cada folha com a citada suspensão. No Ensaio número 1 foram inoculadas todas as folhas de cada planta, enquanto que no Ensaio número 2 foi inoculada uma folha de cada par de folhas por planta, deixando a outra como testemunha. Para a pulverização da suspensão foi utilizado um pulverizador, construído especificamente para este tipo de inoculação, pela Shop-Lab de São Paulo, segundo as seguintes indicações: 6-7 cm^2 de área a cobrir pelo jato do pulverizador, com gotas uniformemente distribuídas (RUSSELL, 1978) e de tamanho relativamente pequeno (Van Faber, citado por RAYNER, 1972). Este pulverizador foi acionado por um motor elétrico

a uma pressão de 0,35 kg/cm^2.

Com a finalidade de se obter uma distribuição que fosse a mais uniforme possível dos uredosporos na superfície da folha e devido ao baixo volume de vazão do citado pulverizador determinou-se, previamente a inoculação, mediante a utilização de folhas destacadas e lâminas de vidro, que o melhor procedimento era pulverizar cada folha por quatro vezes consecutivas, dirigindo o jato do pulverizador para a linha central de cada metade da folha, a uma distância de 10 cm, num tempo total aproximado de 8 seg/folha. Desta forma, foi obtida uma deposição de aproximadamente 35 esporos/cm^2, contabilizados em uma lâmina de vidro, a qual foi colocada sobre a folha a pulverizar.

A inoculação propriamente dita foi realizada mediante o procedimento já descrito, num ambiente bastante úmido, para evitar a rápida evaporação das gotas da suspensão do inóculo.

Uma vez inoculada cada planta, a superfície superior de todas as folhas foi abundantemente pulverizada com água destilada e imediatamente colocada em uma câmara úmida, com uma umidade relativa constante de 100%. As plantas permaneceram sob estas condições, em ausência de luz, por um período de 48 horas. Ao terminar este período de tempo, deixou-se evaporar o excesso de umidade lentamente e as plantas foram colocadas, ao acaso, sobre um estrado de madei

ra em casa de vegetação, mudando-se de posição periodicamente. Antes de se cumprir o período de incubação, a superfície superior das folhas foi periodicamente pulverizada com água. A partir da data de aparecimento das primeiras lesões, as plantas foram molhadas somente no pé.

3.6. Ensaio Número 1

3.6.1. Tipos de Folhas Selecionadas

a) Folha nova. Folha completamente desenvolvida, que no momento da inoculação ainda conservava levemente o brilho característico das folhas novas.

b) Folha adulta. A folha escolhida foi sempre aquela situada no limite entre o crescimento novo e crescimento antigo, claramente diferenciado no caule, pela coloração verde do primeiro e marrom do segundo.

c) Folha velha. Folha selecionada da parte média do crescimento antigo, diferenciado pela sua coloração marrom, no caule.

A porcentagem de folhas caídas foi avaliada tomando-se em conta a totalidade de folhas inoculadas na planta.

3.6.2. Avaliação de Parâmetros Monocíclicos

Transcorridos quinze dias após a data da inoculação, fizeram-se observações diárias para determinar o aparecimento dos primeiros sintomas. Os seguintes parâmetros monocíclicos foram avaliados:

a) Período de Incubação

É o intervalo de tempo entre a inoculação e o aparecimento dos primeiros sintomas visíveis da doença (PARLEVLIET, 1979). Considerando-se que nem todas as lesões aparecem no mesmo dia (KUSHALAPA e MARTINS, 1980), foi adotada a seguinte metodologia para medir o período de incubação (CADENA e BURITICA, 1981): foram feitos retângulos com janelas de 9, 16 e 25 cm^2 e, tendo como base o tamanho da folha, o retângulo foi colocado sobre a parte central da mesma, contando o número de lesões existentes na superfície exposta. Estas contagens foram realizadas cada 24 horas até que o número de lesões se estabilizasse. Os valores das leituras diárias, transformados em número de lesões/cm^2 de área foliar, possibilitaram a obtenção de um gráfico, relacionado à porcentagem de lesões formadas com o tempo. O período de incubação para cada folha, determinado segundo o citado gráfico, correspondeu ao número de dias, desde a inoculação, em que 50% das lesões eram visíveis, tomando-se como base o número final de lesões formadas (SHANER *et alii*, 1978; MENTEN, 1980).

b) Período de Latência

É o período de tempo transcorrido entre a inoculação e a produção de esporos (PARLEVLIET, 1979). Igualmente neste caso a esporulação não ocorre simultaneamente em todas as lesões. A metodologia seguida para sua medição foi igual àquela empregada no caso de período de incubação, com uso de retângulos de papel para delimitar a área foliar, com a diferença que, em período latente, são contadas somente lesões onde ocorre esporulação.

c) Número Total de Lesões por cm^2 de Área Foliar

Considerou-se o número máximo de lesões por cm^2 de área foliar obtido durante a medição de período de incubação.

d) Número de Lesões com Esporulação por cm^2 de Área Foliar

Considerou-se o número máximo de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, obtido durante a medição de período latente.

e) Porcentagem de Queda Foliar

É a porcentagem de folhas com sintomas da doença que caem num determinado tempo. Foi determinado pela

porcentagem de folhas caídas antes dos cem dias, após a data de inoculação. Cada folha da planta foi numerada de acordo com sua posição no caule e devidamente marcada; além disso, foram feitos desenhos da planta onde era indicada a posição de cada folha. Cada 48 horas fizeram-se observações, marcando no citado desenho a data de desprendimento de cada folha.

3.7. Ensaio Número 2

3.7.1. Tipos de Folha Selecionados

Os tipos de folha selecionados dependeram do parâmetro monocíclico a medir. Para a avaliação de período de incubação, período de latência, número total de lesões e número de lesões com esporulação, foram selecionados três tipos de folhas correspondentes aos três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, contadas a partir do ápice e situadas no caule principal ou num ramo plagiotrópico:

a) Folha em posição 1. Folha que no momento da inoculação conservava lemente o brilho característico de folhas novas.

b) Folha em posição 2. Folha que já tinha perdido completamente o citado brilho.

c) Folha em posição 3. Folha de características bem definidas, como a cor verde mais intensa e brilhante,

e suave ao tato.

Daqui por diante, estas folhas serão referidas como folha em Posição 1, Posição 2 e Posição 3.

Os parâmetros período de latência/folha, período de retenção foliar e porcentagem de queda de folhas foram avaliados na totalidade de folhas inoculadas em cada planta.

Tamanho das lesões e produção de esporos/lesão foram avaliados naquelas folhas que apresentavam lesões bem individualizadas, evitando-se as lesões de folhas novas.

Produção de esporos/cm^2 de área foliar foi avaliado em três posições de folha: folha nova, folha adulta e folha velha, selecionadas, como no Ensaio número 1, da parte superior, média e inferior da planta, respectivamente.

3.7.2. Avaliação de Parâmetros Monocíclicos

a) <u>Período de Incubação</u>

A metodologia para a avaliação deste parâmetro foi igual àquela empregada para período de incubação, no ensaio número 1, parágrafo 3.6.2., utilizando-se retângulos de papel para delimitar a área foliar a ser medida e fazendo-se leituras do número de lesões a cada 24 horas, até sua estabilização.

b) Período de Latência

Como descrito para período de incubação, na metodologia para sua medição usaram-se retângulos de papel para delimitar a área a ser medida. As lesões com esporulação foram contadas a cada 24 horas, até que o número delas estabilizassem.

c) Número Total de Lesões por cm^2 de Área Foliar

Considerou-se o número máximo de lesões por cm^2 de área foliar, obtido durante a medição de período de incubação.

d) Número de Lesões com Esporulação por cm^2 de Área Foliar

Considerou-se o número máximo de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, obtido durante a medição de período de latência.

e) Período de Latência/Folha

Avaliado na totalidade de folhas inoculadas em cada planta. A data de início de esporulação em cada folha foi marcada, e o período de tempo desde a inoculação até a esporulação em 50% das folhas, em que, finalmente, houve esporulação, foi considerado como período latente.

f) Período de Latência/Planta

Avaliado na totalidade de plantas inoculadas em cada cultivar. Correspondeu ao período de tempo entre a inoculação e o início da esporulação em 50% das plantas.

g) Tamanho das Lesões

Para a avaliação deste parêmetro, foram selecionadas lesões bem individualizadas, tomadas ao acaso entre as diferentes folhas de cada planta, evitando-se pegar lesões de folhas novas. Foram feitas duas leituras aos 50 e 72 dias após a data de inoculação.

h) Produção de Esporos

Foi avaliada considerando-se o número de esporos/cm^2 de área foliar e número de esporos/lesão. No primerio caso, como no Ensaio número 1, selecionaram-se três tipos de folha de idade diferente: folha nova, folha adulta e folha velha. Foram coletados os esporos existentes em áreas de 9, 16 ou 25 cm^2, de acordo com o tamanho da folha. Para produção de esporos/lesão foram escolhidas lesões bem individualizadas, tomadas ao acaso entre as diferentes folhas da planta, evitando-se as lesões de folhas novas.

A produção de esporos foi determinada de acordo com a seguinte metodologia: quinze dias, aproximadamente, após cumprido o período de latência, iniciou-se a co-

leta de esporos, fazendo-a a intervalos de sete dias, até que a produção de esporos terminasse. A coleta dos esporos foi feita mediante aspiração a 35 mm de Hg. Para esta aspiração utilizou-se uma bomba de vácio acionada por um pequeno motor elétrico, sendo que os esporos eram captados num tubo de ensaio contendo água destilada. Para cada método, produção de esporos/cm^2 e produção de esporos/lesão, a totalidade de esporos coletada nas diferentes plantas de cada cultivar foi recolhida num só volume de água, sem tomar em conta cada planta individualizada. Para a contagem, a suspensão de esporos foi diluída a um volume de água conhecido, adicionando se água destilada com tween 20, na concentração de duas gotas de tween para cada 100 ml de água. Com a finalidade de se obter uma suspensão homogênea, utilizou-se um agitador magnético durante o período de leitura. Os esporos foram contados com a ajuda de uma lâmina de Neubauer ou hemocitômetro. O dado final correspondeu à média de dez leituras.

i) Período de Retenção Foliar

Medido como o tempo transcorrido entre a data de esporulação em cada folha até a data de desprendimento da mesma.

j) Porcentagem de Queda Foliar

Este parâmetro foi medido segundo a metodologia descrita no parágrafo 3.6.2. Foi determinado pela por-

centagem de folhas caídas antes dos setenta dias após a data de inoculação.

3.8. Análise Estatística

O delineamento, para a análise estatística, dependeu do parâmetro em estudo.

Os parâmetros período de incubação do ensaio número 1, número total de lesões e número de lesões com esporulação, dos ensaios 1 e 2, foram analisados através do modelo matemático de um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, onde nas parcelas foram colocados os cultivares e, nas subparcelas, as idades ou posições de folha.

Para os parâmetros período de incubação do ensaio número 2 e período de latência, dos dois ensaios, devido à ocorrência de folhas inoculadas que não manifestaram lesões e folhas com lesões que não manifestaram esporulação, foi aplicado o teste de x^2, com dois graus de liberdade, para se verificar se a manifestação ou não de lesões e a ocorrência ou não de esporulação estava associada a posições de folha e a cultivares. Caso a independência desses fosse comprovada, os parâmetros período de incubação do ensaio 1 e período de latência, seriam analisados através de um delineamento inteiramente casualizado com número de repetições dife

rente, analisando-se os cultivares dentro de cada idade ou posição de folha, considerando-se, *a priori*, que as plantas não diferem entre si.

Os parâmetros porcentagem de queda foliar, período de retenção foliar, tamanho das lesões e período de latência por folha foram analisados considerando-se um delineamento em blocos ao acaso.

4. RESULTADOS

4.1. Germinação dos Esporos

No Ensaio número 1, a porcentagem de germinação dos uredosporos foi de 23%, medida somente em lâminas de vidro.

No Ensaio número 2 a porcentagem de germinação em lâminas de vidro foi de 23,9%. Em folhas destacadas a porcentagem de esporos germinados foi de 37,5%, dos quais 70% formaram apressório.

4.2. Evolução da Enfermidade

Os primeiros sintomas da doença foram lesões de cor amarelo pálido, de aproximadamente 1 mm de diâmetro, uniformemente distribuídas em toda a face inferior da folha inoculada (Figura 1). No cultivar Catuaí estas lesões eram geral

mente mais definidas. As lesões foram aumentando em número por um período de, aproximadamente, dez dias. Dois ou três dias antes de finalizar este período, iniciou-se a esporulação do fungo no centro das lesões. Nas plantas do cultivar Harar a esporulação começou mais cedo. O número de dias necessário para se estabilizar o número de lesões com esporulação foi de, aproximadamente, oito. As lesões, em princípio bem individualizadas, foram aumentando gradativamente em tamanho, até coalescer e cobrir grande parte da superfície foliar.

No Ensaio número 2, as folhas novas apresentaram numerosas lesões necróticas ou lesões dos índices 2, 3 e 4 da escala desenvolvida por ESKES e TOMA-BRAGHINI (1981), para tipos de reação à ferrugem do cafeeiro. Nas folhas adultas e velhas os tipos de reação foram dos índices 6, 7 e 9, da citada escala.

Em cada ramo lateral ou plagiotrópico, a sintomatologia das diferentes folhas (novas, adultas e velhas), seguiu o mesmo comportamento que aquele da planta completa (Figura 2).

No Ensaio número 1, as folhas doentes começaram a cair 65 dias após a data de inoculação e o processo desenvolveu-se como mostra a Figura 4. No Ensaio número 2 a

queda de folhas iniciou-se mais cedo, 40 dias após a data de inoculação (Figura 5) e sempre foi precedida de um amarelecimento da folha, ficando cada lesão rodeada de um halo de cor verde (Figura 3).

4.3. Comportamento dos Cultivares e Influência da posição da Folha em Relação aos Parâmetros Monocíclicos

4.3.1. Ensaio Número 1

a) Período de Incubação

Os três cultivares em estudo não diferiram para período de incubação (Tabela 1). A análise da variância revelou efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidades para a influência da idade da folha sobre o período de incubação (Apêndice 1), sendo este maior nas folhas velhas em relação às folhas novas, para os três cultivares (Tabela 1), segundo o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidades. A interação entre cultivares e idade da folha foi não significativa.

O coeficiente de variação foi baixo e similar para cultivares e idade da folha (Tabela 1).

b) Período de latência

O teste de x^2 foi não significativo ao nível de 3% e 1% de probabilidades, indicando que o comportamento

ura 1. Sintomas iniciais de ferrugem em folhas de *Coffea arabica* inoculadas com *Hemileia vastatrix*

Figura 2. Comportamento da ferrugem do cafeeiro *(Hemileia vastatrix)* segundo o tipo de folha

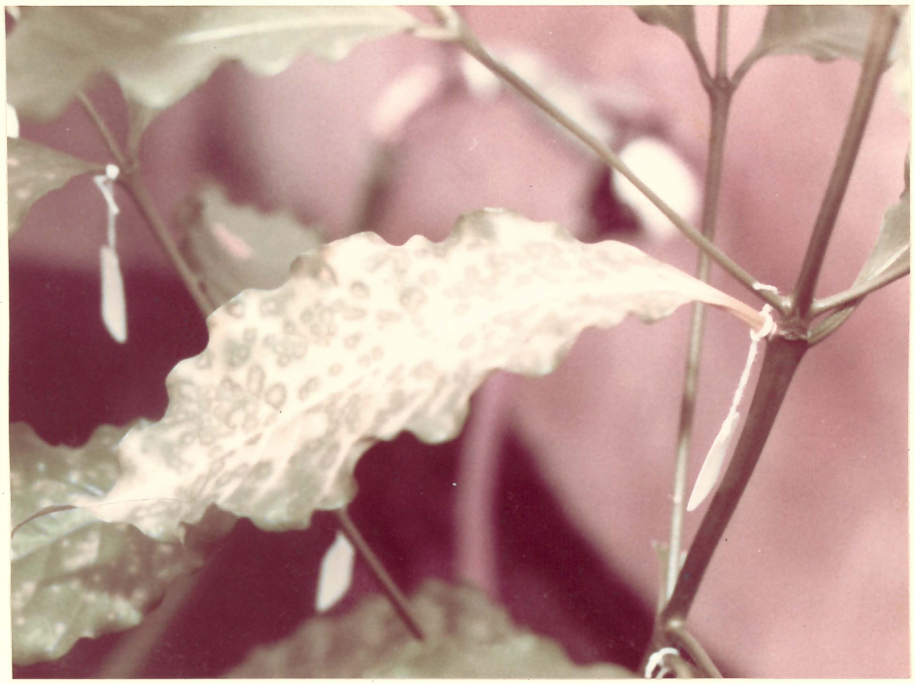

Figura 3. Amarelecimento que precedeu à quéda de folhas inoculadas com ferrugem do cafeeiro

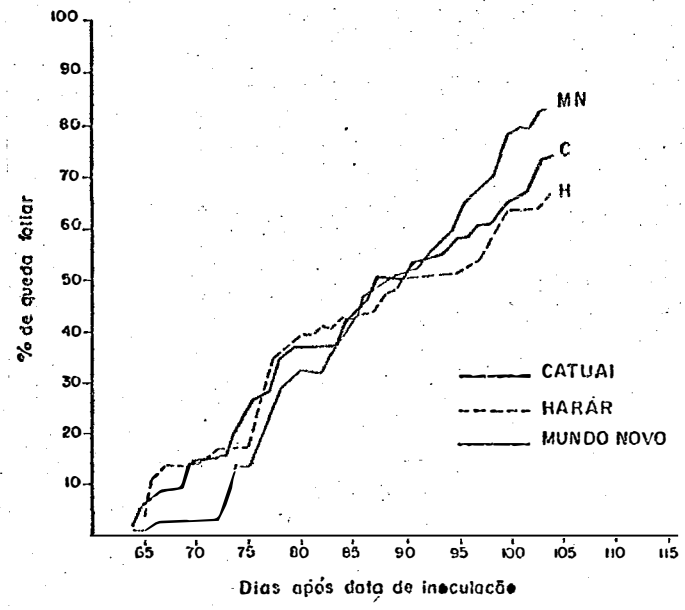

Figura 4 - Ensaio número 1. Evolução da queda de folhas doentes em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

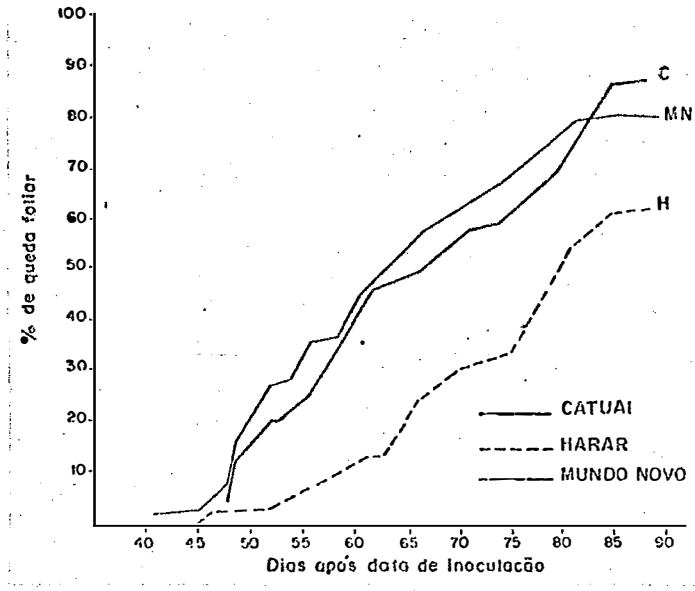

Figura 5 - Ensaio número 2. Evolução da queda de folhas doentes em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Tabela 1 - Ensaio número 1. Período de incubação (dias após a inoculação para ocorrência de 50% das lesões) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Idade da folha*			Média Culti-vares	CV (%) Idade Folha
	Nova	Adulta	Velha		
Mundo Novo	25,0	25,5	26,0	25,5A	
Catuaí	24,4	25,0	26,0	25,1A	
Harar	24,1	24,7	25,1	24,6A	
Média	24,5b	25,1ab	25,7a		2,11
CV (%) cultivar				2,65	

* Folha nova: folha totalmente desenvolvida, levemente brilhante.

Folha adulta: folha situada no meio da planta, no limite do crescimento antigo e crescimento novo, diferenciado no caule pela sua diferente coloração.

Folha velha: folha situada no crescimento antigo do caule, na parte inferior da planta.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada idade de folha pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidades pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x}$.

de lesões sem esporulação e lesões com esporulação independe do cultivar e da idade da folha utilizada.

A análise da variância dos dados de período de latência para diferenciar cultivares, dentro de cada idade de folha, deu diferenças não significativas (Apêndice 2, Tabela 2). No entanto, ao aplicar o teste Tukey para um nível de 5% de probabilidades, houve diferenças significativas entre os cultivares Mundo Novo e Harar, quando o período de latência é analisado em folhas adultas. Para o efeito da idade da folha sobre o período de latência em cada cultivar, a análise de variância determinou diferenças não significativas (Apêndice 3). Ao fazer o quadro de comparação de médias, o período de latência resultou ser maior nas folhas novas, com relação àquele apresentado por folhas adultas, no caso do cultivar Catuaí (Tabela 2).

c) Número Total de Lesões por cm^2 de Área Foliar

A análise de variância revelou diferenças não significativas entre cultivares (Apêndice 4, Tabela 3). Determinou-se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidades para o efeito da idade da folha e a interação cultivar-idade da folha (Apêndice 4).

Aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidades, para o efeito de idade da folha, nos três cultivares, detectou-se comportamento diferente entre as folhas adultas e novas, com relação ao número total de lesões,

Tabela 2 - Ensaio número 1. Período de latência (dias após a inoculação para ocorrência de 50% das lesões com esporulação) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Idade da folha*			Média Cultivares	CV(%) Idade folha
	Nova	Adulta	Velha		
Mundo Novo	37,2aA	36,4aA	36,2aA	36,6A	7,4
Catuaí	37,6aA	35,0bAB	35,6abA	36,1A	5,7
Harar	34,0aA	34,0aB	34,3aA	34,1A	6,2
Média Idade folha	36,3a	35,1a	35,4a		
CV (%) cultivares	3,8	2,4	3,2		

* Folha nova 1: folha totalmente desenvolvida, levemente brilhante.
Folha adulta 2: folha situada no meio da planta, no limite entre crescimento antigo e o crescimento novo, diferenciado no caule, pela sua diferente coloração.
Folha velha 3: folha situada no crescimento antigo do caule, na parte inferior da planta.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada idade de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

sendo maior este nas folhas adultas (Tabela 3) com respeito às folhas novas.

Para o desdobramento envolvendo cultivares e idade de folhas (Apêndice 4) determinou-se diferenças significativas ao nível de 1% para o efeito de idade da folha dentro do cultivar Harar. Segundo o teste de Tukey, para 5% de probabilidades neste cultivar, as folhas novas têm comportamento diferente às folhas adultas e velhas, com menor número de lesões (Tabela 3).

Na interação de cultivares com cada idade de folhas (Apêndice 4), detectou-se diferenças entre cultivares para as folhas novas e velhas, ao nível de 1% e 5% de probabilidades, respectivamente.

Na folha nova, o cultivar Harar comportou-se de forma diferente em relação aos cultivares Mundo Novo e Catuaí, com menor número de lesões/cm^2. Na folha velha, Harar foi diferente do cultivar Mundo Novo, com maior número de lesões, segundo o teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidades.

Número de Lesões com Esporulação por cm^2 e Área Foliar

A análise de variância revelou diferenças não significativas entre cultivares (Apêndice 5, Tabela 4). Determinou-se diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidades para o efeito da idade da folha e a interação cultivar idade da folha (Apêndice 5).

Aplicado o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidades, para o efeito da idade da folha, nos três cul-

Tabela 3 - Ensaio número 1. Número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Idade da folha*			Média Culti-vares	CV(%) Posição Folha
	Nova	Adulta	Velha		
Mundo Novo	2,44A	3,57A	1,93A	2,65A	
Catuaí	3,71A	4,72A	2,82AB	3,75A	
Harar	0,37bB	3,48aA	4,47aB	2,77A	
Média Idade Folha	2,17b	3,92a	3,07ab		20,03
CV (%) Cultivares				19,78	

* Folha nova 1: folha totalmente desenvolvida, levemente brilhante.
Folha adulta 2: folha situada no meio da planta, no limite entre o crescimento antigo e o crescimento novo, diferenciado no caule pela sua diferente coloração.

Folha velha 3: folha situada no crescimento antigo do caule, na parte inferior da planta.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada idade de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x + 1}$.

Tabela 4 - Ensaio número 1. Número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Idade da folha*			Média Cultivares	CV (%) Idade folha
	Nova	Adulta	Velha		
Mundo Novo	1,78A	2,28A	1,25B	1,77A	
Catuaí	2,75abA	3,30aA	1,73bAB	2,59A	
Harar	0,27bB	2,48aA	2,83aA	1,86A	
Média Idade Folha	1,6 b	2,69a	1,94ab		16,49
CV (%) Cultivares				20,91	

* Folha nova : folha totalmente desenvolvida.

Folha adulta : folha situada no meio da planta, no limite entre o crescimento antigo e o crescimento novo, diferenciado no caule pela sua diferente coloração.

Folha velha 3: folha situada no crescimento antigo do caule, na parte inferior da planta.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada idade de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

tivares, detectou-se comportamento diferente entre as folhas adultas e novas.

Para efeito da idade da folha dentro de cada cultivar (Apêndice 5) houve diferenças significativas ao nível de 5% e 1% de probabilidades, para os cultivares Catuaí e Harar, respectivamente.

Segundo o teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidades, dentro do cultivar Catuaí, as folhas adultas e velhas comportaram-se de forma diferente em relação ao número de lesões com esporulação por cm^2. No cultivar Harar, a folha nova foi diferente das folhas adultas e velhas (Tabela 4). Na interação de cultivares com cada idade de folha (Apêndice 5), determinou-se diferenças entre cultivares dentro das folhas novas e dentro das folhas velhas, ao nível de 1% e 5% de probabilidades, respectivamente. Aplicado o teste de Tukey para 5% de probabilidades determinou-se que quando o número de lesões com esporulação é analisado nas folhas novas, o cultivar Harar difere dos cultivares Mundo Novo e Catuaí. Se o parâmetro citado é avaliado nas folhas velhas, o cultivar Harar difere do cultivar Mundo Novo, sendo similar ao cultivar Catuaí, quanto ao seu comportamento para o número de lesões com esporulação.

e) Porcentagem de Queda Foliar

A análise de variância dos dados de porcentagem de folhas caídas até os 100 dias, após a data de inoculação, revelou diferenças não significativas entre cultivares (Apêndice 6, Tabela 5).

Na Tabela 5 apresenta-se um resumo dos parâmetros avaliados no ensaio número 1, indicando as médias para cada cultivar, dos parâmetros período de incubação, período de latência, porcentagem de queda foliar, número total de lesões e número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar.

Tabela 5 - Ensaio número 1. Parâmetros monocíclicos da resistência de três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Período de incubação (dias)	Período de latência (dias)	Nº total de lesões (cm^2/folha)	Nº de lesões com esporulação (cm^2/folha)	% Queda foliar
Mundo Novo	25,5a	36,6a	2,65a	1,77a	81,6a
Catuaí	25,1a	36,1a	3,75a	2,59a	77,4a
Harar	24,6a	34,1a	2,77a	1,86a	71,8a
C.V. (%)	2,66		19,78	20,1	27,08

Transformações de dados para análise estatística: $\sqrt{x}$ para Período de incubação; $\sqrt{x + 1}$ para Número total de lesões; $\sqrt{X + 0,5}$ para Número de Lesões com Esporulação e arc sen $\sqrt{\frac{x}{100}}$ para Porcentagem de Queda Foliar.

Média de cada cultivar, seguidas pela mesma letra minúscula não diferem ao nível de 5% de probabilidades pelo teste de F.

4.3.2. Ensaio Número 2

a) Período de Incubação

O teste x^2 foi não significativo ao nível de 3% e 1% de probabilidade, indicando que o comportamento de folhas que manifestaram lesões e folhas que não manifestaram lesões, após a inoculação com *Hemileia*, independe do cultivar e da posição de folha utilizada.

A análise de variância dos dados de período de incubação para os três cultivares, dentro de cada posição de folha, deu diferenças não significativas entre cultivares quando analisados na posição 1. Quando analisados nas posições 2 e 3, revelou diferenças ao nível de 5% e 1% de probabilidades, respectivamente (Apêndice 7). Aplicado o teste de Tukey, para determinar que cultivares diferiam dentro de cada posição de folha, encontrou-se que, na posição 1 existiam diferenças significativas entre os cultivares Catuaí e Harar, enquanto que na posição 2, os cultivares que diferiram foram Mundo Novo e Catuaí. Quando analisada a folha em posição 3, determinou-se diferenças altamente significativas do cultivar Catuaí com relação aos cultivares Harar e Mundo Novo.

Para efeito de posição da folha sobre o período de incubação em cada cultivar, a análise de variância revelou diferenças não significativas para os cultivares Mundo Novo e Catuaí. Para o cultivar Harar, determinou diferenças significativas ao nível de 5% (Apêndice 8). Neste culti-

var, o teste Tukey determinou diferenças altamente significativas entre as folhas de posição 3 e 2, como se indica na Tabela 6.

Tabela 6. Ensaio número 2. Período de Incubação (dias após a inoculação para ocorrência de 50% de lesões) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três posições diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Posição da folha 1/			Médias Cultivar	CV (%) Cultivar
	1	2	3		
Mundo Novo	20,0aAB	20,9aA	22,5aA	21,1	22,9
Catuaí	18,aB	19,0aB	19,7aB	19,2	4,68
Harar	21,4abA	19,9bAB	23,9aA	21,7	11,70
Médias Posição	20,1	19,9	22,0		
CV (%) Posição	4,87	3,12	3,86		

1/ Três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, contadas a partir do ápice da planta.

Posição 1. Folha com leve brilho característico de folhas novas.
Posição 2. Folha que já tinha perdido completamente o citado brilho.
Posição 3. Folha de cor verde mais intensa e de maior espessura.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada posição de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidades pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística da diferenciação de cultivares dentro de cada posição, os dados foram transformados em $\sqrt{x}$.

b) Período de Latência

O teste x^2 revelou diferenças não significativas ao nível de 3% e 1% de probabilidades, indicando que o comportamento de lesões com e sem esporulação independe do cultivar e da posição da folha utilizada.

A análise de variância para determinar diferenças no período de latência dos três cultivares, segundo a posição da folha, revelou diferenças não significativas entre eles (Apêndice 9). No entanto, ao aplicar o teste de Tukey, para um nível de 5% de probabilidade, houve diferenças significativas entre os cultivares Catuaí e Harar, quando o parâmetro é avaliado na folha em posição 1 (Tabela 7).

c) Número Total de Lesões por cm^2 de Área Foliar

A análise de variância para os dados de número total de lesões por cm^2 de área foliar revelou diferenças não significativas entre cultivares (Apêndice 10, Tabela 8). A posição da folha dentro da planta afetou significativamente o número total de lesões nos três cultivares. A interação entre cultivares e posição de folha deu diferenças não significativas.

Aplicado o teste de Tukey, para efeito de posição de folha, a um nível de 5% de probabilidade, determinou-se que a folha em posição 3 manifestou significativamente menor número de lesões, em relação às folhas em posi-

ção 1 e 2 (Tabela 8).

Tabela 7. Ensaio número 2. Período de latência (dias após a inoculação para a ocorrência de 50% de lesões com esporulação) manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três posições diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Posição da folha 1/			Médias	CV (%)
	1	2	3	Cultivar	Cultivar
Mundo Novo	28,7AB	28,8A	30,0A	29,2	3,89
Catuaí	29,4A	28,0A	28,6A	28,7	2,28
Harar	28,5B	29,5A	28,9A	29,0	2,80
Médias Posição	28,9	28,8	29,2		

1/ Três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, contadas a partir do ápice da planta.

Posição 1: folha com leve brilho, característico de folhas novas.
Posição 2: folha que já tinha perdido completamente o citado brilho.
Posição 3: Folha de cor verde mais intensa e de maior espessura.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem a um nível de 5% de probabilidades, segundo o teste Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x}$.

Tabela 8. Ensaio número 2. Número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Posição da folha 1/			Médias Cultivar	CV (%) Cultivar
	1	2	3		
Mundo Novo	3,52	2,33	1,24	2,36A	
Catuaí	1,44	2,43	1,80	1,89A	
Harar	3,57	2,86	0,84	2,42A	
Médias Posição	2,84a	2,54a	1,29b		36,2
CV (%) Cultivar				35,2	

1/ Três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, contadas a partir do ápice da planta.

Posição 1: folha com leve brilho característico de folhas novas.
Posição 2: folha que já tinha perdido completamente o citado brilho.
Posição 3: folha de cor verde mais intensa e de maior espessura.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula, e de cada posição de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

d) Número de Lesões com Esporulação por cm^2 de Área Foliar

A análise de variância revelou diferenças não significativas entre cultivares, em relação a este parâmetro (Apêndice 11, Tabela 9).

Para efeito da posição da folha no número de lesões com esporulação encontra-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade. A interação cultivares-posição da folha não mostrou diferença significativa (Apêndice 11).

Aplicado o teste Tukey, para um nível de 5% de probabilidade, determinou-se que a folha em posição 3 diferiu significativamente daquelas da posição 1 e 2 quanto ao número de lesões com esporulação nos três cultivares (Tabela 9).

e) Período de Latência/Folha

A análise de variância dos dados referentes ao número de dias, desde a inoculação, necessários para o início da esporulação em 50% das folhas em que, finalmente, houve esporulação, revelou diferenças significativas entre cultivares, para um nível de 5% de probabilidade (Apêndice 12).

Aplicado o teste de Tukey, para um nível de 5% de probabilidade, determinou-se que o cultivar Harar

Tabela 9. Ensaio número 2. Número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemilea vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta.

Cultivar	Posição da folha 1/			Média Cultivar	CV (%) Cultivar
	1	2	3		
Mundo Novo	0,58	0,38	0,21	0,39A	
Catuaí	0,69	0,55	0,37	0,54A	
Harar	0,90	0,90	0,08	0,63A	
Médias Posição	0,72a	0,61a	0,22b		29,1
CV (%) Cultivar				31,4	

1/ Três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, contadas a partir do ápice da planta.

Posição 1: folha com leve brilho característico de folhas novas.
Posição 2: folha que já tinha perdido completamente o citado brilho.
Posição 3: folha de cor verde mais intensa e de maior espessura.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra maiúscula e de cada posição de folha seguida pela mesma letra minúscula, não diferem ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para a análise estatística os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

difere significativamente do cultivar Mundo Novo, em relação a este parâmetro (Tabela 10), sendo seu comportamento similar ao Catuaí.

f) Porcentagem de queda foliar

A análise de variação dos dados de folhas caídas até os 70 dias, após a data de inoculação, revelou diferencas significativas entre cultivares, ao nível de 1% de probabilidade (Apêndice 13).

O teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, determinou diferenças significativas entre os cultivares Harar e Mundo Novo, em relação a este parâmetro, tendo o cultivar Harar comportamento similar ao cultivar Catuaí (Tabela 10).

g) Período de retenção foliar

A análise de variância indicou diferenças entre cultivares em relação a este parâmetro, a um nível de 1% de probabilidade (Apêndice 14).

Aplicando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, determinou-se que o cultivar Harar difere significativamente dos cultivares Mundo Novo e Catuaí (Tabela 10).

O período de retenção foi diferente para cada folha da planta. No gráfico 6 e apêndice 15 são mostradas as va

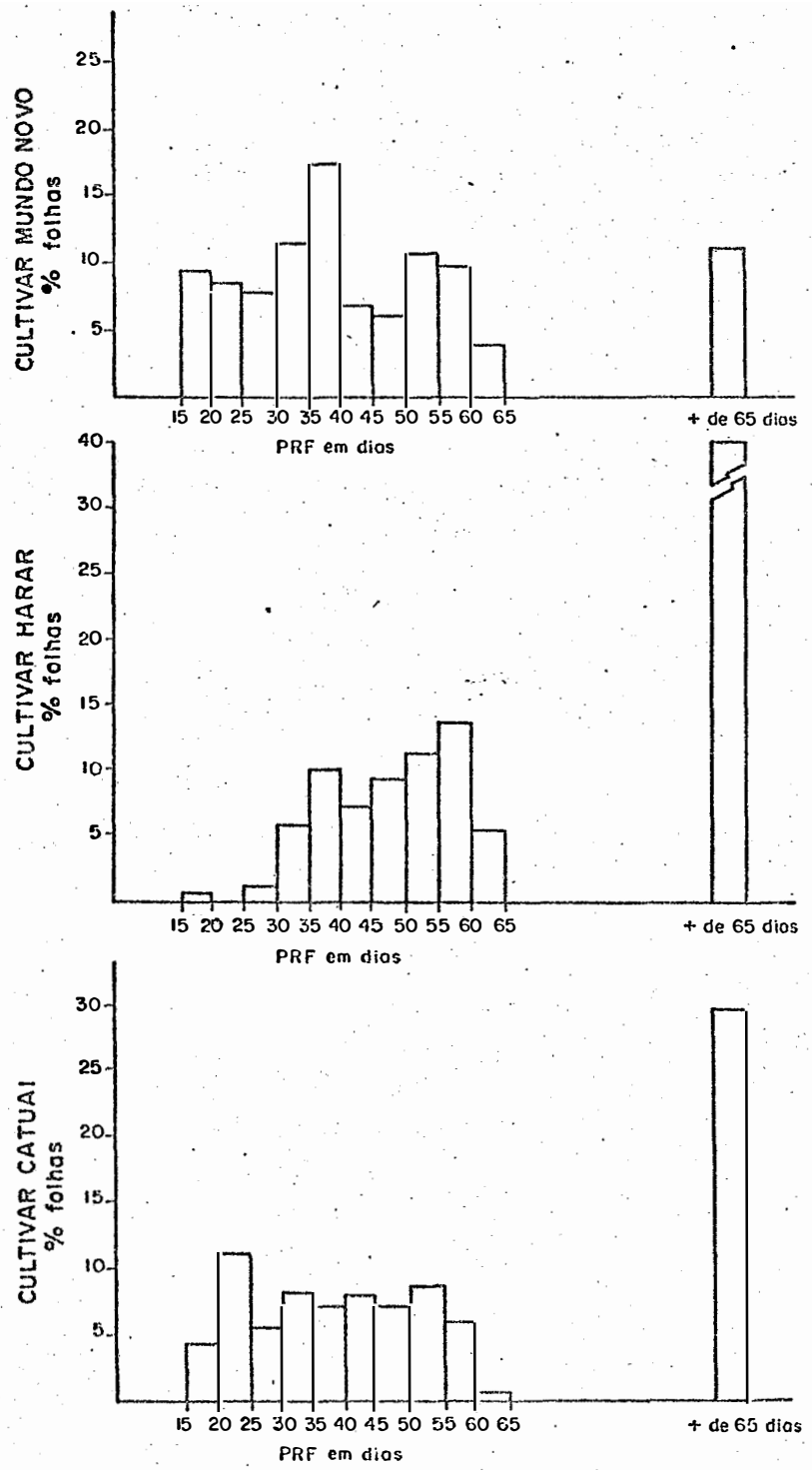

Figura 6 - Variações do Período de Retenção Foliar (PRF) em relação às diferentes folhas de três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculadas com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

riações de período de retenção, em relação às diferentes folhas da planta, apresentadas como porcentagem.

h) Tamanho das lesões

Na Tabela 10, são apresentados os valores médios dos dados de tamanho de lesões, obtidos em duas leituras realizadas aos 50 e 72 dias após a data de inoculação. A análise de variância (Apêndices 16 e 17) revelou diferenças altamente significativas entre cultivares.

Ao aplicar o teste de Tukey, na leitura I, o cultivar Harar diferiu significativamente, ao nível de 5% de probabilidade do Mundo Novo e ao nível de 1% do Catuaí, sendo que Mundo Novo e Catuaí não diferiram entre si. Na leitura II, o cultivar Catuaí diferiu significativamente ao nível de 1% de probabilidades dos cultivares Harar e Mundo Novo.

i) Produção de esporos

Nas Tabelas 11 e 12, apresentam-se os dados de produção de esporos por lesão e por cm^2 de área foliar, respectivamente.

Na Tabela 11, observa-se uma maior produção de esporos no cultivar Harar, em relação aos cultivares Mundo Novo e Catuaí, enquanto que, na Tabela 12, a maior produção de esporos manifesta-se no cultivar Catuaí, em comparação

com os cultivares Mundo Novo e Harar.

Com relação ao efeito da posição da folha sobre a produção de esporos por cm^2 de área foliar, observa-se uma menor produção de esporos na folha em posição 1, em comparação com as folhas em posição 2 e 3, para os três cultivares (Tabela 12).

j) Período de latência/planta

Na Tabela 13 apresentam-se os dados de período de latência por planta. Pode-se observar que, quando o início da esporulação é avaliado na totalidade das plantas inoculadas de cada cultivar, esta se manifesta primeiramente no cultivar Harar, em relação aos cultivares Mundo Novo e Catuaí.

Na Tabela 14 apresenta-se um resumo dos parâmetros avaliados no Ensaio número 2, indicando as médias para cada um deles e a diferenciação entre cultivares pelo teste de Tukey, quando aplicada análise estatística

Tabela 10. Ensaio número 2. Período de latência/folha, porcentagem de queda foliar, período de retenção foliar e tamanho das lesões, em três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Período latência/folha	% queda foliar	Período de retenção foliar	Tamanho lesões (mm^2)	
				Leitura I[1]	Leitura II
Mundo Novo	25,8a	57,7a	38,7b	17,03b	62,56a
Catuaí	24,9ab	49,1ab	39,6b	13,83b	30,65b
Harar	24,5b	26,9b	48,9a	21,51a	67,04a
CV (%)	1,85	30,4	7,1	17,24	13,67

1 Leituras I e II realizadas aos 50 e 72 dias, respectivamente, após a data de inoculação.

Para a análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x}$ no caso de Período de latência/folha e Período de retenção foliar e, em arc sen $\sqrt{\frac{X}{100}}$ para porcentagem de queda foliar.

Médias de cada cultivar seguidas pela mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidades, pelo teste Tukey.

Tabela 11. Ensaio número 2. Produção de esporos/lesão manifestada em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Produção de esporos*
Mundo Novo	30.000
Catuaí	35.000
Harar	54.000

* Corresponde à quantidade total de esporos produzidos por lesão em cada cultivar, sem tomar em conta cada planta individualmente. Medido em cinco contagens, feitas a intervalos de uma semana.

Tabela 12. Ensaio número 2. Produção de esporos/cm^2 de área foliar inoculada manifestada em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., medida em três idades diferentes de folha[1/], por planta.

Cultivar	Produção de esporos[2/]			
	Folha nova	Folha adulta	Folha velha	Média
Mundo Novo	11.000	86.000	146.000	81.000
Catuaí	5.000	358.000	216.000	193.000
Harar	23.000	206.000	184.000	138.000

1/ Folha nova. Folha nova totalmente desenvolvida. Folha adulta. Folha situada no meio da planta, no limite entre o crescimento antigo e o crescimento novo, diferenciado no caule pela sua diferente coloração. Folha velha. Folha situada na parte inferior da planta.

2/ Corresponde à quantidade total de esporos produzidos por cm^2 de área foliar em cada cultivar, sem tomar em conta cada planta individualmente. Medido em quatro contagens, feitas a intervalos de uma semana.

Tabela 13. Período de latência/planta, manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Período de latência1/ (dias)
Mundo Novo	22,9
Catuaí	22,6
Harar	20,3

1/ Dias após a inoculação para a ocorrência de esporulação em 50% das plantas inoculadas.

Tabela 14 - Ensaio número 2. Componentes monocíclicos da resistência de três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Componentes da Resistência 1/											
	PI (dias)	PL (dias)	PL/folha (dias)	PL/planta (dias)	NTL/ cm^2	NLE/ cm^2	Pe/cm^2	Pe/ lesão	PRF (dias)	% QF	Tamanho lesões (mm^2) 2/ I	Tamanho lesões (mm^2) 2/ II
Mundo Novo	21,1	29,2a	25,8a	22,9	2,36a	0,39a	$8,1x10^4$	$3,0x10^4$	38,7b	57,7a	17,03b	62,56a
Catuaí	19,2	28,7a	24,9ab	22,6	1,89a	0,54a	$19,3x10^4$	$3,5x10^4$	39,6b	49,1ab	13,83b	30,65b
Harar	21,7	29,0a	24,5b	20,3	2,42a	0,63a	$13,8x10^4$	$5,4x10^4$	48,9a	26,9b	21,51a	67,04a
C.V. (%)	-	-	1,85	-	35,24	31,4	-		7,1	30,4	17,24	13,67

1/ PI: Período de incubação; PL: Período de latência (esporulação 50% das lesões); PL/folha: Período de latência (esporulação 50% das folhas); PL/planta: Período de latência (esporulação 50% das plantas); NTL: Número total de lesões por cm^2 de área foliar); NLE: Número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar; Pe/cm^2: Produção de esporos por cm^2 de área foliar; Pe/lesão: Produção de esporos por lesão; PRF: Período de retenção foliar; % QF: porcentagem de folhas com doença, que caíram aos 70 dias após inoculação.

2/ Leituras I e II, realizadas aos 50 e 72 dias, respectivamente, após a data de inoculação.

Médias entre vultivares seguidas pela mesma letra não diferem ao nível de 5% de probabilidades pelo Teste de Tukey.

5. DISCUSSÃO

5.1. Evolução da enfermidade

A metodologia utilizada para a inoculação mostrou ser adequada para os fins do presente trabalho. Cada folha foi submetida, aproximadamente, à mesma quantidade de inóculo, o qual foi distribuído uniformemente em toda a sua superfície, condições estas indispensáveis na avaliação do nível de resistência a patógenos (RUSSELL, 1978).

ESKES e TOMA-BRAGHINI (1982) determinaram que a idade da folha não afetava sensivelmente o tipo de reação à ferrugem, nos cultivares Mundo Novo e Catuaí. No entanto, no Ensaio número 2, foi observado, em folhas novas de todos os cultivares, tipos de reação consistindo em pequenos pontos necróticos ou amarelados com tumefações e pouca ou nenhuma esporulação, diferentes dos tipos de

reação manifestados pelas folhas adultas e velhas, que apresentaram a esporulação normal de cultivares suscetíveis à ferrugem (ESKES e TOMA-BRAGHINI, 1981).

ESKES (1983), avaliando o efeito da intensidade de luz sobre a resistência incompleta de plantas de cafeeiro à *H. vastatrix*, encontrou que em intensidades de luz de 100% (2.200 Jcm^{-2}) a maioria das lesões necrosou antes do início da esporulação. Este efeito da luz foi relacionado com as temperaturas alcançadas pelas folhas. Por outro lado, MÔNACO *et alii* (1973) relataram uma inibição do crescimento e esporulação das lesões, quando plantas que apresentavam sintomas iniciais da doença foram submetidas a temperaturas de 40°C, por 4 horas/dia, durante 5 dias sucessivos.

Nos meses de janeiro e fevereiro, segundo os dados fornecidos pelo Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP, ocorreram vários períodos de 4 e 5 dias, com temperaturas máximas de 34 a 36°C. Nas condições de casa de vegetação onde foram realizados os ensaios, para esse período a temperatura foi mais alta que a temperatura exterior, atingindo valores de até 39 e 40°C. Durante estes meses deveria ter-se iniciado e continuado, a esporulação ativa do fungo, em todas as folhas inoculadas em cada planta, no ensaio 2. Esta influência de altas temperaturas pode explicar a ocorrência desses baixos índices de tipo de reação, obtidos nas folhas novas. As folhas adultas e velhas, apesar da separação proporcionada às plantas, a fim de se dar condições similares para a colonização do fungo em todas as folhas, estão mais protegidas do efeito direto da luz e tem-

peratura, em relação às folhas novas.

No Ensaio número 1, realizado sob condições de temperatura mais amena, apropriada para o desenvolvimento da enfermidade, não foram observadas variações nos tipos de reação de folhas novas, em relação ao resto de folhas da planta, nos três cultivares.

5.2. Componentes monocíclicos da resistência e o efeito da idade da folha na sua avaliação

a) Período de incubação

Este parâmetro tem sido pouco analisado para estudos de resistência no complexo *Coffea-H.vastatrix*, possivelmente devido a que, de maneira geral, considera-se amplamente correlacionado com período de latência (PARLEVLIET, 1979).

No presente trabalho, o comportamento dos cultivares Mundo Novo, Catuaí e Harar, em relação a período de incubação, variou dependendo do grupo de folhas selecionado para sua determinação. Quando o grupo de folhas selecionado foi de folhas novas, adultas e velhas (Ensaio número 1) situadas, respectivamente, na parte superior, média e inferior da planta, não houve diferenças significativas para o período de

incubação entre cultivares. No entanto, pode-se observar na Tabela 1, que o período de incubação do cultivar Harar sempre foi ligeiramente inferior, em relação àquele dos cultivares Mundo Novo e Catuaí. Este resultado concorda parcialmente com os resultados obtidos por ESKES (1978) que, trabalhando com discos de folhas dos cultivares Harar e Mundo Novo, relatou que o período de incubação do Harar era consistentemente inferior àquele de Mundo Novo, e que esta diferença era maior no inverno que no verão.

Por outro lado, quando o grupo de folhas avaliadas, para período de incubação, foram os três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas (Tabela 6 - Ensaio número 2) contadas a partir do ápice da planta, os resultados coincidem com os obtidos por MORAES *et alii* (1976). Estes autores, avaliando o período de incubação no primeiro par de folhas completamente desenvolvidas, determinaram que o cultivar Catuaí apresentava período de incubação substancialmente inferior, ao redor de 7-8 dias de diferença, em relação aos cultivares Mundo Novo e Harar, que não diferiram entre si. As diferenças obtidas no Ensaio número 2 do presente estudo não são tão marcantes como as obtidas por MORAES *et alii* (1976), mas coincidem ao diferenciar o cultivar Catuaí dos cultivares Mundo Novo e Harar.

Esta inconsistência de comportamento do pe-

ríodo de incubação em *Coffea arabica* já foi relatada por outros autores (RIBEIRO, 1978 e BERGAMIN FILHO, 1983) e confirmada por ESKES (1983) e no presente ensaio. Isto pode ser um indicativo da pouca importância deste parâmetro para diferenciar cultivares de *C. arabica* quanto a seu nível de resistência a *H. vastatrix*.

b) Período de Latência

De modo similar ao período de incubação, o comportamento dos cultivares em relação ao seu período de latência também diferiu em função do tipo de folhas avaliado. Quando o grupo de folhas avaliadas foi o de folhas novas, adultas e velhas (Ensaio número 1), o período de latência do cultivar Harar foi consistentemente inferior àquele de Mundo Novo e Catuaí (Tabela 2), sendo significativamente diferente de Mundo Novo, quando analisado em folha adulta. No Ensaio Número 2, quando analisado nos três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas, houve diferenças significativas entre cultivares mas, desta vez, os cultivares Harar e Catuaí diferem quando o período de latência é analisado na folha em Posição 1, com menor período de latência em Harar (Tabela 7).

c) Número de Lesões

Segundo os resultados obtidos na análise de variância, os três cultivares em estudo não diferem quanto ao

número total de lesões e lesões com esporulação por cm^2 de área foliar. No entanto, ao analisar os valores médios para cultivares obtidos no Ensaio número 1 (Tabelas 3 e 4) observa-se um maior número de lesões no cultivar Catuaí, em relação à Mundo Novo e Harar, resultado que coincide com os dados obtidos por SCALI *et alii* (1974) que determinaram maior número de lesões em Catuaí, em relação ao cultivar Harar e por ESKES (1983), com a linhagem H2077-2-5-81, de Catuaí. O mesmo autor determinou que outras duas linhagens de Catuaí (H2077-2-5-66 e H2077-2-5-99) apresentavam menor número de lesões que Harar, mas não diferindo significativamente deste.

Por outro lado, MORAES *et alii* (1976) determinaram um número de lesões apreciavelmente superior ao cultivar Harar, que diferiu significativamente de Catuaí e Mundo Novo. Os resultados obtidos por estes autores, sempre trabalhando com o primeiro par de folhas completamente desenvolvidas, coincidem, como no caso de período de incubação, com os valores médios de número de lesões, apresentados nas Tabelas 8 e 9, do Ensaio número 2, onde o Harar apresenta os maiores valores, quando são analisados os três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas.

As diferenças não significativas obtidas para este parâmetro, no presente estudo, a falta de consistência nos diferentes resultados, grandemente afetados pelo tipo de folha avaliado principalmente, no cultivar Harar, somado aos altos valores de coeficiente de variação relatados neste trabalho e por outros autores (ESKES, 1983), podem ser um indicativo de pouco valor da determinação de número de lesões, para quantificar diferentes níveis de resistência a *Hemileia vastatrix*, na espécie *Coffea arabica*, coincidindo com as observações de ESKES (1983).

d) Período de Latência por Folha

Segundo KUSHALAPPA e MARTINS (1980), as lesões que se formam numa folha inoculada não aparecem todas no mesmo dia. Por esta razão, para a medição de período latente, normalmente são feitas contagens, em intervalos regulares de tempo, do número de lesões que vão aparecendo, até que esse número se estabilize (SHANER *et alii*, 1978 e MENTEN, 1980).

Para calcular o valor do período latente em unidades de tempo, cada contagem, de forma cumulativa, é re-

lacionado com o tempo num gráfico. Desta forma, o período latente será o número de unidades de tempo (horas ou dias), no qual ocorrem 50% das lesões em que finalmente houve esporulação. Este método é laborioso e, para seu cálculo, não é tomado em conta o verdadeiro início da esporulação.

Considerando que, por outro lado, a esporulação também não ocorre simultaneamente em todas as folhas inoculadas (KUSHALAPPA e MARTINS, 1980) e, fazendo uma modificação da medição do período de geração, utilizado por KUSHALAPPA e MARTINS (1980), neste estudo o período latente/folhas foi avaliado determinando-se o tempo em que ocorreu esporulação em 50% das folhas, onde finalmente houve esporulação. Este parâmetro, assim avaliado, leva em conta todas as folhas inoculadas na planta onde ocorreu esporulação, é fácil de medir e considera o verdadeiro início da esporulação. Na Tabela 10, pode-se observar que o cultivar Harar apresentou o menor período de latência/folha, diferindo significativamente de Mundo Novo.

No complexo *C. arabica-H. vastatrix*, as diferenças entre cultivares para período de latência são pequenas (ESKES, 1983); mas no complexo *C. canephora-H. vastatrix*, onde têm sido relatadas variações no período de latência para alguns genótipos (ABREU, 1978; CADENA e BURITICA, 1980 e ESKES, 1983), poderia ser testado o período de latência por folha, o qual agiliza, por sua fácil medição, as avaliações de nível de resistência entre cultivares.

e) Porcentagem de Queda Foliar

Vários autores, avaliando o nível de resistência nos cultivares Mundo Novo, Catuaí e Harar (RIBEIRO *et alii*, 1974 e RIBEIRO, 1978) e suas consequências epidemiológicas (BERGAMIN FILHO, 1983 e SALGADO, 1983), têm assinalado a maior queda de folhas com ferrugem dos cultivares Mundo Novo e Catuaí como sendo a causa provável do mais alto nível de resistência que apresentam estes cultivares em relação ao Harar, fato confirmado por ESKES (1983).

No presente estudo, os resultados obtidos nos dois ensaios foram discordantes, com respeito à queda foliar. No Ensaio número 1, não houve diferenças entre cultivares com relação a este parâmetro (Tabela 5), sendo que, no desenvolvimento do processo, esta situação se manteve (Figura 4). Por outro lado, no Ensaio número 2, a situação foi diferente. O cultivar Harar diferiu significativamente do cultivar Mundo Novo, apresentando menor queda das folhas (Tabela 10), sendo similar esta situação durante todo o período de observações (Figura 5). No entanto, nos dois ensaios, a ordem decrescente dos valores médios de queda foliar entre cultivares sempre foi Mundo Novo, Catuaí e Harar.

As razões do diferente comportamento dos cultivares, principalmente do Harar, no Ensaio número 1 são desconhecidas, mas nos dois ensaios existiram diferenças que em maior ou menor grau devem ter influído. As plantas utilizadas no Ensaio número 1 eram aquelas que, dentro do

lote original, apresentavam menor altura e não tinham ramos plagiotrópicos, podendo ser consideradas como subdesenvolvidas; enquanto que no Ensaio número 2, foram utilizadas plantas consideradas como normais, com uma média de 5 ou 6 ramos plagiotrópicos. Por outro lado, no Ensaio número 1, todas as folhas da planta foram inoculadas, enquanto que no Ensaio número 2 somente foi inoculada uma folha de cada par.

Este último fator possivelmente foi mais importante na intensificação da queda foliar de Harar. Embora não tenham sido feitas medições, foi observado no Ensaio número 2 que nas plantas inoculadas caíram algumas folhas velhas não inoculadas, fato que não ocorreu em plantas sem inocular. Esta situação também foi observada por ESKES (1983), que a relacionou com a presença de ferrugem. Por outro lado, PAVAN *et alii* (1975) relataram que o cultivar Harar depois de manifestar os maiores número médios de lesões, apresentou uma desfolha mais precoce, em relação ao Catuaí e ABREU (1978) observou menor queda de folhas em Mundo Novo, em relação a vários genótipos de *C. arabica* x *C. canephora* por ele estudados.

Visto que a maior parte dos trabalhos realizados sob condições naturais de epidemia nestes três cultivares relatam a menor ocorrência de queda de folhas em Harar (RIBEIRO *et alii*, 1974; RIBEIRO, 1978; BERGAMIN FILHO, 1983 e SALGADO, 1983), o que foi confirmado sob condições controladas por ESKES (1983), considera-se os resultados obtidos

no Ensaio número 2 como mais representativos do que acontece no campo, sendo que aqueles obtidos no Ensaio número 1 poderiam ser uma exceção que, provavelmente, ocorre sob condições de alta severidade da doença em plantas com baixo nível de desenvolvimento.

f) Período de Retenção Foliar (PRF)

Este parâmetro é considerado por ESKES (1983) como indicativo do período de esporulação. Em relação a este ponto poder-se-ía considerar que, quando uma lesão envelhece ou se necrosa, cessa a esporulação. No entanto, KUSHALAPPA e CHAVES (1980) relataram que, com o aumento da temperatura, ocorre nova esporulação ao redor de lesões velhas, podendo-se dessa forma inferir que o período de esporulação acaba somente quando a folha cai ou se necrosa totalmente.

Na Tabela 10 pode-se observar que o cultivar Harar diferiu dos cultivares Mundo Novo e Catuaí, apresentando um período de retenção foliar médio de 49 dias, sendo este de 39 dias para Mundo Novo e Catuaí. No entanto, isto não significa que cada uma das folhas da planta apresente o mesmo período de retenção. Na Figura 6 pode-se observar que os cultivares Mundo Novo e Catuaí, apresentam, em relação ao Harar, altas porcentagens de folhas com PRF menor que 30 dias. Por outro lado, considerando-se as folhas que permaneceram na planta, com PRF maior que 65 dias, pode-se observar que em Harar quase a metade das folhas ficam na planta.

g) Tamanho das Lesões e Produção de Esporos.

Na Tabela 10, observa-se que o cultivar Harar, nas duas leituras realizadas, apresentou maior tamanho das lesões em relação ao cultivar Catuaí, resultados que coincidem com aqueles obtidos por SCALI *et alii* (1974). Embora o tamanho da lesão não seja considerado como um componente da resistência, por não afetar a taxa reprodutiva do patógeno, assume-se que pode ser um indicativo da produção de esporos (PARLEVLIET, 1979).

No caso da ferrugem do cafeeiro, pode ocorrer necrose das lesões. KUSHALAPPA e CHAVES (1980) não encontraram uredosporos nas áreas necrosadas, encontrando-se somente nas áreas que circundam as lesões, denominadas por eles área de ferrugem ativa. No Ensaio número 2, onde foi avaliado este parâmetro, quase não houve necrose nas lesões, nos três cultivares, fato pelo qual, neste caso, a lesão completa poderia ser considerada estar esporulando ativamente, pelo menos até, aproximadamente, 60 dias após a data de inoculação

Analisando o tamanho das lesões, conjuntamente com a produção de esporos/lesão (Tabela 11), que apesar de não ter sido analisado estatisticamente, pode

servir como um indicativo deste parâmetro, pode-se observar que o Harar, além de apresentar o maior tamanho de lesão, também possui maior quantidade de esporos/lesão. No entanto, a situação não se repete em Mundo Novo, que apresentando um tamanho de lesão ligeiramente inferior àquele de Harar, manifestou menor número de esporos/lesão.

Por outro lado, no que se refere à produção de esporos/cm^2 de área foliar, o cultivar Catuaí apresenta, de maneira geral, maior número de esporos ao invés do Harar (Tabela 12). Visto que a produção de esporos/cm^2 de área foliar foi analisada, como no caso de número de lesões, no Ensaio número 1, em folhas novas, adultas e velhas, esta aparente contradição pode ser explicada pelo fato de que, de maneira geral, neste grupo de folhas, o Catuaí apresenta o maior número de lesões por cm^2 de área foliar (Tabelas 3 e 4).

Nos dois ensaios realizados foi observado que tanto em Harar como em Mundo Novo os esporos estavam mais dispersos nas lesões, enquanto que no Catuaí os uredosporos encontravam-se formando agregados mais compactos. Isto poderia ter influência na disseminação de esporos pelo vento, sendo esta facilitada nos cultivares Mundo Novo e Harar. Em Catuaí foi observado, pelo menos na fase inicial de liberação dos esporos, que estes caíam diretamente em-

baixo da lesão, possivelmente devido ao maior peso dos agregados.

h) Período de Latência por Planta

Este parâmetro foi utilizado por ABREU (1978) na avaliação de resistência horizontal a *H. vastatrix* de várias progênies do híbrido *C. arabica* x *C. canephora* e foi denominado por ele como período latente de infecção.

Na Tabela 13, observa-se que o Harar manifestou o menor período latente/planta em relação aos outros dois cultivares, ao redor de três dias de diferença. Este parâmetro, possivelmente, poderia ser um indicativo do comportamento heterogêneo de uma população, onde existem plantas que podem ser infectadas mais rapidamente, acelerando o desenvolvimento de uma epidemia.

5.3. A Resistência dos Cultivares em Relação aos Parâmetros Monocíclicos

Nos Estados do Centro Sul do Brasil, as epidemias de ferrugem se manifestam com periodicidade estacional. FIGUEIREDO *et alii* (1974), estudando a flutuação da ferrugem em várias regiões do Estado de São Paulo, determinaram três fases dentro do ciclo da doença: a primeira fase, que dura desde a colheita até meados de novembro, é caracte

rizada por um decréscimo gradativo do índice de infecção; esta fase coincide com a estação seca e repouso vegetativo do cafeeiro, com intensa queda de folhas e termina com o início da estação chuvosa. Na segunda fase, de novembro a março, há um aumento gradativo do índice de infecção; neste período há maior distribuição e intensidade de chuvas, as temperaturas são mais elevadas e ocorre rápida recomposição de área foliar. A terceira fase, denominada pelos autores como fase explosiva da doença, inicia-se em março. O aumento do índice de infecção é acelerado até atingir o máximo de folhas infectadas. Aqui há uma queda gradativa da intensidade de chuvas, as temperaturas são mais amenas, o potencial de inóculo é elevado, a densidade foliar é máxima, e com maior número de folhas em idade ideal para infecção.

Em concordância com este ciclo da doença tem sido assinalado que o cultivar Harar, em relação aos cultivares Mundo Novo e Catuaí (RIBEIRO *et alii*, 1974) e aos cultivares Catuaí e Acaiá (PAVAN *et alii*, 1978), mostra uma tendência de atingir mais rapidamente a fase explosiva de infecção, apresentando um índice de infecção mais elevado.

Em estudos mais detalhados (RIBEIRO, 1978 e BERGAMIN FILHO, 1983), analisando as curvas de progresso da epidemia de ferrugem nos cultivares Mundo Novo, Catuaí

e Harar, em várias regiões do Estado de São Paulo, confirmou-se que os cultivares Mundo Novo e Catuaí apresentavam um maior nível de resistência horizontal, em comparação ao Harar.

Estes cultivares apresentaram valores de quantidade de inóculo inicial (x_o) e de taxa aparente de infecção (r) significativamente menores que os apresentados pelo cultivar Harar. Os menores valores de x_o foram interpretados como sendo devidos à capacidade de perder folhas infectadas que os cultivares Mundo Novo e Catuaí possuem, mecanismo capaz, epidemiologicamente, de atrasar o início do desenvolvimento da doença dentro da população de plantas. Os menores valores de r foram interpretados como sendo devidos a mecanismos clássicos de resistência horizontal. Diferenças no nível de resistência vertical entre os três cultivares não foram detectados (BERGAMIN FILHO, 1983).

Levando em consideração a maior resistência horizontal anteriormente assinalada dos cultivares Mundo Novo e Catuaí em comparação com o cultivar Harar e, fazendo-se uma análise conjunta dos parâmetros monocíclicos da resistência estudados no presente trabalho, pode-se inferir, de análise das Tabelas 5 e 14, que o parâmetro Período de Retenção Foliar (PRF) é aquele que mede melhor a maior suscetibilidade do cultivar Harar, resultado que coincide com

aquele relatado por ESKES (1983). Segundo o mesmo autor, a correlação entre PRF e o maior nível de ataque da doença no campo em Harar é facilmente entendido. Um longo PRF incrementa a quantidade de inóculo em qualquer época do ano e é de especial importância para manter o inóculo na estação seca (primeira fase da curva epidemiológica de ferrugem), quando a queda foliar é mais alta.

Por esta razão, este parâmetro pode explicar satisfatoriamente os valores de quantidade de inóculo inicial (x_o) significativamente maiores obtidos por RIBEIRO (1978) e BERGAMIN FILHO (1983) para o cultivar Harar. Assim, BERGAMIN FILHO (1983) assinala que a maior quantidade de x_o exibida pelo cultivar Harar em relação aos Mundo Novo e Catuaí é provavelmente devida à capacidade de retenção de folhas com pústulas, de um ano para outro, por parte do Harar, Ao contrário, os cultivares Mundo Novo e Catuaí, com o hábito de perder as folhas com pústulas, iniciam seu ciclo vegetativo, a cada ano, com inóculo residual mínimo. Considerando-se que a característica de perder folhas infectadas é um mecanismo que não interage diferencialmente com isolados do patógeno, pode-se afirmar com segurança que os cultivares Mundo Novo e Catuaí apresentam um tipo não usual de resistência horizontal caracterizado por, epidemiologicamente, atrasar o início do desenvolvimento da doença dentro da população de plantas.

Durante as medições de produção de esporos, foi determinado que a esporulação ativa do fungo ocorre principalmente durante os primeiros 30 dias após cumprido o período de latência; mas isto é quando se considera a ocorrência de esporulação em toda a lesão. No entanto, em folhas ainda verdes, quando a esporulação nas lesões cessa ou estas se necrosam , ao redor de cada lesão permanece um halo de tecido com ferrugem, em alguns casos, não visível macroscopicamente, halo que foi denominado por KUSHALAPPA e CHAVES (1980) como área de ferrugem ativa. Segundo estes autores, com o aumento da temperatura em novembro, inicia-se a esporulação nesta area. Isto pode explicar como, igualmente com lesões velhas que possam não estar esporulando ativamente, o maior PRF de Harar resulta em maior quantidade de inóculo inicial.

Segundo o presente trabalho, os componentes monocíclicos usualmente utilizados para medir resistência horizontal como período de latência, período de incubação e número de lesões não medem a maior suscetibilidade de Harar, resultado que coincide com aquele obtido por ESKES (1983). Os valores médios da taxa aparente de infecção (r) determinados por BERGAMIN FILHO (1983) para os cultivares Mundo Novo, Catuaí e Harar foram, respectivamente, 0,3884, 0,3120 e 0,6529 por unidade por mês. Esses valores mais baixos para Mundo Novo e Catuaí, foram interpretados pelo autor como

devidos a mecanismos clássicos de resistência. Nas Tabelas 5 e 14 pode-se observar que os valores médios de todos os parâmetros, exceto para número de lesões no Ensaio número 1, refletem a existência de mais eficientes mecanismos de resistência para os cultivares Mundo Novo e Catuaí, em relação ao Harar, mecanismos que sendo alguns deles de pouca efetividade individual, em forma combinada contribuem para diminuir o valor de r. Deste modo, o cultivar Harar, com valores de x_o e de r mais altos que Catuaí, atingirá mais rapidamente, com índices de infecção mais elevados, a fase explosiva da doença.

Em condições naturais de epidemia o Harar sempre manifesta maior número de lesões por folha infectada em comparação com os outros dois cultivares em estudo (RIBEIRO, 1978 e BERGAMIN FILHO, 1983). No presente estudo, em concordância com os resultados obtidos por SCALI *et alii* (1974), no Ensaio número 1, o Catuaí manifestou maior número de lesões que Harar. No entanto, deve ser considerado que em testes monocíclicos, cada cultivar está submetido à mesma concentração de inóculo. Esta situação não acontece no campo para o caso dos três cultivares em estudo, já que como foi visto, a maior queda de folhas em Catuaí e Mundo Novo faz com que estes cultivares estejam submetidos a menores concentrações de inóculo, em comparação com Harar.

Em condições naturais de epidemia, os cultivares Mundo Novo e Catuaí não diferem quanto a um nível de resistência horizontal (RIBEIRO, 1978 e BERGAMIN FILHO,1983). No entanto, do examde das Tabelas 5 e 14, poder-se-ía inferir que o Mundo Novo apresenta maior resistência horizontal que o Catuaí. Esta situação indica, que além dos parâmetros estudados, existe um outro parâmetro que possa medir algum mecanismo de resistência adicional em Catuaí. Este parâmetro poderia ser a maior compactação dos agregados de uredosporos em Catuaí, que poderia influir em seu maior peso e portanto em sua menor disseminação. Outro mecanismo provável poderia ser que em Catuaí geralmente as folhas infectadas caem com maior quantidade de esporos, o que significaria uma perda de inóculo. Estas observações não foram comprovadas experimentalmente.

6. CONCLUSÕES

1. Os parâmetros que melhor mediram a maior resistência dos cultivares Mundo Novo e Catuaí foram o período de retenção foliar e sua variante porcentagem de queda foliar, por explicar satisfatoriamente a menor quantidade de inóculo inicial apresentada no campo por estes cultivares.

2. Os parâmetros período de incubação e período de latência não explicam claramente a maior resistência de Mundo Novo e Catuaí, em relação ao cultivar Harar e, devido à inconsistência dos resultados são pouco recomendados para avaliação de resistência à *Hemileia vastatrix* nestes cultivares.

3. Os parâmetros período de latência/folha e período de latência/planta, de fácil medição, refletem pequenas diferenças entre cultivares, mas, em forma combinada com outros parâmetros contribuem para baixar a taxa aparente

de infecção nos cultivares Mundo Novo e Catuaí em relação ao Harar.

4. O tamanho da lesão foi significativamente menor no cultivar Catuaí, apresentando maior número de esporos em relação aos cultivares Harar e Mundo Novo.

5. Catuaí apresenta o maior número de lesões quando avaliado em testes monocíclicos, mas em condições naturais de epidemia, isto pode não ocorrer devido a que, apresentando menor período de retenção foliar, o inóculo inicial é mais baixo em relação ao Harar.

6. A idade ou posição da folha influi nos resultados obtidos com os diferentes parâmetros, sendo esta influência maior no caso de folhas do cultivar Harar.

7. Dos dois grupos de folhas avaliados: folha nova, adulta e velha para o Ensaio número 1 e os três primeiros pares de folhas completamente desenvolvidas para o Ensaio número 2, o primeiro grupo de folhas reflete melhor a situação da planta completa e está relativamente menos sujeita a condições adversas do ambiente para o desenvolvimento da doença.

7. LITERATURA CITADA

ABREU, M.S. de, 1978. Identificação de parâmetros para avaliação da resistência horizontal de *Coffea* sp à *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. Viçosa,UFV, 64 p. (Tese de Mestrado).

BERGAMIN FILHO, A., 1976. Possibilidades do emprego da resistência vertical no melhoramento do cafeeiro contra *Hemileia vastatrix*. *Summa Phytopathologica*. Piracicaba, *2:* 103-108.

BERGAMIN FILHO, A., 1983. Consequências epidemiológicas da resistência no sistema *Coffea arabica-Hemileia vastatrix* Berk. e Br. Piracicaba, ESALQ/USP, 111 p. (Tese de Livre Docência).

BERGAMIN FILHO, A. e H. KIMATI, 1978. Variedades resistentes. *In:* GALLI, F., Coord. *Manual de Fitopatologia*. 2ª edição. São Paulo, Ed. Agron. Ceres Ltda., Vol. 1, p.297-324.

BETTENCOURT, A.J., 1976. Avaliação da resistência a *Hemileia vastatrix* no melhoramento genético de *Coffea arabica*. *In:* 4º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Caxambu, p. 274-276.

BETTENCOURT, A.J. e J. LOPES, 1976. Transferência de fatores de resistência a *Hemileia vastatrix* do híbrido Timor para o cultivar Caturra vermelho de *Coffea arabica*. *In:* 4º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Caxambu, p. 287-292.

CADENA, G., G. e P. BURITICA, C., 1981. Determinación cuantitativa de resistencia a *Hemileia vastatrix* en plantas de *Coffea canephora* variedad Conilon. *Cenicafé*. Chinchiná, Colombia, *14*:15-34.

CARVALHO, A., 1959. Genética de *Coffea*. XXIV. Mutantes de *Coffea arabica* procedentes da Etiópia. *Bragantia*, Campinas, *18*:353-371.

CARVALHO, A., 1984. Melhoramento do cafeeiro e a ocorrência de ferrugem *(H. vastatrix)*. *In: 7º Congresso Paulista de Fitopatologia*. Botucatu, Simpósios, p.32-44.

CARVALHO, A. e L.C. MÔNACO, 1971. Melhoramento do cafeeiro visando a resistência à ferrugem alaranjada. *Ciência e Cultura*. São Paulo, *23*(2):141-146.

CARVALHO, A. e L.C. MÔNACO, 1972. Transferência do fator Caturra para o cultivar Mundo Novo de *Coffea arabica* L. *Bragantia*. Campinas, *31*:379-399.

CARVALHO, A., C.A. KRUG, J.E.T. MENDES, H. ANTUNES F., H. MORAIS, J. ALOISI SOBRINHO, M.V. MORAIS e T.R. ROCHA. 1952. Melhoramento do cafeeiro. IV. Café Mundo Novo. *Bragantia*. Campinas, *12*(4-6):97-129.

CHAVES, G.M., 1976. Melhoramento do cafeeiro visando à obtenção de cultivares resistentes à *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. *Revista Ceres*. Viçosa, *23*(128):321-332.

CHAVES, G.M., J. CRUZ FILHO, M.G. CARVALHO, K. MATSUOKA, D. T. COELHO e C. SHIMOYA. 1970. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Revisão de Literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. *Seiva*. Viçosa, Edição Especial, 75 p.

COSTA, W.M. e I.J.A. RIBEIRO, 1975. Resistência a *Hemileia vastatrix* observada no café ICATU. *In:* 3º Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras. Curitiba, p. 113.

COSTA, W.M. e A.B. ESKES, 1978. Avaliação do nível de resistência do cafeeiro a *H. vastatrix*. *Bragantia*. Campinas, *37*(Nota nº 4):XXIII-XXIX.

ESKES, A.B. 1978. Avaliação do uso de discos de folhas para medir o nível de resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. *In:* 6º Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras. Ribeirão Preto, p.114-115.

ESKES, A.B., 1979. Bases genéticas da resistência horizontal a patógenos em plantas. *Ciência e Cultura*. São Paulo, *32*(11):1464-1472.

ESKES, A.B. e M. TOMA-BRAGHINI, 1981. Métodos de evaluación de la resistencia contra la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). FAO. *Boletin Fitosanitario*. *29*:56-66.

ESKES, A.B., 1983. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). The Netherlands. Universidade de Wageningen, 140 p. (Tese de Doutoramento).

ESKES, A.B. e M. TOMA-BRAGHINI, 1982. The effect of leaf age on incomplete resistance of coffee to *Hemileia vastatrix*. *Netherlands Journal Plant Pathology*. *88*:215-226.

FIGUEIREDO, P.; A.P. SILVEIRA; P.R. MARIOTTO e C. GERALDO JÚNIOR, 1974. Flutuação da ferrugem do cafeeiro no Estado de São Paulo. *In:* 2º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas, p.101-102.

KUSHALAPPA, A.C., 1978. Uma escala para estimar a intensidade de foliar da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*. Brasília, *3*:119.

KUSHALAPPA, A.C. e G.M. CHAVES, 1980. An analysis of the development of coffee rust in the field. *Fitopatologia Brasileira*. Brasília. *5*(1):95-103.

KUSHALAPPA, A.C. e C.P. MARTINS, 1980. Incubation and generation periods for *Hemileia vastatrix* on coffee in Viçosa, Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*. Brasília, *6*(2):177-183.

MENTEN, J.O.M., 1980. Avaliação de resistência horizontal e vertical e de tolerância do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Ung. Piracicaba, ESALQ/USP, 213p. (Tese de Doutoramento).

MÔNACO, L.C. e A. CARVALHO, 1975. Resistência a *Hemileia vastatrix* no melhoramento do cafeeiro. *Ciência e Cultura*. São Paulo, (10):1070-1081.

MÔNACO, L.C.; I.J.A. RIBEIRO e J. ALOISI SOBRINHO, 1973. Comportamento diferencial de genótipos ao ataque da ferrugem das folhas do cafeeiro. *Ciência e Cultura*. São Paulo, *25*(6):247.

MÔNACO, L.C.; I.J.A. RIBEIRO; O. TISSELI F.; M.H. SUGIMORI; M.H. SCALI, 1973. Efeito da temperatura na esporulação da ferrugem. *In:* I Congresso Brasileiro sobre Pragas e Doenças do Cafeeiro. Vitória, p. 36.

MORAES, S.A., M.H. SUGIMORI e I.J.A. RIBEIRO, 1976. Estudo sobre o desenvolvimento das raças II, III e XV de *Hemileia vastatrix* em diferentes cafeeiros suscetíveis. *Ecossistema*. São Paulo, *1*(1):20-24.

PARLEVLIET, J.E., 1979. Components of resistance that reduce the rate epidemic development. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, *17*:203-222.

PAVAN, M.A.; T. SERA; L.C. MÔNACO. 1975. Flutuação estacional de populações da ferrugem do cafeeiro. *In*: 3º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Curitiba. p.19.

PEREIRA, A.A. e G.F. BARTHOLO. 1978. A Cafeicultura em Minas Gerais. IV. Cultivares e linhagens mais recomendados. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, *4*(44):12-13.

PEREIRA, A.A., C.A. MELLES, G.M. CHAVES, F.G. BARTHOLO e L. ZAMBOLIN. 1978. Comportamento de progênies de cafeeiros resistentes a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. na zona sul de Minas Gerais. *In*: 6º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Ribeirão Preto, p.5-8.

RAYNER, R.W., 1972. Micologia, historia y biología de la roya del cafeto. IICA. Turrialba, Costa Rica, 68p. (Publicación Miscelânea, 94).

RIBEIRO, I.J.A.; M.H. SUGIMORI; S.A. MORAES e L.C. MÔNACO. 1975. Raças fisiológicas de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. no Estado de São Paulo. *Summa Phytopathologica*. Piracicaba, *1*: 19-22.

RIBEIRO, I.J.A., 1978. Avaliação da resistência horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. em cultivares de *Coffea arabica* L. em condições naturais de epidemia. Piracicaba, ESALQ/USP, 77 p. (Dissertação de Mestrado).

RIBEIRO, I.J.A.; O. PARADELA FILHO; M.H. SCALI; M.H. SUGIMORI; L.C. MÔNACO e S.A. MORAES. 1974. Reação diferencial a *Hemileia vastatrix* em cultivares suscetíveis. *In*: 2º Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras. Poços de Caldas, p. 159-160.

ROBINSON, R.A. 1973. The search and need for horizontal resistance to coffee rust and prospects for resistance to CBD in Ethiopia. *In*: Reunión de Peritos para el Control de la Roya del Cafeto. Turrialba. Costa Rica. 12p.

RODRIGUES Jr., C.J.; A.J. BETTENCOURT e L. RIJO, 1975. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto. *13*:49-70.

ROTEM, J., Y. COHEN e E. BASHI, 1978. Host and environmental influences on sporulation in vivo. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, *16*:83-101.

RUSSELL, G.E., 1978. *Plant breeding for pest and disease resistance*. London, Butterworths, 485p.

SALGADO, C.L., 1983. Análise da fase decrescente da curva epidemiológica da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) em três cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 147 p. (Tese de Livre Docência).

SCALI, M.H., A. CARVALHO e L.C. MÔNACO, 1974. Resistência horizontal à ferrugem (*H. vastatrix*) em cultivares de *Coffea*. *Ciência e Cultura*. São Paulo, *26*(7):241. Suplemento (Resumos).

SCHIEBER, E., 1973. Impacto econômico de la roya del cafeto en América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica, 29p. (Publicación Miscelánea, 106).

SHANER, G., H.W. OHM e R.E. FINNEY, 1978. Response of susceptible and slow leaf rusting wheat to infections by *Puccinia recondita*. *Phytopathology*. St Paul, *68*:471-475.

THOMAZIELLO, R.A., 1984. Situação atual da ferrugem do cafeeiro no Estado de São Paulo. *In:* 7º Congresso Brasileiro Paulista de Fitopatologia. Botucatu, Simpósios, p.29-32.

VAN DER GRAAFF, N.A., 1979. Mejoramiento genetico para obtener una resistencia estable en los cultivos tropicales: estrategias para mantener patosistemas equilibrados en la agricultura moderna. FAO. *Boletin Fitosanitario*. *27*(1):1-6.

VAN DER PLANK, 1963. *Plant Diseases - epidemies and control.* New York, London, Academic Press. 349p.

WELLMAN, F.L. e E. ECHANDI, 1981. The coffee rust situation in Latin America in 1980. *Phytopathology.* St Paul, *71* (9):968-970.

WILCOXON, R.D. 1981. Genetics of slow rusting in cereals. *Phytopathology.* St Paul, *71*(9):989-992.

ZAMBOLIN, L. e G.M. CHAVES, 1974. Efeito de baixas temperaturas e do binômio temperatura-umidade relativa sobre a viabilidade dos uredosporos de *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. e *Uromyces phaseoli typica* Arth. *Experientiae* Viçosa, *17*(7):151-184.

A P Ê N D I C E

Apêndice 1 - Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de período de incubação manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta

Causas da variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	5	0,098986	0,019797	$1,11^{ns}$	41,05
Cultivar (Cu)	2	0,065584	0,032792	$1,84^{ns}$	20,72
Resíduo (a)	10	0,177269	0,017726		
Parcelas	17	0,341840			
Idade folha (Id)	2	0,126116	0,063058	$5,66^{**}$	0,81
Interação Cu x Id	4	0,007519	0,001880	$0,16^{ns}$	95,25
Resíduo (b)	30	0,333803	0,011127		
Total	53	0,809279			

GL = Graus de liberdade

ns = não significativo

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade

Para a análise estatística os dados de período de incubação foram transformados em $\sqrt{x}$.

Apêndice 2 - Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de período de latência manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., e medido em três idades diferentes de folha, por planta.

Folha nova

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,202373	0,101187	$1,83^{ns}$	20,23
Resíduo	12	0,663079	0,055256		
Total	14	0,865453			

Folha adulta

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,116897	0,058448	$2,74^{ns}$	9,67
Resíduo	15	0,319905	0,021327		
Total	17	0,436802			

Folha velha

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,076910	0,038455	$1,03^{ns}$	37,8
Resíduo	15	0,555301	0,037020		
Total	17	0,632211			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo

Apêndice 3. Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de período de latência manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. Efeito da idade da folha analisada em cada cultivar.

Cultivar Mundo Novo

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	3,524440	1,762220	$0,24^{ns}$	78,93
Resíduo	15	109,984993	7,332332		
Total	17	113,509434			

Cultivar Catuaí

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	21,914436	10,957218	$2,58^{ns}$	10,886
Resíduo	15	63,694992	4,246332		
Total	17	85,609428			

Cultivar Harar

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,260971	0,130485	$0,02^{ns}$	97,17
Resíduo	12	54,514992	4,542916		
Total	14	54,775963			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo

Apêndice 4. Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta.

Causa da variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	5	0,400942	0,080109	$0,53^{ns}$	74,51
Cultivar (Cu)	2	0,738169	0,369085	$2,46^{ns}$	13,45
Resíduo (a)	10	1,495504	0,149550		
Parcelas	17	2,634615			
Idade (Id)	2	2,090016	1,045008	$6,81^{**}$	0,36
Interação Cu x Id	4	3,495813	0,873953	$5,70^{**}$	0,15
Resíduo (b)	30	4,598159	0,153272		
Total	53	12,818603			

Determinação do cultivar onde existe efeito da idade da folha

Causa da variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Idade da folha em Mundo Novo	2	0,603824	0,301922	$1,96^{ns}$	15,71
Idade da folha em Catuaí	2	0,499444	0,249722	$1,62^{ns}$	21,29
Idade da folha em Harar	2	4,482565	2,241282	$14,62^{**}$	0,00

Determinação do efeito da idade da folha nos três cultivares

Efeito da folha nova	2	2,826445	1,413222	$9,29^{**}$	0,04
Efeito da folha adulta	2	0,197673	0,098837	$0,65^{ns}$	52,75
Efeito da folha velha	2	1,209868	0,604934	$3,97^{*}$	2,67

GL = graus de liberdade
ns = não significativo; * = significativo e ** altamente significativos a 5% e 1% de probabilidades, respectivamente.

Apêndice 5 - Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três idades diferentes de folha, por planta.

Causa da variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	5	0,368890	0,073778	$0,57^{ns}$	71,79
Cultivar (Cu)	2	0,534989	0,267 494	$2,08^{ns}$	17,45
Resíduo (a)	10	1,280693	0,128069		
Parcelas	17	2,184573			
Idade (Id)	2	1,097960	0,548980	$6,89^{**}$	0,34
Interação Cu x Id	4	2,151771	0,537943	$6,75^{**}$	0,05
Resíduo (b)	30	2,389716	0,079657		
Total	53	7,824021			

Determinação do cultivar onde existe efeito da Idade da Folha

Causa da variação	GL	Soma dos quadrados			
Idade da folha em Mundo	2	0,282833	0,141417	$1,77^{ns}$	18,67
Idade da folha em Catuaí	2	0,538538	0,269269	$3,38^{*}$	4,74
Idade da folha em Harar	2	2,428365	1,214182	$15,24^{**}$	0,00

Determinação do efeito da idade da folha nos três cultivares

Causa da variação					
Efeito da Posição 1	2	1,801944	0,900972	$9,40^{**}$	0,05
Efeito da Posição 2	2	0,233825	0,116912	$1,22^{ns}$	30,80
Efeito da Posição 3	2	0,650997	0,325498	$3,39^{*}$	4,55

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; * significativo e **altamente significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidades, respectivamente.

Apêndice 6 - Ensaio número 1. Análise de variância dos dados de porcentagem de queda foliar (% de folhas com sintomas da doença, que caíram antes dos 100 dias, contados a partir da data de inoculação) em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Causa da variação	G.L.	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	5	952,04119	190,40824	$0,61^{ns}$	68,99
Tratamentos	2	233,87350	116,93675	$0,37^{ns}$	69,38
Resíduo	10	3083,34567	308,33456		
Total	17	4269,26038			

GL = graus de liberdade; ns = não significativo

Para a análise estatística os dados foram transformados em arc sen $\sqrt{\frac{x}{100}}$

Apêndice 7 - Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de período de incubação manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., medido em três posições diferentes de folha, por planta.

Posição 1

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,267331	0,133666	$2,70^{ns}$	8,71
Resíduo	24	1,185310	0,049387		
Total	26	1,452642			

Posição 2

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,175457	0,087728	$4,41^{*}$	2,45
Resíduo	22	0,437648	0,019893		
Total	24	0,613106			

Posição 3

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,954992	0,477496	$14,34^{**}$	0,011
Resíduo	21	0,699010	0,033286		
Total	23	1,654003			

GL = graus de liberdade

ns = não significativa; * significativo e ** altamente significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

Apêndice 8. Ensaio número 2. Análise de variância para determinar o efeito de posição da folha sobre o período de incubação, medido em três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar Mundo Novo

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	4,275274	2,137637	$0,09^{ns}$	90,7
Resíduo	25	545,699001	21,827960		
Total	27	549.974276			

Cultivar Catuaí

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,676959	0,338479	$0,4^{ns}$	66,31
Resíduo	21	16,969284	0,808061		
Total	23	17,642443			

Cultivar Harar

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	58,998392	29,499196	$4,59^{*}$	2,15
Resíduo	22	141,264000	6,421090		
Total	24	200,262393			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; * significativo ao nível de 5% de probabilidades.

Apêndice 9. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de período de latência manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., medido em três posições diferentes de folha, por planta.

Posição 1

Causas de variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,229833	0,114916	$2,55^{ns}$	10,423
Resíduo	19	0,855329	0,045017		
Total	21	1,085162			

Posição 2

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,064371	0,032186	$2,10^{ns}$	14,893
Resíduo	19	0,290025	0,015264		
Total	21	0,354296			

Posição 3

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	0,054642	0,027321	$1,16^{ns}$	34,37
Resíduo	13	0,306002	0,023539		
Total	15	0,360645			

GL = graus de liberdade

ns = nao significativo

Apêndice 10. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de número total de lesões por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta.

Causas de variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	9	6,064978	0,678864	$2,32^{ns}$	6,13
Cultivar (Cu)	2	0,903388	0,4519400	$1,55^{ns}$	23,79
Resíduo (a)	18	5,227061	0,2903922		
Parcelas	29	12,195919			
Posições de folha (Po)	2	3,251254	1,625627	$5,30^{**}$	0,78
Interação Cu x Po	4	2,901332	0,725333	$2,36^{ns}$	6,39
Resíduo	54	16,536713	0,306235		
Total	89	34,885220			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; ** altamente significativo ao nível de 1% de probabilidades.

Apêndice 11. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de número de lesões com esporulação por cm^2 de área foliar, exibido por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemilea vastatrix* Berk. e Br., contado em três posições diferentes de folha, por planta.

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	9	1,821383	0,202369	$2,21^{ns}$	7,21
Cultivar (Cu)	2	0,102424	0,051212	$0,56^{ns}$	58,05
Resíduo (a)	18	1,644564	0,091365		
Parcelas	29	3,568310			
Posição da folha (Po)	2	0,851261	0,425631	$5,44^{**}$	0,70
Interação Cu x Po	4	0,291345	0,072836	$0,93^{ns}$	45,29
Resíduo (b)	54	4,224869	0,078238		
Total	89	8,935786			
Total	29	9,542907			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; ** altamente significativo ao nível de 1% de probabilidades.

Apêndice 12. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de período de latência/folha manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Causas da variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	9	0,152222	0,016913	$1,93^{ns}$	11,22
Tratamentos	2	0,082002	0,041451	$4,73^{*}$	2,23
Resíduo	18	0,157657	0,008759		
Total	29	0,392781			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; * diferencas significativas ao nível de 5% de probabilidades.

Apêndice 13. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de porcentagem de queda foliar em três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cauxa de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	9	1192,485	132,498	$0,83^{ns}$	59,48
Tratamentos	2	1948,393	974,197	$6,13^{**}$	0,93
Resíduo	18	2859,132	158,841		
Total	29	6000,011			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo; ** altamente significativo ao nível de 1% de probabilidades.

Apêndice 14. Ensaio número 2. Análise de variância dos dados de período de retenção foliar manifestado por três cultivares de *Coffea arabica* L. inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Causa de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Repetições	9	1,851741	0,205748	$0,94^{ns}$	41,06
Tratamentos	2	3,781870	1,890935	$8,70^{**}$	0,22
Resíduo	18	3,909297	0,217183		
Total	29	9,542907			

GL = graus de liberdade

ns = não significativo

** = altamente significativo ao nível de 1% de probabilidades

Apêndice 15. Variações do Período de retenção foliar em relação às diferentes folhas de três cultivares de *Coffea arabica* L., inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br.

Cultivar	Período de retenção foliar (dias)										
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	+ de 65
Mundo Novo	8,9 1/	8,1	7,4	11,1	1,7	6,7	5,9	10,4	9,6	3,7	11,2
Catuaí	4,6	11,5	5,7	8,6	7,5	8,6	7,5	9,2	6,3	1,1	29,4
Harar	0,5	0,0	1,1	5,5	9,3	6,6	8,7	10,4	12,6	4,4	41,0

1/ Porcentagem de folhas para cada valor de Período de retenção foliar.

Apêndice 16. Análise de variância dos dados de tamanho de lesões, exibido por três cultivares de *Coffea arabica*, quando inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. Leitura I, realizada 50 dias após a data de inoculação.

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	207,7104	103.8552	11,46**	0,061
Resíduo	18	163,0993	9,061076		
Total	20	370,8097			

GL = graus de liberdade

** singificativo ao nível de 1% de probabilidades.

Apêndice 17. Análise de variância dos dados de tamanho das lesões exibido por três cultivares de *Coffea arabica*, quando inoculados com *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. Leitura II, realizada 72 dias após a data de inoculação.

Causas de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Nível %
Tratamentos	2	5513,9805	2756,9902	51,67**	0,000
Resíduo	18	960,3197	53,3510		
Total	20	6474,300			

GL = graus de liberdade

** significativo ao nível de 1% de probabilidades.