

IFMG-CAMPUS BAMBUÍ
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS

Bacharelado em Agronomia

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FERRUGEM DO CAFEIRO EM RELAÇÃO
AO ALINHAMENTO DE PLANTIO**

Diego Henrique Chaves Morais

BAMBUÍ – MG

2021

DIEGO HENRIQUE CHAVES MORAIS

**AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FERRUGEM DO CAFEIEIRO EM RELAÇÃO
AO ALINHAMENTO DE PLANTIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Marcelo Loran de Oliveira Freitas

BAMBUÍ – MG

2021

M827a Morais, Diego Henrique Chaves.
Avaliação da incidência de ferrugem do cafeeiro em relação ao alinhamento de plantio. / Diego Henrique Chaves Morais. – 2021.
26 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Marcelo Loran de Oliveira Freitas.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2021.

1. Cafeicultura. 2. *Hemilia vastatrix*. 3. Ambiente favorável. I. Freitas, Marcelo Loran de Oliveira II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 633.73



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria Geral
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE FERRUGEM DO CAFFEEIRO, EM RELAÇÃO AO ALINHAMENTO DE PLANTIO

Diego Henrique Chaves

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus Bambuí* para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Aprovado em 04/05/2021 pela banca examinadora.

Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas - IFMG Campus Bambuí - Membro da banca

Dr. Fábio Pereira Dias - IFMG Campus Bambuí - Membro da banca

Dr. Luciano Donizete Gonçalves - IFMG Campus Bambuí - Membro da banca.

Bambuí, 04 de maio de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 12/05/2021, às 10:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Diego Henrique Chaves Morais, Usuário Externo**, em 12/05/2021, às 11:04, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Donizete Gonçalves, Professor**, em 12/05/2021, às 12:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Fábio Pereira Dias, Professor**, em 12/05/2021, às 12:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoes> informando o código verificador **0839309** e o código CRC **09B30B05**.

23209.000228/2021-00

0839309v1

Dedico este trabalho ao meu pai, Alencar Josino de Moraes, por sempre me fornecer o apoio necessário para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus por me permitir encerrar mais um ciclo. Agradeço também a todos os meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, independentemente do momento. Deixo aqui meus agradecimentos ao meu orientador, que não mediu esforços para que este trabalho fosse concluído com sucesso.

“Querer ser bem-sucedido sem trabalhar duro é como querer colher sem plantar.”

David Bly

RESUMO

MORAIS, Diego Henrique Chaves. Avaliação da incidência de ferrugem do cafeeiro em relação ao alinhamento de plantio – *Campus Bambuí*, 2021.

A cafeicultura apresenta grande importância social e econômica tanto Brasil quanto no mundo, entretanto diversas doenças prejudicam esta cultura. Entre elas, a ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, é considerada como uma das mais prejudiciais. Dentre os fatores que interferem no ciclo desta doença, as condições ambientais, que nem sempre se manifestam de maneira uniforme em toda a extensão da planta, apresentam-se como um dos mais importantes, exigindo reflexões. Com o objetivo de avaliar a incidência da ferrugem do cafeeiro em relação aos terços e lados da planta, o presente trabalho foi realizado na fazenda Água Limpa, no município de Campos Altos, Minas Gerais. O experimento foi realizado em nível de campo em uma lavoura de café (*C. arabica*. L.), cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, com 10 anos de idade, implantada no espaçamento de 3,6 m x 0,8 m, em sistema convencional de manejo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), seguindo o esquema com quatro tratamentos (face norte, face sul, terço médio e terço inferior) e 640 repetições. Foram realizadas 3 avaliações, sendo que cada avaliação foi feita nas 640 plantas marcadas na gleba homogênea, onde foi conduzido o experimento. Cada planta foi avaliada no terceiro ou quarto par de folhas, em dois ramos no terço inferior e dois ramos no terço médio, em ambas as faces, (face voltada para o norte, e face voltada para o sul). Sendo assim, foram analisados 8 pares de folhas em cada planta. Nas análises de cada par de folha, avaliaram-se a presença e a ausência de sinais da doença, caracterizadas como presença de estruturas do fungo na planta (esporulação). Após a obtenção e o processamento dos dados, obteve-se a seguinte conclusão: o terço inferior das plantas avaliadas apresentou maior incidência de ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), em comparativo com o terço médio na fase inicial da epidemia. Já as faces de exposição da planta, voltadas para o sul e para o norte, não apresentaram diferenças significativas quanto à incidência da doença. Quando analisada a planta no geral, a doença apresentou uma curva de progresso ascendente, apresentando um maior número de plantas infectadas a cada avaliação realizada.

Palavras-chave: cafeicultura, *Hemilia vastatrix*, ambiente favorável.

ABSTRACT

MORAIS, Diego Henrique Chaves. Evaluation of the incidence of Caffeiro rust, in relation to the planting alignment - *Campus Bambuí*, 2021.

Coffee growing is of great social and economic importance both in Brazil and in the world, however several diseases harm this culture. Among these diseases, coffee rust caused by the fungus *Hemileia vastatrix* is considered to be one of the most harmful. Among the factors that interfere in the cycle of this disease, the environmental conditions, (which do not always manifest themselves uniformly throughout the entire length of the plant), present themselves as one of the most important, requiring reflections. In order to evaluate the incidence of coffee rust in relation to the thirds and sides of the plant, the present work was carried out on the Água Limpa farm in the municipality of Campos Altos (Minas Gerais). The experiment was carried out at field level in a coffee plantation (*C. arabica*. L.) Catuaí Amarelo IAC 62, 10 years old, implanted at a spacing of 3.6 mx 0.8 m, in a conventional system of management. The design used was completely randomized (DIC), following the scheme with four treatments (north face, south face, middle third and lower third) and 640 repetitions. Three evaluations were carried out, and each evaluation was carried out on the 640 plants marked on the homogeneous plot where the experiment was conducted. Each plant was evaluated on the third or fourth pair of leaves, on two branches in the lower third and two branches in the middle third, on both sides, (face facing north, and face facing south). Thus, 8 pairs of leaves were analyzed in each plant. In the analysis of each pair of leaves, the presence and absence of signs of the disease were evaluated, characterized as the presence of fungus structures in the plant (sporulation). After obtaining and processing the data, the following conclusion was reached: The lower third of the evaluated plants had a higher incidence of coffee rust (*Hemileia vastatrix*), compared to the average third in the initial phase of the epidemic. The exposure faces of the plant, facing south and north, did not present significant differences regarding the incidence of the disease. When analyzing the plant in general, the disease showed an upward progress curve, showing a greater number of infected plants for each evaluation performed.

Key-words: coffee tree, *Hemileia vastatrix*, favorable environment.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Talhões onde foi conduzido o experimento. | 18 |
| Figura 2: Comparação da incidência de ferrugem entre a face norte e a face sul da planta, considerando os resultados da média das três avaliações. | 20 |
| Figura 3: Comparação da incidência de ferrugem entre a face norte e a face sul da planta, considerando os resultados de cada uma das 3 avaliações individualmente. Fonte. | 21 |
| Figura 4: Incidência de ferrugem nos terços médio e inferior da planta na média das três avaliações. | 21 |
| Figura 5: Incidência de ferrugem nos terços médio e inferior da planta nas três avaliações. . | 22 |
| Figura 6: Aumento linear da ferrugem ao longo do tempo. | 23 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Café | 14 |
| 2.2 Importância econômica e social | 14 |
| 2.3 Ferrugem do cafeeiro | 14 |
| 2.4 Ciclo da doença | 15 |
| 2.5 Sintomas e danos | 16 |
| 2.6 Ambiente favorável | 16 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 Localização da área experimental | 18 |
| 3.2 Condução do experimento | 18 |
| 3.3 Avaliações | 19 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 20 |
| 5. CONCLUSÃO | 25 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 26 |

1. INTRODUÇÃO

O café pertence à família Rubiaceae, gênero *Coffea*. Neste gênero, há mais de 90 espécies, sendo que, destas, 25 são exploradas, porém são duas as espécies que apresentam maior representatividade econômica mundial: a *Coffea arabica*, denominada comumente como café arábica, e a *Coffea canephora*, denominada comumente como café conilon (Souza *et al.*, 2004). O cultivo de café apresenta grande importância no cenário econômico internacional e nacional. O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, e a cadeia produtiva do café é responsável por gerar cerca de 8 milhões de empregos no país, sendo o quinto produtor na pauta de exportação, com uma área ocupada com a cultura por volta de 2 milhões de hectares, com aproximadamente 300 mil produtores (MAPA, 2018).

Na cafeicultura, uma das principais doenças que atacam a cultura é a ferrugem alaranjada, segundo Kimati *et al.* (1997). Ela é responsável pelo principal problema relacionado à produção de café em todos os locais onde é cultivado. A ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo (*Hemileia vastatrix*), é uma doença que vem gerando sérios problemas em todas as regiões produtoras de café no mundo. Descoberta por Berkeley, no Sirilanka (hoje denominado Ceilão), por volta de 1868, a doença foi constatada no Brasil a partir de 1970, no estado da Bahia, sendo que, em 1971, já havia sido identificada nos estados do Paraná e São Paulo (GARCIA; RODRIGUES; COSTA, 2000).

Em relação à sua sintomatologia, a ferrugem do cafeeiro se estabelece na região foliar, causando manchas translúcidas. Estas crescem em curto período de tempo, formando, na parte abaxial da folha, estruturas pulverulentas com uma coloração que varia entre amarelo e laranja, originada por uredósporos do patógeno. Na lavoura, após o ataque da ferrugem, ocorre uma desfolha nas plantas que gera diversos problemas: atraso de crescimento em plantas mais jovens, vestígios de esgotamento em plantas adultas, interferência no desenvolvimento dos botões florais, problemas na frutificação, entre outros, ocasionando grandes danos à produção na lavoura (KIMATI *et al.*, 1997).

Nos dias atuais, são utilizadas diversas estratégias de manejo. Dentre estas técnicas adotadas para a prevenção e o controle da doença, utilizam-se os fungicidas à base de cobre como controle preventivo no início do período chuvoso, antes que a lavoura atinja o nível de 5% de infecção (porcentagem que representa o nível de dano econômico). Posteriormente, são utilizados os fungicidas principalmente do grupo dos triazóis e estrubirulinas como controle curativo, quando o nível de infestação se encontra superior a 5% (MESQUITA *et al.*, 2016).

Em relação ao fator ambiental, o fungo causador da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) apresenta dependência do ambiente para que possa completar seu ciclo de vida. Segundo Almeida (1986), para que o uredósporo do fungo consiga realizar a germinação e penetração no estômato da planta, são necessárias condições ambientais específicas, como molhamento foliar abundante ou água livre, uma faixa de temperatura aproximada por volta de 21 a 23°C e baixa luminosidade.

Pode-se notar que o fungo causador da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) necessita de determinadas condições ambientais para que possa infectar a planta. Porém, estas não se manifestam de maneira uniforme em todos os terços e faces da planta. Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a incidência da ferrugem do cafeeiro em diferentes terços e faces da planta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Café

A planta de café é pertencente à família Rubiaceae, gênero *Coffea*, havendo mais de 90 espécies do gênero. Porém, dentre estas, são exploradas comercialmente por volta de 25, tendo como destaque as espécies *Coffea arabica* (denominada comumente como café arábica) e *Coffea canephora* (denominada comumente como café robusta), por apresentarem a maior representatividade econômica mundial (SOUZA *et al.*, 2004).

O café arábica é originário do Continente Africano, em regiões de floresta tropical da Etiópia, Quênia e Sudão. A temperatura do ar na região varia entre 18°C e 20°C, a altitude compreende valores entre 1500 e 2800 m e a precipitação se distribui por volta de 1600 mm a 2000 mm (CAMARGO, 2010). Já o café robusta tem a maior parte do seu cultivo em regiões de altitudes menos elevadas e temperatura do ar por volta de 31,5°C a 17°C (PARTELLI *et al.*, 2010).

2.2 Importância econômica e social

A cafeicultura, tanto no Brasil quanto no mundo, apresenta grande importância e representatividade social e econômica. O acompanhamento da safra brasileira de café estima que, no ano de 2020, foram produzidos cerca de 48,77 milhões de sacas de café arábica e 14,31 milhões de sacas de café Conilon. A área destinada ao cultivo do cafeeiro, no País, atingiu cerca de 2,16 milhões de hectares, sendo 1,76 milhão de hectares referente à produção de café arábica, correspondendo a 81% da área, e 401,7 mil hectares de café Conilon representando os outros 19% da área de café do País (CONAB, 2020).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), o Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. A cadeia produtiva do café gera cerca de 8 milhões de empregos no país, sendo este produto o quinto na pauta de exportação, com aproximadamente 300 mil produtores, gerando, assim, um relevante número de empregos fixos e temporários, além de grande importância para a economia nacional.

2.3 Ferrugem do cafeeiro

A ferrugem alaranjada do cafeeiro foi descrita pelo pesquisador Berkeley, no Sirilanka (que hoje é denominado como Ceilão), por volta de 1868. Indícios da entrada da doença no Brasil começaram a ser constatados por volta do ano de 1970, no estado da Bahia, e posteriormente, em 1971, já havia sido identificada nos estados do Paraná e São Paulo (GARCIA; RODRIGUES; COSTA, 2000).

Dentre os diversos agentes patogênicos que geram danos à cultura do café, a ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) se destaca como a mais importante doença do cafeeiro, gerando prejuízos que chegam a 50% da produtividade da lavoura atacada (CHALFON; PIMENTEL-SOUZA; CARVALHO, 2016). Segundo Alfonsi *et al.* (2019), entre as variadas doenças que afetam o cafeeiro, a ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) é considerada a de maior relevância. Segundo Filho *et al.* (1995), desde o seu descobrimento, a ferrugem do cafeeiro vem gerando diversos prejuízos à cafeicultura, sendo responsável por várias crises em países produtores de café.

O fungo causador da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) apresenta hábito biotrófico, e está incluído na família Pucciniaceae, ordem Uredinales, classe Basidiomycetes. Dois tipos de esporos são produzidos pelo fungo, sendo o mais comum o denominado uredósporos, gerado em abundância na parte abaxial das folhas, e o menos comum é designado teliósporos. Aparecem, em alguns casos, em lesões antigas na parte central de tecidos necrosados 7 a 10 semanas após o surgimento do primeiro uredósporo, não havendo dados comprovando que este esporo infecta o cafeeiro (KIMATI *et al.*, 1997).

2.4 Ciclo da doença

O ciclo da doença tem início com a liberação dos uredósporos pelas pústulas que ficam localizadas nas lesões das folhas de plantas infectadas pelo fungo. Após a liberação, os esporos são disseminados pelo vento, água ou insetos, e, ao entrarem em contato com tecidos susceptíveis, em condições ambientais favoráveis, iniciam o processo de germinação. Os esporos, após germinarem, não conseguem penetrar diretamente na folha. Para que seja possível esta penetração, é produzido pelo uredósporo o promicélio, que se desenvolve pela estrutura da folha até identificar um estômato, onde ocorre a formação do apressório e a penetração. A colonização ocorre por meio do crescimento de micélios e da formação do haustório. Dando seguimento, a aglomeração das hifas, na câmara subestomática, leva à formação de grupos de

pedicelos que, através dos estômatos, deslocam-se para a parte abaxial da folha. A partir dos pedicelos, são formados os uredósporos, e o conjunto destes constituem a pústula. Ao longo do tempo, as lesões envelhecem e formam outro tipo de esporo denominado basidiósporo, que não consegue infectar o cafeeiro (FILHO; AMORIM; KIMATI, 1995).

2.5 Sintomas e danos

Dentre os principais sintomas da doença, identificados no campo, estão o aparecimento de manchas circulares, de colocação amarelada, com diâmetro por volta de 0,5 cm, que são observadas na face abaxial das folhas das plantas infectadas. Posteriormente, sobre as lesões na face inferior da folha, torna-se possível observar uma massa pulverulenta, de cor amarelo-alaranjado, formada por uredósporos do patógeno. Com o avanço da doença, em algumas partes do tecido foliar, é possível observar tecidos foliares destruídos ou necrosados (CARVALHO; CHALFON; CUNHA, 2013).

Na lavoura, o sintoma mais notável é a desfolha das plantas, que pode gerar prejuízos como tardança no desenvolvimento de plantas jovens e depauperamento de plantas velhas, comprometendo a produção. A queda das folhas, que ocorre antes do florescimento, causa interferência no desenvolvimento do botão floral e na frutificação. Além disso, quando a desfolha ocorre no período de desenvolvimento dos frutos, esta alteração na planta acarreta má formação dos grãos, originando frutos com lojas vazias, causando danos severos ao produto final (KIMATI *et al.*, 1997).

Os prejuízos gerados pela ferrugem se caracterizam de maneira mais significativa de modo indireto, pela promoção de desfolha, que ocasiona um menor índice de vingamento de flores e chumbinhos, promovendo, também, seca dos ramos plagiotrópicos, acarretando à lavoura grandes prejuízos, que, em casos mais severos do ataque da doença, podem resultar em perdas que chegam a mais de 50% da produção (GREE, 1993; ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

Estudo mostram que a ferrugem do cafeeiro é responsável por gerar limitações à produção, devido a promover desfolha nas plantas, o que provoca perdas na produção futura. Dados obtidos por meio de pesquisas retratam que a ferrugem do cafeeiro se caracteriza, em determinados casos (dependendo da sua incidência e severidade), como uma das principais causas de desfolha nas plantas cafeeiras (CUNHA; MENDES; CHALFON, 2004).

2.6 Ambiente favorável

Dentre os principais fatores ambientais que se relacionam ao desenvolvimento da doença, podem ser citadas a temperatura e a umidade. A temperatura que se mostra mais favorável ao processo de germinação e infecção do fungo é de, aproximadamente, 22°C, sendo que temperaturas muito baixas, abaixo de 15°C, ou acima de 30° podem gerar limitações à epidemia. A precipitação também tem influência sobre o desenvolvimento da doença; chuvas moderadas e bem distribuídas geram aumento na umidade, além de propiciar a disseminação da doença entre as folhas e plantas do cafeeiro (CHALFON; PIMENTEL-SOUZA; CARVALHO, 2016).

Pesquisas apontam que a germinação dos uredósporos que atingem a parte abaxial das folhas ocorre de modo mais eficiente em condições ambientais de umidade elevada (ou água livre), ausência de luz e em uma faixa de temperatura média entre 21 e 25°C. Desta forma, pode-se entender que a doença tende a iniciar primeiro e com mais severidade em terços ou faces da planta onde se tem menos incidência de luminosidade e o molhamento foliar se mantém por mais tempo (KIMATI *et al.*, 1997).

Segundo Santos *et al.* (2008), após a realização de testes que avaliaram a variabilidade espacial da duração do molhamento foliar na cultura do cafeeiro nos diferentes terços da planta (que são estes o terço inferior, o terço médio e o topo do dossel da planta), os autores puderam notar uma maior duração do período de molhamento foliar nas partes mais baixas da planta. Pôde-se verificar, também, que o terço médio da face da planta voltada para o sentido nordeste teve uma maior exposição à radiação solar, que, por consequência, acarretou em uma seca mais rápida quando comparada à face do terço médio da planta que estava voltada para o sentido sudoeste.

Sob baixa luminosidade ou ausência de luz e com temperatura por volta de 23,7°C, estudos mostram que houve maior índice de germinação de uredósporos e, por consequência, um período de latência mais curto, resultando em um ciclo mais acelerado da doença. Com esta observação, foi possível notar a importância de se compreender os fatores climáticos em associação ao comportamento do patógeno, para melhor entendimento da epidemia a nível de campo, e, a partir destas informações, conseguir gerar estratégias de manejo mais eficientes para o controle da doença (MONTROYA; CHAVES, 1974).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na fazenda Água Limpa, no município de Campos Altos, Minas Gerais. A fazenda fica a 1,8 quilômetros da rodovia BR 354 quilômetro crescente 366,6 (rodovias entre Campos Altos e São Gotardo). Em coordenadas geográficas, a fazenda está a 19° 37' 12,627" S de latitude, 46° 6' 33,154" W de longitude e 1146,925 metros de altitude (segundo levantamentos realizados na propriedade). O experimento foi alocado em um relevo considerado suave ondulado, com solo de textura média (Figura 1).

Figura 1: Talhão onde foi conduzido o experimento



Fonte: O autor, (2021).

3.2 Condução do experimento

O experimento foi realizado a nível de campo em uma lavoura de café (*C. arabica*, L.) cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, com 10 anos de idade, implantada no sentido leste-oeste, em espaçamento de 3,6 m x 0,8 m, em sistema convencional de manejo. A área escolhida foi uma gleba uniforme da lavoura, que, desde seu plantio, recebeu o mesmo manejo de adubação,

controle fitossanitário e tratos culturais. O experimento foi alocado nas linhas centrais da gleba, sendo que as duas plantas do início e do final das linhas onde o teste foi realizado foram descartadas, para evitar possíveis interferências nas bordaduras. Na execução do experimento, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), seguindo o esquema com quatro tratamentos (face norte, face sul, terço médio e terço inferior) e 640 repetições.

O experimento teve seu início no dia 11 de janeiro de 2020, quando foi feita a marcação da área com fitas de pano que continham escrito, com caneta de tinta permanente, o número da repetição. As fitas foram amarradas em ramos bem visíveis, de modo a facilitar a identificação da repetição no momento das avaliações.

3.3 Avaliações

Durante o experimento, foram realizadas 3 avaliações para medir a incidência da doença. A primeira foi executada no dia 20/01/2020; a segunda, no dia 28/01/2020; e a terceira, no dia 04/02/2020. Cada avaliação foi realizada nas 640 plantas marcadas na gleba homogênea onde foi conduzido o experimento. Cada uma das plantas foi avaliada no terceiro ou quarto par de folhas, em dois ramos no terço inferior e dois ramos no terço médio, em ambas as faces da planta (face voltada para o norte e face voltada para o sul), sendo assim, foram analisados 8 pares de folhas em cada planta, em cada uma das três avaliações realizadas. Nas análises de cada par de folhas, avaliaram-se a presença e a ausência de sinais da doença, caracterizados como a presença de estruturas do fungo na planta (esporulação). O cálculo da incidência foi expresso por meio de porcentagem, dividindo-se o número de folhas doentes pelo número total de folhas avaliadas por tratamento dentro de cada planta.

No que diz respeito à análise dos dados referentes à incidência da ferrugem em relação ao terço médio, inferior e face da planta voltada para o sul e para o norte, foram analisados considerando-se cada avaliação individualmente e também a média das três avaliações.

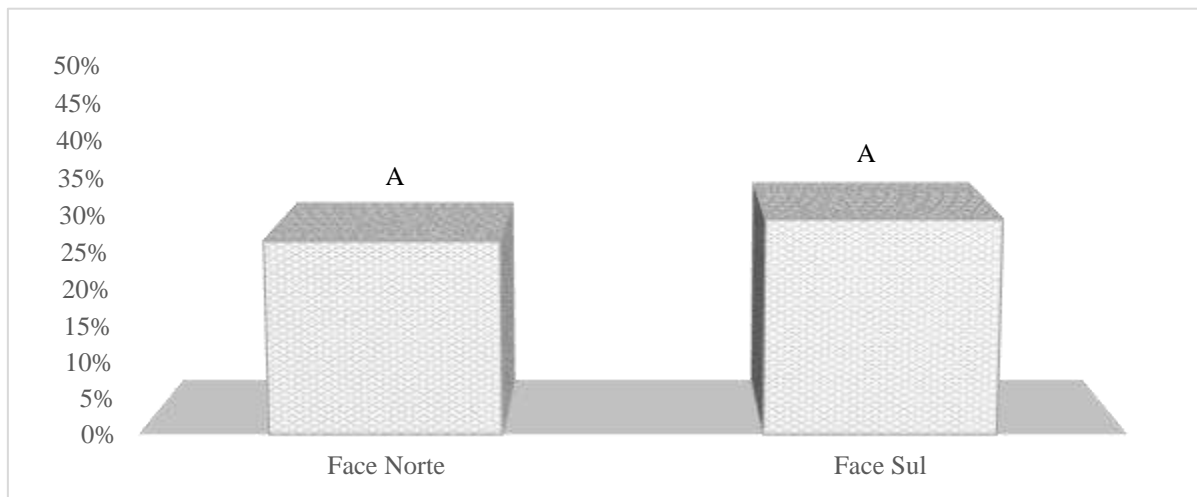
Posteriormente, foi analisada, também, a curva de progresso de incidência da doença ao longo do tempo. Esta análise foi efetuada por meio de uma regressão linear simples, processando os dados em relação à incidência da ferrugem na planta como um todo (através do conjunto de dados de ambas as partes da planta avaliadas), ao longo do tempo das três avaliações. Ou seja, foi comparada a incidência da ferrugem no talhão em relação à primeira, segunda e terceira avaliações.

Os dados dos ensaios foram analisados para verificar se atendiam aos pressupostos da análise de variância (anava) observando-se os testes de normalidade (Shapiro Wilk) e homocedasticidade (Bartlett). Como os dados atenderam aos pressupostos da anava, estes não precisaram ser transformados. Os dados de incidência em função dos tratamentos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foram submetidos ao teste de média Scott Knott a 5% de significância utilizando-se o software "R".

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A incidência da ferrugem nas faces sul e norte das plantas não apresentou diferenças estatísticas quando comparada aos dados da média das três avaliações, nem quando comparada aos dados obtidos em cada uma das 3 avaliações individualmente (Figuras 2 e 3).

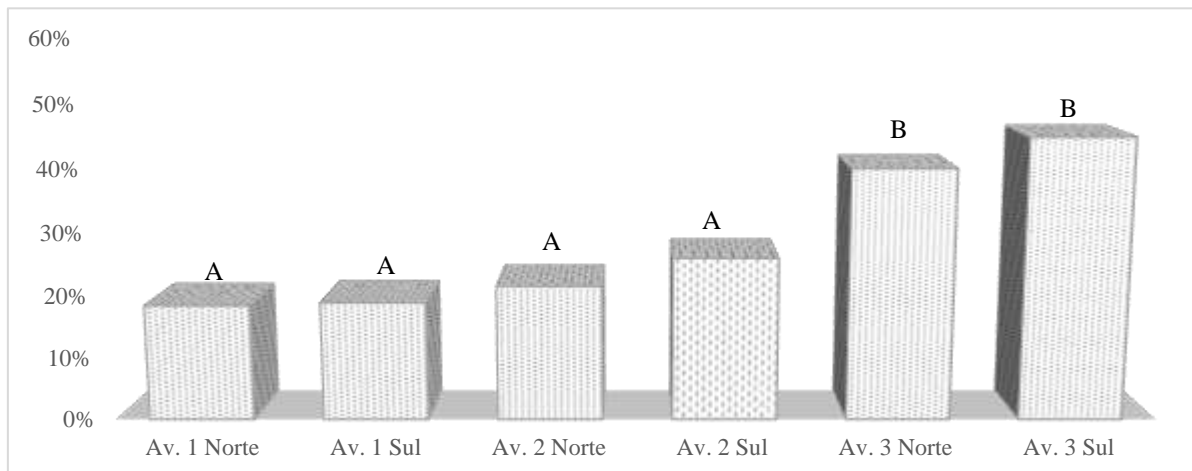
Figura 2: Comparação da incidência de ferrugem entre as faces norte e sul da planta, considerando os resultados da média das três avaliações



Fonte: O autor (2021).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao teste F com 5% de significância.

Figura 3: Comparação da incidência de ferrugem entre as faces norte e sul da planta, considerando os resultados de cada uma das três avaliações individualmente

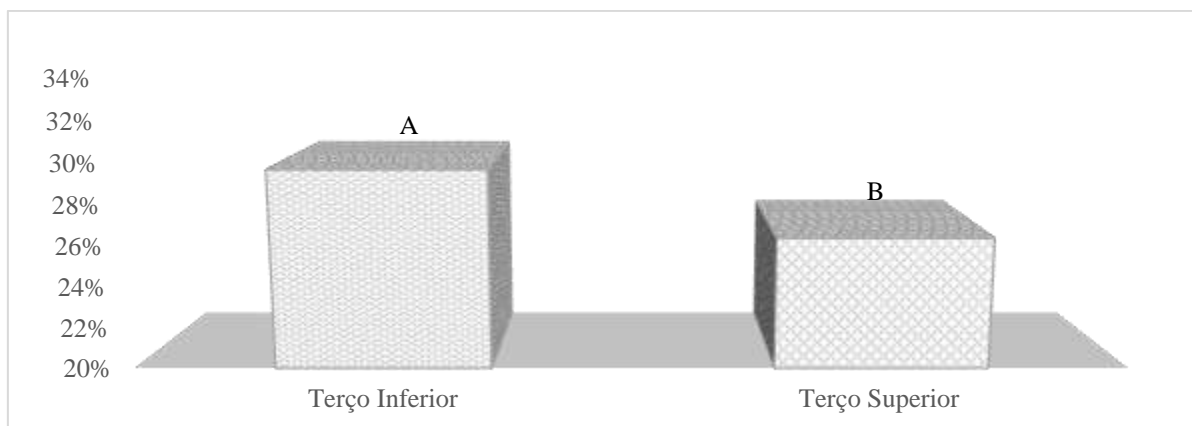


Fonte: O autor (2021).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao teste Scott Knott com 5% de significância.

Em relação aos terços da planta, após a comparação dos dados, obteve-se um resultado que indicou maior incidência de ferrugem do cafeeiro no terço inferior quando comparado ao terço médio das plantas, considerando os resultados obtidos através da média dos dados das 3 avaliações (Figura 4).

Figura 4: Incidência de ferrugem nos terços médio e inferior da planta na média das três avaliações

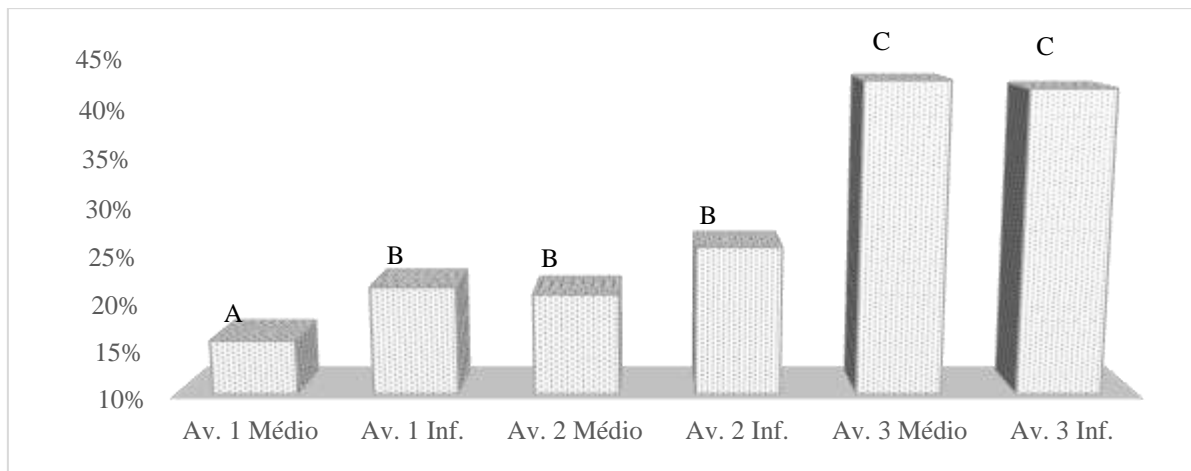


Fonte: O autor (2021)

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao teste F com 5% de significância.

Quando comparados os dados de cada uma das 3 avaliações, foi possível observar que, na primeira avaliação, a incidência da doença foi maior no terço inferior da planta em relação ao terço médio desta. Na segunda avaliação, a ocorrência da doença foi maior em relação à primeira, porém não houve diferença estatística entre os terços médio e inferior. Na terceira, a incidência da ferrugem, no geral, foi superior às demais avaliações, porém não houve diferenças estatísticas entre os terços médio e inferior da planta (Figura 5).

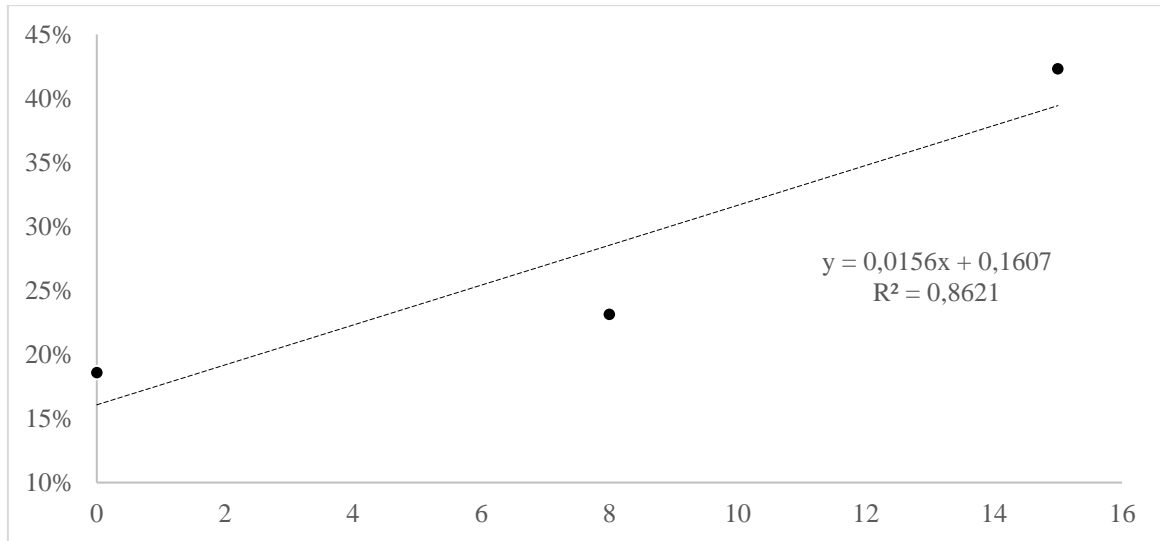
Figura 5: Incidência de ferrugem nos terços médio e inferior da planta nas três avaliações



Fonte: O autor (2021).

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao teste Scott Knott com 5% de significância.

Durante a execução do experimento, a incidência da ferrugem teve um aumento linear seguindo a função linear $y = 0.0156x + 0.1607$. A reta referente à função apresenta uma inclinação no valor de 0.0156, o que mostra que, a cada dia, a doença apresentou um progresso de 1,56% na área amostral estudada (Figura 6).

Figura 6: Aumento linear da ferrugem ao longo do tempo

Fonte: O autor (2021).

As germinações dos uredósporos do fungo causador da ferrugem do cafeeiro ocorrem de modo mais eficiente em condições ambientais de umidade elevada ou água livre, ausência de luz e uma temperatura por volta de 22°C (ALMEIDA, 1986; KIMATI *et al.*, 1997). Na realização de testes que avaliaram a variabilidade espacial da duração do molhamento foliar na cultura do cafeeiro, nos diferentes terços da planta (terço inferior, terço médio e topo do dossel da planta), obtiveram-se resultados nos quais se pôde notar uma maior duração do período de molhamento foliar nas partes mais baixas da planta. Notou-se, também, que o terço médio da face da planta voltada para sentido nordeste teve uma maior exposição à radiação solar, que, por consequência, acarretou uma seca mais rápida quando comparado à face do terço médio da planta que estava voltada para o sentido sudoeste (SANTOS *et al.*, 2008). Isso leva ao pressuposto de que, em determinados terços e faces da planta, tem-se uma condição ambiental mais favorável para o aparecimento e desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. Os resultados obtidos no presente trabalho confirmam, em parte, esta hipótese.

Os resultados alcançados em relação à incidência da ferrugem nas faces de exposição das plantas (apresentados nas Figuras 2 e 3) mostraram que a incidência de ferrugem do cafeeiro nas faces voltadas para o sul e para o norte não apresentou diferenças estatísticas quando comparada aos dados da média das três avaliações, nem em comparação aos dados obtidos em cada uma das 3 avaliações individualmente. Concluímos, assim, que as condições ambientais na face da planta voltada para o sul, em comparação à face da planta voltada para o norte, não apresentaram diferenças significativas para gerar uma alteração na intensidade da doença em um determinado lado em relação a outro.

Os resultados obtidos no que se refere à incidência da ferrugem nos terços da planta (apresentados na Figura 4) mostraram uma maior incidência de ferrugem do cafeeiro no terço inferior quando comparado ao terço médio das plantas amostradas no presente trabalho (considerando os resultados obtidos através da média dos dados das 3 avaliações). O presente resultado nos leva a entender que, na condição de campo do presente experimento, o molhamento foliar mais prolongado no terço inferior da planta e as demais características ambientais, como temperatura e luminosidade, formaram um microclima neste terço, apresentando uma condição mais favorável ao desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro, quando comparado ao terço médio da planta, onde normalmente é feita a amostragem para a identificação do nível de infestação da doença.

Porém, quando comparados os resultados referentes à incidência da ferrugem do cafeeiro no terço médio e inferior da planta, em cada uma das três avaliações individualmente (Figuras 5), estes mostraram que, na primeira avaliação, a diferença foi significativa, sendo o índice de ferrugem superior no terço inferior da planta em comparação ao terço médio. Porém, nas duas últimas avaliações, os resultados não apresentaram diferenças estáticas no que se refere à incidência de ferrugem no terço inferior em comparação à incidência no terço médio da planta. Isso nos leva à compreensão de que, na condição de campo do presente experimento, a doença, no início, apresentou maior índice de infecção no terço inferior da planta; porém, no decorrer do tempo entre as avaliações, a infecção se espalhou na planta, tornando-se uniforme em relação ao terço inferior e médio nas duas últimas avaliações.

No que diz respeito à incidência da ferrugem em ambas as partes avaliadas, ao longo do tempo das três avaliações (Figuras 6), obteve-se um resultado significativo, mostrando um crescimento na incidência da doença ao longo do tempo, sendo a incidência da ferrugem maior na segunda avaliação em relação à primeira, e maior na terceira avaliação em comparação com a segunda. Os dados mostram que, na condição de campo do presente experimento, a curva de progresso da doença ao longo do tempo foi ascendente.

5. CONCLUSÃO

O terço inferior das plantas avaliadas apresentou maior incidência de ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), em comparação com o terço médio, na fase inicial da epidemia. Já as faces de exposição da planta, voltadas para o sul e para o norte, não evidenciaram diferenças significativas quanto à incidência da doença. Quando analisado o progresso da doença no talhão, comparando-se a incidência de ferrugem em cada uma das 3 avaliações, a doença mostrou um progresso ascendente, apresentando um maior índice de infecção a cada avaliação realizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, W.M.V. *et al.* Período de incubação da ferrugem do cafeeiro. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.2, p.134-140, 2019.
- ALMEIDA, S. R. Doenças do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 391-399.
- CAMARGO, M. B. P. The impact of climatic variability and climate change on Arabica coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 239-247, 2010.
- CARVALHO, V. L.; CHALFON, S. M.; CUNHA, R. L. **Doenças do cafeeiro: diagnose e controle**.Concordia: EPAMIG, 2013. 52p (EPAMIG. Boletim Técnica, 103).
- CHALFON, S. M.; PIMENTEL-SOUZA, G. C.; CARVALHO, V. L. **Ferrugem-do-cafeeiro: importância do monitoramento com as mudanças climáticas**.Concordia: EPAMIG, 2016. 5p (EPAMIG. Circular Técnica, 235).
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**, v. 5 – safra 2020 – Quarto levantamento, Brasília, p. 1-45, dezembro 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>> Acesso em: 5 fevereiro 2021.
- CUNHA, R. L.; MENDES. A. N. G.; CHALFON, S. M. Controle químico da ferrugem do cafeeiro (*coffea arábica* L.) e seus efeitos na produção e preservação do enfolhamento. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 990-996, set.out., 2004.
- FILHO, A. B.; AMORIM, L.; KIMATI, H. Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos. **Agronômica Ceres**, São Paulo, v. 1, p. 919, 1995.
- GARCIA, A.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M. **Ocorrência das principais doenças causadas por fungos em cafeeiros de Rondônia e seu controle**. Concordia: Embrapa, 2000. 15p (Embrapa. Circular Técnica, 51).
- GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. **Newsletter - Coffee - Research – Institute**, v.2,p.16-20, 1993.

KIMATI, H. *et al.* Manual de fitopatologia: Doenças de plantas cultivadas. **Agronômica Ceres**, São Paulo, v. 2, p. 705, 1997.

MESQUITA, Carlos Magno de et al. **Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (Coffea arabica L.)**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016a. 62 p. il.

MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Café no Brasil**. [2018]. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 5 fevereiro 2021.

MONTOYA, R. H.; CHAVES, G. M. Influência da temperatura e da luz na germinação, infectividade e período de geração de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. **Experientiae**, Viçosa, v. 18, n. 11, p. 239-266, dez. 1974.

PARTELLI, F. L. *et al.* Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 619-626, 2010.

SANTOS, E. A. *et al.* Spatial variability of leaf wetness duration in cotton, coffee and banana crop canopies. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, p. 18–25, 2008.

SOUZA, F. F. *et al.* **Características das principais variedades de café em Rondônia**. Concórdia: Embrapa, 2004. 26p (Embrapa. Circular Técnica, 93).

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.) controle de doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV; Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. v. 2, p. 83-179.