



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

ANTONIA FABIANA PINTO DE HOLANDA

**INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DO
OÍDIO DO CAJUEIRO**

FORTALEZA

2024

ANTONIA FABIANA PINTO DE HOLANDA

INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DO OÍDIO
DO CAJUEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitopatologia.

Orientador: Prof. Dr. Marlon Vagner Valentim Martins

Coorientador: Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca

FORTALEZA

2024

Página reservada para ficha catalográfica.

Utilize a ferramenta *online* [Catalog!](#) para elaborar a ficha catalográfica de seu trabalho acadêmico, gerando-a em arquivo PDF, disponível para download e/ou impressão.

(<http://www.fichacatalografica.ufc.br/>)

ANTONIA FABIANA PINTO DE HOLANDA

INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DO OÍDIO
DO CAJUEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitopatologia.

Aprovada em: xx/xx/xxxx.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marlon Vagner Valentim Martins (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca (Coorientador)
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Dr. Cristiano Souza Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À Instituição Funcap, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-graduação Agronomia/Fitotecnia.

Ao Dr. Marlon Vagner Valentim, pela paciência, ensinamentos e excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Cristiano Lima (UFC) e Prof. Dr. Weverson Fonseca (UFPI) pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas do laboratório de Fitopatologia da Embrapa Agroindústria Tropical e Laboratório de Micologia UFC.

Aos colegas da turma de mestrado, pelo carinho e companheirismo.

“Citação relacionada com o tema do trabalho, com indicação de autoria.” (AUTOR, ano, p. x). Em caso de dúvidas consulte a norma ABNT NBR 10520 ou o Guia de Normalização para Elaboração de Citações.

RESUMO

Dentre os problemas fitossanitários do cajueiro, o oídio é considerado a doença mais importante. Apesar de ser sabido que há dois agentes causais: *Erysiphe necator* que ataca as folhas maduras e *E. quercicola* que ataca tecidos jovens, tais como maturis e inflorescências, sendo esta espécie a mais prejudicial à cultura, há escassez de informação sobre o comportamento do fungo em resposta a fatores climáticos como umidade relativa, luz e temperatura assim como a resposta a diferentes fontes de inóculo. E considerando a dependência do inóculo primário no ciclo de infecção dos fungos, bem como os elementos climáticos nas epidemias do oídio, foram realizados experimentos com o objetivo de avaliar o efeito de temperatura, umidade relativa e luz influenciando no desenvolvimento da doença. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar o comportamento de *Erysiphe quercicola* obtido de diferentes fontes de inóculo, maturi novo, maturi velho, maturi necrótico, folha e inflorescência sob diferentes condições de umidade e temperatura. Os conídios extraídos de cada fonte de inóculo foram submetidos às condições climáticas 0, 30, 50, 70 e 100% de umidade relativa a temperatura de 23°C sob fotoperíodo de 12/12h. A umidade relativa não interfere na germinação e na formação de apressórios, diferentemente das fontes de inóculo, sendo as inflorescências as que obtiveram inóculos mais viáveis, enquanto que os maturis velhos apresentaram conídios menos viáveis. Quando analisada a interação temperatura e espectro de luz, constatou-se que os espectros correspondentes às cores verde e vermelho induziram a uma maior germinação e formação de apressórios. Enquanto que a luz azul suprimiu o desenvolvimento dos conídios. Além disso, os fatores temperatura e fotoperíodo influenciam no comportamento dos conídios, sendo a temperatura de 23°C e o fotoperíodo 12/12h os níveis ideais dentro de cada fator para o aumento na germinação e formação de apressório dos conídios de *E. quercicola*. Para estudar a influência dos elementos climáticos no desenvolvimento de oídio do cajueiro foram realizados experimentos em condições controladas e em campo. Em laboratório e utilizando a metodologia de discos de folhas, foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial triplo o efeito de três espectros de cor (vermelho, verde e azul) x três fotoperíodos (7/17h, 12/12h e 17/7h) x duas temperaturas (17°C e 23°C) com três repetições cada e uma testemunha. Quatro discos de folhas foram colocados em cada placa de Petri e incubados em BODs com lâmpadas fluorescentes de 15W e intensidade de luz média de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Foram avaliados o número de conídios produzidos. Em campo, o oídio desenvolvido em mudas do cajueiro foi avaliado sob a influência da luz utilizando sombrites com malhas de 30%, 50% e 70% de

exposição à luz, além de 0% de exposição à luz utilizando sacos plásticos foscos de cor preta, e 100%, onde as plantas ficaram completamente expostas ao sol dentro das gaiolas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial com 5 níveis de intensidade de luz. Em cada gaiola foram colocadas 5 mudas em estágio juvenil de clones BRS - 189. Constatou-se que *E. quercicola* em interação com discos de folhas de cajueiro se desenvolve melhor a temperatura de 23°C e no fotoperíodo 17/7h, e em quase todos os espectros de cores a exceção para o espectro de luz azul que apresentou a menor média do número de conídio/cm². No mais, constatou-se que a severidade da doença e a esporulação se agravam de 4 DAI a 20 DAI e a menores intensidades de luz, ou seja, menores exposições de luz, sendo destaque o tratamento de 0% de luz com iluminância de 0,0014 - 0,0049 μmol/m²/s.

Palavras-chave: *Erysiphe quercicola*; Oídio do cajueiro; Epidemiologia.

ABSTRACT

Among the phytosanitary problems of cashew trees, powdery mildew is considered the most important disease. Although it is known that there are two causal agents: *Erysiphe necator* which attacks mature leaves and *E. quercicola* which attacks young tissues, such as maturis and inflorescences, this species being the most harmful to the crop, there is a lack of information on the behavior of the fungus in response to climatic factors such as relative humidity, light, and temperature as well as in response to different inoculum sources. Considering the dependence on the primary inoculum in the fungal infection cycle, as well as the climatic elements in powdery mildew epidemics, experiments were carried out to evaluate the effect of temperature, relative humidity, and light influencing the development of the disease. In the first experiment, the objective was to evaluate the behavior of *Erysiphe quercicola* obtained from different sources of inoculum, new maturi, old maturi, necrotic maturi, leaf, and inflorescence under different humidity and temperature conditions. The conidia extracted from each inoculum source were subjected to climatic conditions of 0, 30, 50, 70, and 100% relative humidity at a temperature of 23°C under a 12/12h photoperiod. Relative humidity does not interfere with germination and appressoria formation, unlike inoculum sources, with inflorescences being those that obtained more viable inoculums, while old maturis presented less viable conidia. When the interaction between temperature and the light spectrum was analyzed, it was found that the spectra corresponding to the colors green and red induced greater germination and formation of appressoria. While blue light suppressed the development of conidia. Furthermore, the factors temperature and photoperiod influence the behavior of conidia, with a temperature of 23°C and a photoperiod of 12/12h being the ideal levels within each factor to increase the germination and appressorium formation of *E. quercicola* conidia. To study the influence of climatic elements on the development of powdery mildew on cashew trees, experiments were carried out under controlled conditions and in the field. In the laboratory and using the leaf disc methodology, the effect of three color spectra (red, green, and blue) x three photoperiods (7/17h, 12/12h, and 17/7h) x two temperatures (17°C and 23°C) with three repetitions each and a control. Four leaf discs were placed in each Petri dish and incubated in BODs with 15W fluorescent lamps and an average light intensity of 0.59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. The number of conidia produced was evaluated. In the field, powdery mildew developed on cashew seedlings was evaluated under the influence of light using shades with meshes of 30%, 50%, and 70% light exposure, in addition to 0% light exposure using matte black plastic bags, and 100%, where the plants were completely exposed to the sun inside the cages. The experiment was conducted in a completely randomized design in a factorial scheme with 5 light intensity levels. In each cage, 5 seedlings in the juvenile stage of BRS - 189 clones were placed. It was found that *E. quercicola* in interaction with cashew leaf discs develops better at a temperature of 23°C and in the 17/7h photoperiod, and almost all color spectrums, except the blue light spectrum, which presented the lowest average number of conidia/cm². Furthermore, it was found that the severity of the disease and sporulation worsened from 4 DAI to 20 DAI and at lower light intensities, that is, lower light exposures, highlighting the treatment of 0% light with an illuminance of 0.0014 - 0.0049 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Keywords: *Erysiphe quercicola*; Cashew powdery mildew; Epidemiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Conídios de <i>E. quercicola</i> com tubo germinativo e apressório.....	31
Figura 2	– Aspecto pulverulento em folha jovem e conídio de <i>E. quercicola</i> observados em microscópio óptico.....	46
Figura 3	– Placa com esporulação do fungo em disco de folha infectado.....	47
Figura 4	– A. Disco de folha jovem sadio; B: 1 cm ² de área infectada sobre disco de folha sadia; C: conídios de <i>E. quercicola</i> obtidos de inflorescência visto em microscópio.....	47
Figura 5	– A: pontuações escuras que representam os sintomas da doença; B aspecto pulverulento, sinais do patógeno; C: conidióforos livres característicos deste fungo.....	48
Figura 6	– A: primeira visada do primeiro quadrante; B: segunda visada; C terceira visada. Fotos utilizadas no software Imagej.....	49
Figura 7	– Imagem das placas de Petri revestidas com as folhas de papel insulfilm verde, azul e vermelho incubadas em BOD no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza.....	50
Figura 8	– Mudas de cajueiro-anão inoculadas com fungo e colocadas em gaiolas com diferentes malhas de sombrites expostas ao sol na Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza.....	52
Figura 9	– Fotos de folhas de cada tratamento retiradas para analisar a severidade da doença em porcentagem de área atacada.....	53
Figura 10	– Paletas de cores correspondentes aos pixels de cada componente. A tecido sadio; B: tecido com sintoma e C: fundo.....	54
Figura 11	– Amostras dos tratamentos: 0, 30, 50, 70 e 100% para cada período analisado 4 e 20 dias.....	55

Figura 12	– A: disco de folha em tratamento 17/7h a 17°C, 13 DAI; B: discos de folha em tratamento 17/7h a 23°C, 5 DAI. Ambos em período de latência.....	56
Figura 13	– A: severidade para iluminância de 0%, B: para iluminância de 30% C: para iluminância de 50%; D: para iluminância de 70%; E: para iluminância de 100%, observados a 4 DAI.....	66
Figura 14	– A: severidade para iluminância de 0%, B: para iluminância de 30% C: para iluminância de 50%; D: para iluminância de 70%; E: para iluminância de 100%, observados a 20 DAI.....	67
Figura 15	– Severidade do oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” submetidas à exposição de luz. A: 0% de exposição à luz; B: 30% de exposição à luz.....	67
Figura 16	– Severidade do oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” “submetidas à exposição de luz. A: 50% de exposição à luz; B: 70% de exposição à luz.....	68
Figura 17	– Severidade de oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” submetidas a 100% de exposição à luz.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Boxplot e gráficos em barras da porcentagem média dos conídios de <i>E. quercicola</i> germinados e com formação de apressório em relação a fonte de inóculo.....	31
Gráfico 2 – Boxplot das médias das interações espectro:temperatura e temperatura:espectro para porcentagem de germinação dos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	33
Gráfico 3 – Boxplot e gráfico de médias com os valores da germinação dos conídios de <i>E. quercicola</i> para os fatores fotoperíodo e temperatura.....	34
Gráfico 4 – Boxplot e gráfico de barras com a porcentagem de conídios de <i>E. quercicola</i> com formação de apressório para os fatores fotoperíodo e temperatura.....	36
Gráfico 5 – Boxplot das médias das interações espectro:temperatura e temperatura:espectro para porcentagem de conídios de <i>Erysiphe quercicola</i> com formação de apressórios.....	38
Gráfico 6 – Gráficos em barras das médias dos conídios de <i>E. quercicola</i> à esquerda fotoperíodo e à direita temperaturas.....	62
Gráfico 7 – Gráficos em barras das médias dos conídios de <i>E. quercicola</i> produzidos em discos de folhas quando submetidos ao fotoperíodo, temperatura e espectro.....	65
Gráfico 8 – Gráfico em linhas das interações entre os fatores temperatura e espectro, temperatura e fotoperíodo, espectro e temperatura, espectro e fotoperíodo, fotoperíodo e temperatura e fotoperíodo e espectro, respectivamente.....	67
Gráfico 9 – Gráfico em barras das porcentagens médias da severidade da doença submetidos a iluminâncias aos dias 20 dias da inoculação de <i>E. quercicola</i>	73
Gráfico 10 – Número de conídios/cm ² de <i>E. quercicola</i> produzidos em folhas do clone “BRS - 189” submetidos a iluminância e avaliados em diferentes tempos.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Análise de variância para variável resposta da porcentagem de conídios de <i>E. quercicola</i> com tubo germinativo.....	29
Tabela 2	– Análise de variância para a porcentagem de conídios de <i>E. quercicola</i> com apressórios.....	30
Tabela 3	– Análise de variância para porcentagem de conídios de <i>E. quercicola</i> germinados.....	32
Tabela 4	– Análise de variância do desdobrando das temperatura dentro de cada nível de espectro para germinação dos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	33
Tabela 5	– Tabela de comparação de médias da interação espectro:temperatura para a porcentagem de germinação dos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	34
Tabela 6	– Análise de variância de formação de apressórios dos conídios germinados de <i>Erysiphe quercicola</i>	35
Tabela 7	– Análise de variância do desdobramento da interação temperatura:espectro para formação de apressório nos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	37
Tabela 8	– Tabela de comparação de médias da interação espectro:temperatura para a porcentagem de apressórios dos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	37
Tabela 9	– Análise de variância para o número de conídios de <i>E. quercicola</i>	57
Tabela 10	– Tabela de comparação de médias da interação fotoperíodo:temperatura para a esporulação de conídios de <i>E. quercicola</i>	58
Tabela 11	– Análise de variância para o número de conídios de <i>E. quercicola</i> produzidos em discos de folhas submetidos aos efeitos de fotoperíodo, temperatura e espectro.....	59

Tabela 12 – Tabela de comparação de médias da interação fotoperíodo:temperatura para a porcentagem de germinação dos conídios de <i>Erysiphe quercicola</i>	62
Tabela 13 – Análise de variância referente a porcentagem de área da folha com sinais de oídio do cajueiro.....	69
Tabela 14 – Análise de variância referente ao número de conídios de <i>E. quercicola</i> em função de tempo e iluminância.....	70
Tabela 15 – Análise de variância referente ao número de conídios por tratamento de iluminância a cada período avaliado.....	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	A cajucultura	16
2.2	Oídio do cajueiro	18
<i>2.2.1</i>	<i>A epidemiologia e a relação com o ambiente</i>	<i>20</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Temperatura</i>	<i>22</i>
<i>2.2.3</i>	<i>Luz</i>	<i>22</i>
<i>2.2.4</i>	<i>Umidade relativa do ar</i>	<i>21</i>
3	CAPÍTULO I: COMPORTAMENTO <i>Erysiphe quercicola</i>, OBTIDO POR DIFERENTES FONTES DE INÓCULO, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE, LUZ E TEMPERATURA.....	26
4	CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE OÍDIO DO CAJUEIRO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.....	45
5	CONCLUSÕES FINAIS	80
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7	REFERÊNCIAS	82

1 INTRODUÇÃO

A cultura do caju é de grande importância social e econômica na região nordeste do Brasil. O caju (*Anacardium occidentale* L.) é utilizado para a produção de diversos produtos com valor comercial. Essa espécie é originária do Brasil e possui uma grande capacidade de se adaptar a solos de baixa fertilidade, regiões com pouca água e altas temperaturas (AGUIAR et al., 2000). Ela pode ser encontrada em diversas áreas tropicais do mundo, já que foi disseminada pelos portugueses após a colonização do Brasil (JOHNSON, 1973). Sua distribuição ocorre em uma faixa que vai do paralelo 27° Norte, no sudeste da Flórida, até o paralelo 28° Sul, na África do Sul (OLIVEIRA, 2008). Assim, o *Anacardium occidentale* está presente em diferentes agroecossistemas, principalmente no litoral do Nordeste do Brasil (LIMA, 1988).

No estado do Ceará, a produção de caju atinge a marca de 234 kg/ha, o que o coloca como o principal produtor dessa fruta no Brasil. No entanto, durante os anos de 2012 a 2019, que coincidiram com uma das mais recentes secas na região, houve uma forte queda na produção e redução das áreas de cultivo no Nordeste. Isso resultou em uma diminuição de 32,6% na produção de caju no Ceará, 58,1% no Piauí e 60,3% no Rio Grande do Norte. Como consequência, a área de plantio de cajueiros na região sofreu uma redução de 43,5%, refletindo em uma queda de 43,7% no Brasil (IBGE/PAM, 2022). Além disso, os problemas fitossanitários, como o oídio, brocas e traças-das-castanhas, também contribuíram significativamente para a redução da produção de cajueiros em diferentes regiões do Nordeste (CARDOSO; VIANA, 2011).

Dentre as dificuldades encontradas, está o oídio do cajueiro, causado pelo fungo *Erysiphe quercicola*, também conhecido como *Pseudoidium anacardii* Noack, que é observado em todas as regiões produtoras da fruta e em diferentes clones comerciais, o que reduz significativamente a produção da planta (CARDOSO et al., 2011). O oídio é a principal patologia do cajueiro, tendo como principal agente de disseminação o vento (CARDOSO et al., 2012; VIANA et al., 2016). Os efeitos do oídio na cajucultura são preocupantes, uma vez que podem prejudicar o pedúnculo e a castanha, os principais produtos comercializados. A produção de pomares nas regiões sudeste e litoral do Ceará tem apresentado uma redução de até 100% na produção (VIANA et al., 2016).

A epidemia do oídio tem início com a presença de inóculo nas áreas de cultivo do cajueiro ou em outras hospedeiras alternativas. De acordo com Fonseca (2019), o fungo *E. quercicola* é o agente causador do oídio em espécies de urucuzeiro, sombreiro e mangueira, espécies tropicais que fazem parte do ecossistema do cajueiro no Nordeste brasileiro. Dessa forma, além do cajueiro, outras espécies de plantas podem ser consideradas hospedeiras primárias da doença, sendo responsáveis pela manutenção e produção do inóculo primário da doença.

É sabido que os fungos tendem a apresentar grande influência das alterações climáticas, devido à sua facilidade de reprodução, dispersão, grande quantidade de indivíduos e um curto intervalo entre as gerações (GHINI, 2005). A temperatura interfere na taxa de crescimento e germinação dos conídios dos fungos, interferindo na taxa de persistência e extensão da infecção. Além disso, a temperatura pode inibir ou não o desenvolvimento da doença, de acordo com a natureza do patógeno (BARBOSA et al. (2011); MAIA et al. (2011); ENGLAND et al. (2006); TEIXEIRA et al. (2006).

Apesar de não haver muitos estudos da interação da doença em diferentes condições climáticas, sabe-se que o oídio do cajueiro, causado pelo *E. quercicola*, tende a se desenvolver em ambientes com temperaturas médias de 24,7°C e umidade relativa do ar de 70% (MARTINS et al., 2020). A temperatura é a principal variável que interfere no comportamento do oídio do cajueiro, mas a sua interação com outros elementos climáticos, como a luz, o tempo de exposição à luz e a umidade relativa, tem um efeito distinto no ciclo de infecção do fungo (MARTINS et al., 2020). A luz, por exemplo, tem um papel relevante na esporulação e na viabilidade de esporos de fungos. A qualidade e a intensidade da luz interferem na germinação de conídios, no crescimento vegetativo e na formação de estruturas reprodutivas, como foi demonstrado em estudos com *Stemphylium solani* (MINUSSI et al., 1977). O período de exposição ao sol pode influenciar a resposta de patógenos, uma vez que a radiação interfere no comportamento de fungos, o que estimula ou inibe a germinação dos conídios. Isto é determinado pelo tempo de exposição e pela intensidade da luz (COCHRANE, 1958; GOTTLIEB, 1950).

Apesar da importância do fungo para a cultura, há escassez de estudos sobre o comportamento da interação do fungo provenientes de diferentes fontes (cajueiro-anão) de inóculo com fatores ambientais. Os esporos deste fungo tendem a perder rapidamente a sua viabilidade quando fora do cajueiro e , ainda não se conhece qual o comportamento desse

fungo originado de fontes de inóculo de diferentes fases fenológicas. Esta falta de dados limita o entendimento das epidemias e o desenvolvimento de eficientes estratégias de manejo integrado da doença.

Além disso, tem-se observado, em condições de campo, que alguns elementos climáticos podem ter forte influência no desenvolvimento das epidemias, já que a doença se mostra presente logo no início do ciclo de produção da planta (após o período chuvoso), com rápida disseminação pelo vento durante o período seco (CARDOSO et al, 2012; VIANA et al, 2016).

Tem-se observado que embora *E. quercicola* cause danos na panículas externamente a copa da planta, este fungo também está presente dentro da copa, onde há elevada temperatura e umidade relativa (SHOMARI et al., 1998) e, talvez a luz exerce forte influência sobre o desenvolvimento do oídio. Entretanto, estudos com elementos climáticos sobre o oídio do cajueiro são limitados e ainda faltam informações sobre o efeito conjunto de temperatura e luz sobre o fungo e o desenvolvimento da doença.

Assim, a infecção pelo fungo que causa o oídio do cajueiro depende de fatores como a temperatura, a umidade relativa, a luz, que são fundamentais para o progresso da doença. Dessa forma, a análise das condições climáticas é indispensável para compreender o progresso da epidemia de uma doença, bem como para estabelecer estratégias de manejo. Portanto, os objetivos deste trabalho foram (i) estudar o comportamento de *E. quercicola* originado de diferentes fontes de inóculo e sua relação com os elementos climáticos importantes numa epidemia; e, (ii) avaliar o efeito de elementos climáticos como a temperatura e luz sobre o ciclo de infecção de *E. quercicola* e no surgimento da doença em condições controladas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cajucultura

A cajucultura apresenta grande relevância social e econômica no Nordeste brasileiro. Do caju (*Anacardium occidentale* L.) são derivados diversos produtos com importância comercial. Tal espécie é nativa do Brasil, possui alta capacidade adaptativa a solos pouco férteis, a regiões com baixo índice hídrico e a elevadas temperaturas (AGUIAR et al., 2000).

As condições ideais para o desenvolvimento da cajucultura são: temperatura anual média entre 22°C a 32°C; precipitação média anual entre 800 mm a 1.500 mm, com deficiência hídrica anual de 350 mm; altitude entre 0 m a 300 m. Além disso, a cultura necessita, para o aumento da produtividade, alta luminosidade. Em condições sombreadas não há produção satisfatória. Em contraste, no Nordeste, importantes municípios produtores de caju têm regime pluviométrico entre 600 mm a 1.200 mm anuais, no período correspondente aos meses de janeiro a maio, além de estarem situados entre 600 m a 800 m de altitude. A faixa ideal de umidade está entre 70% e 85%, tal condição aumenta a incidência de doenças fúngicas (CRISOSTOMO, 2003).

O caju pertence à família Anacardiaceae, possui porte arbóreo e tem como maior centro de dispersão do gênero *Anacardium* a Amazônia. Entretanto, o cajueiro é a única espécie cultivada comercialmente do gênero, e tem como centro de origem o Nordeste brasileiro (MITCHELL e MORI, 1987; BARROS, 1988).

A espécie pode ser encontrada em toda a região tropical do globo, devido a dispersão pelos portugueses após o processo de descobrimento do Brasil (JOHNSON, 1973). Compreendendo a uma faixa entre os paralelos de 27° Norte, no sudeste da Flórida, e 28° Sul, na África do Sul (OLIVEIRA, 2008). Desse modo, a *A. occidentale* está dispersa em variados agroecossistemas, particularmente no Brasil nas áreas litorâneas do Nordeste (LIMA, 1988). A exploração do cajueiro, até a década de 1960 apresentava cultivo majoritariamente de árvores nativas semi-domesticadas, as quais eram selecionadas pelos próprios agricultores, no Nordeste (ALMEIDA et al., 1993).

No Ceará a frutífera tropical tem produtividade de 234 kg/ha, colocando o estado como o maior produtor da cultura no Brasil. Entretanto, nos anos de 2012 a 2019, período que corresponde a mais recente estiagem, houve elevada perda da produção e redução de áreas de cultivo no Nordeste. Ocasionalmente diminuição da produção em torno de -32,6% no Ceará, -58,1% no Piauí e -60,3% no Rio Grande do Norte. Esses decréscimos resultaram na perda de 43,5% da área plantada de caju na região e 43,7% no Brasil (IBGE/PAM, 2022).

Além disso, os problemas fitossanitários como o oídio, brocas e traças-das-castanhas foram importantes para a diminuição da produção do cajueiro nas diferentes regiões do Nordeste (CARDOSO; VIANA, 2011).

Dentre estes problemas, tem-se o oídio do cajueiro causado pelo fungo *Erysiphe quercicola* sinônimo de *Pseudoidium anacardii* Noack que é observado em todas as regiões produtoras da fruta e nos diferentes clones comerciais diminuindo a produção da planta (CARDOSO et al., 2012). O sintoma mais frequente da doença é o aparecimento de um revestimento branco-acinzentado e pulverulento, semelhante à cinza vegetal, presente nos órgãos afetados (CARDOSO et al., 2013). Sobre os tecidos vegetais são observadas estruturas vegetativas e reprodutivas do fungo como hifas, conidióforos e conídios. O aspecto sintomático da doença se confunde com o ectoparasitismo do fungo (CARDOSO et al., 2013; VIANA et al., 2016).

O oídio é a principal doença do cajueiro, e apresenta como principal agente de disseminação o vento (CARDOSO et al., 2012; VIANA et al., 2016). Além disso, foi observado que a doença necessita de um período seco bem definido o que coincide com o período seco necessário para o florescimento, a polinização e a frutificação da cultura (CARDOSO; VIANA, 2011).

2.2 Oídio do cajueiro

As fitopatologias chamadas de oídio pertencem a família Erysiphaceae, apresentam largo grupo de fungos fitopatogênicos, têm distribuição cosmopolita e são exclusivamente biotróficos (TAKAMATSU, 2013; TAKAMATSU et al., 2015).

As fases perfeitas dos fungos causadores de oídios estão representadas pelos gêneros *Blumeria*, *Sphaerotheca*, *Podosphaera*, *Brasiliomyces*, *Phyllactinia*, *Leveillula*, *Pleochaeta*, *Sawadaea*, *Cystotheca*, *Golovinomyces*, *Arthrocladiella*, *Neoeerysiphe*, *Uncinula* e *Erysiphe*. Enquanto que a fase anamórfica desses fungos corresponde aos gêneros *Ovolariopsis*, *Streptopodium*, *Oidiopsis*, *Oidium* e *Pseudoidium* (BEDENDO, 2011; BRAUN; COOK, 2012).

Aproximadamente 10.000 espécies de angiospermas são afetadas por esse grupo de fungos que atacam folhas, caules, flores e frutos, levando a danos na produção, na longevidade produtiva das plantas e na qualidade do produto final (AMANO, 1986). As espécies dos gêneros causadores de oídio raramente matam a planta hospedeira, mas levam a consideráveis perdas econômicas para o produtor (AGRIOS, 2005). Os danos causados pelo oídio na cajucultura apresentam elevada preocupação, pois estes podem surgir no pedúnculo e

na castanha, os principais produtos comercializados. As regiões sudeste do Piauí e litoral do Ceará, têm apresentado perdas de até 100% da produção de alguns pomares (VIANA et al., 2016).

O gênero *Erysiphe* pertence ao Reino Fungi; Filo Ascomycota; Subfilo Pezizomycotina; Classe Leotiomycetes; Subclasse Leotiomycetidae; Ordem Erysiphales; Família Erysiphaceae; Subfamília Erysiphoideae; Tribo Erysipheae; Subtribo Erysiphinae (BERGAMIN FILHO; REZENDE; AMORIM, 2011).

O oídio do cajueiro foi primeiramente relatado como *Oidium anacardii* Noack (1898), e, posteriormente, como *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R. T. A. Cook (2012). Desde o primeiro relato até pouco tempo, no Brasil, a doença era considerada secundária na cultura, e estava associada a sintomas presentes exclusivamente em folhas maduras, apresentando sinais do patógeno nas duas faces do limbo foliar, mais comumente na face superior, recobrando a folha por um pó acinzentado, o que diminui a capacidade fotossintética (NOACK, 1898; CARDOSO; VIANA, 2011; CARDOSO, 2003; FREIRE et al., 2002). Em contraste, na Índia e nos países do Leste africano relataram a ocorrência da doença apenas em 1979 e 1961, respectivamente (CARDOSO et al., 2013; CASULLI, 1979; VIANA et al., 2016).

Embora, há décadas, tenha sido considerada a principal doença do cajueiro em países do continente africano como a Tanzânia (CASULLI, 1979; MARTIN et al., 1997; SIJAONA et al., 2001). Ainda hoje se configura como a principal doença do cajueiro nesse país.

Nos países africanos, a doença está associada a diferentes órgãos da planta; folhas jovens, inflorescência, pedúnculo e castanha. Estes dois últimos correspondem aos produtos finais da cajucultura, portanto, tais ataques evidenciam maiores perdas ao produtor. O ataque desses órgãos está relacionado à espécie *E. quercicola*, que apenas recentemente foi relatada no Brasil, em estudos que evidenciaram diferenças morfológicas dos conídios entre o oídio original, que ataca folhas maduras (HONORATO et al., 2016). Ademais, análises de sequência de DNA revelaram tal espécie como causadora do oídio do cajueiro, sendo este o primeiro registro de *E. quercicola* como agente causal da doença no Brasil (CARDOSO et al., 2017). Com isto, foi concluído que o oídio relatado primeiramente no Brasil, no século XIX, trata-se de uma outra espécie; *E. necator* (BRAUN et al., 2017).

Desse modo, acredita-se que o oídio do cajueiro que ocorre no Brasil tenha coevoluído com as espécies botânicas do gênero *Anacardium* (CARDOSO et al., 2013). De todo modo, diferenças na forma e tamanho dos conídios entre *E. necator* e *E. quercicola*, têm sido relatadas (HONORATO et al., 2016).

Quanto a sintomatologia, tem-se os sintomas e sinais caracterizados por lesões aveludadas de coloração branca ou cinza na forma de um pó pulverulento no tecido vegetal, as quais surgem mais frequentemente na parte aérea da planta, geralmente nas folhas, o que gera a diminuição da atividade fotossintética. No entanto, tratando-se de *E. quercicola* outros órgãos como inflorescências, castanhas e pedúnculos do caju afetados e o clima, nesses casos, interfere diretamente na severidade da doença (CARDOSO et al., 2013; FREIRE et al., 2002; ALMEIDA; MACHADO; PANIZZI, 1981).

Assim, quanto aos danos, entende-se que em termos quantitativos há a diminuição da produção de castanhas e pedúnculos. Já em termos qualitativos há a deformação do aspecto comercial, principalmente para a comercialização do pedúnculo *in natura* (CARDOSO, 2014). Para a redução dos danos, o controle químico da doença com fungicidas de contato (a exemplo do enxofre) ou sistêmico (triazóis) deve ser adotado precocemente, antes do início da epidemia em botões e em flores das panículas que são os órgãos mais suscetíveis à infecção (INTINI, 1983; SIJAONA, 2001) e teoricamente estendendo por todo o ciclo da planta. Apesar da recomendação do controle químico da doença como a principal estratégia nos campos de produção de caju (CARDOSO et al., 2012; MARTINS et al., 2022), o clima pode interferir no desenvolvimento da doença e alterar o esquema de manejo do oídio durante as epidemias.

2.2.1 A epidemiologia e a relação com o ambiente

O efeito do clima é estudado, por diversas vezes, para o entendimento do desenvolvimento de epidemias de plantas. Tais estudos são essenciais para o manejo de doenças, já que, segundo Gaümann (1946):

“Doença de planta é um processo dinâmico, no qual hospedeiro e patógeno, em íntima relação com o ambiente, se influenciam mutuamente, do que resultam modificações morfológicas e fisiológicas”.

Apesar das doenças de plantas não estarem limitadas apenas a ação de agentes biológicos, esta é a definição referente ao triângulo da doença, no qual cada vértice corresponde ao patógeno, à planta hospedeira e ao ambiente. De modo que qualquer alteração em um desses vértices gerará uma modificação na intensidade ou na taxa de progressão da doença.

O início da epidemia do oídio começa com o inóculo remanescente nas áreas de cultivo do cajueiro ou hospedeiras alternativas. Segundo Fonseca (2019), o fungo *E. quercicola* também é o agente causal do oídio em: urucuzeiro, sombreiro e mangueira, espécies tropicais que fazem parte do agroecossistema do cajueiro no Nordeste brasileiro. Desse modo, além do próprio cajueiro estas espécies de planta podem ser consideradas hospedeiras primárias da doença, sendo responsáveis pela manutenção e produção do inóculo primário. No caso do oídio do cajueiro, os propágulos infectivos são disseminados pelo vento e o processo de penetração, particularmente para a espécie estudada pode ocorrer de forma passiva e ativa. Entretanto, a penetração não é sinônimo de infecção, já que a primeira é apenas o processo de invasão inicial, enquanto que a última se refere ao estabelecimento do patógeno na hospedeira (PLANK, J.E., 1963).

A partir da infecção, o patógeno consegue se desenvolver na planta hospedeira, resultando na colonização e aparecimento dos sintomas propriamente ditos. Da infecção até o aparecimento dos primeiros sintomas, tem-se o período de incubação. Quando o patógeno inicia sua fase reprodutiva, ou seja, com a produção de propágulos infecciosos há o período de latência que vai desde a inoculação à esporulação, inicia-se então o ciclo secundário de infecção (PLANK, J.E., 1963; ROBINSON, R.A, 1976; WALKER, J.C, 1965). Para *E. quercicola* é provável o surgimento de ciclos secundários de infecção.

De todo modo, o ciclo de infecção do fungo causador do oídio do cajueiro é dependente de elementos climáticos como a temperatura, a umidade relativa, a luz, o molhamento foliar e o vento que são fundamentais para o progresso da doença. Por isso, o estudo das condições climáticas é primordial para entender o avanço epidêmico de uma doença, bem como para definir diferentes estratégias de manejo.

2.2.2 Temperatura

A temperatura participa de forma direta no desenvolvimento de fungos fitopatogênicos, determinando a severidade da doença (ADASKAVEG; FÖRSTER; SOMMER, 2002). A temperatura influencia na taxa de crescimento e germinação dos fungos, o que afeta a rapidez e a extensão da infecção. Podendo aumentar ou limitar o desenvolvimento da doença, já que interfere nas diferentes fases do ciclo do patógeno, considerando que os fungos têm diferentes faixas de temperatura para o seu crescimento e esporulação (BARBOSA et al., 2011; MAIA et al., 2011; ENGLAND et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2006).

Assim, o efeito da temperatura desde a infecção é um fator decisivo para o desenvolvimento da doença. Isto porque, após a infecção, no processo de colonização, a alteração de temperatura pode modificar a taxa de colonização no tecido da hospedeira, e, conseqüentemente a reprodução do patógeno, diminuindo ou aumentando a severidade da doença (CAMPBELL e MADDEN, 1990). Desse modo, o patógeno pode ter um maior número de gerações por ciclo da doença em menor tempo, quando em temperatura favorável. Em contraste, quando em temperatura desfavorável a doença pouco se desenvolve.

Os microrganismos, como os fungos, estão mais propensos a demonstrar alterações pela ação climática por terem numerosas populações, facilidade de multiplicação e dispersão, além do curto tempo entre gerações (GHINI, 2005). Ademais, mudanças de temperatura também afetam a hospedeira, e isto pode torná-la mais suscetível ao ataque de patógenos.

No caso da espécie *E. quercicola* foi relatado que a germinação dos conídios, o comprimento do tubo germinativo e a formação de apressórios foram influenciados fortemente por temperatura, onde o melhor resultado ocorreu a 24,7°C (MARTINS et al., 2020). Apesar da temperatura influenciar no comportamento do oídio do cajueiro, a sua interação com outros elementos climáticos como luz, fotoperíodo e umidade relativa respondem diferentemente no ciclo de infecção do fungo (MARTINS et al., 2020).

2.2.3 Luz

Segundo MINUSSI et al (1997), a qualidade e a intensidade da luz afetam a germinação de conídios, a taxa de crescimento vegetativo e a indução de formação de

estruturas reprodutivas, em estudos com *Stemphylium solani*. O fotoperíodo também interfere na resposta de patógenos. A luz visível e a radiação próxima ao ultravioleta influenciam na esporulação de forma indutiva (aumentando o número de esporos), inibitória ou neutra. Já que a radiação modifica o comportamento de fungos, o que estimula ou inibe o processo de germinação. Tal comportamento é regulado pelo tempo de exposição e a intensidade da luz (COCHRANE, 1958; GOTTLIEB, 1950).

A partir dessas observações, notou-se que alguns fungos podem ser considerados esporuladores diurnos, ou seja, tais organismos exigem um período de luz alternado com um período de escuro, de modo que no escuro há um menor número de esporos e quando em luz contínua são formados conidióforos estéreis (WARNER, 2005).

Esses fungos apresentam fases diferentes de fotoesporogênese, a fase indutiva, que corresponde a formação de conidióforos, e a fase terminal, referente a formação de conídios. A primeira é estimulada pela radiação próxima à ultravioleta (NUV) associada a temperaturas relativamente elevadas. Enquanto que a fase terminal é inibida pela luz azul e NUV, ao passo que é estimulada por baixas temperaturas. Além disso, entende-se que os fungos fotossensíveis são induzidos à esporulação sob lâmpadas de luz negra NUV, estas que emitem radiação UV entre 330 e 380 nm. Em contraste, as lâmpadas comuns, que estão na faixa de luz visível 380 - 775 nm, apresentam efeito na esporulação menor do que o citado anteriormente (LEACH, 1967).

Diversos autores apontam o comprimento de onda como um fator com potencial de inibir ou estimular a esporulação de fungos. Diener (1955), concluiu, ao estudar o comportamento de *Stemphylium solani*, que o comprimento de onda ultravioleta proporcionou efeito inibitório ou até mesmo letal ao fungo. Já no estudo de Nametaka e Tokeshi (1967), foi observado alto nível de esporulação também para *S. solani*, de forma que os autores conseguiram diferenciar três raças fisiológicas a partir do comportamento desses indivíduos sob diferentes irradiações.

Já sobre o oídio do cajueiro, acreditava-se que, como um fungo epifítico, há uma alta tolerância à radiação solar, principalmente por este ser um fungo de esporos e micélio hialinos (ARNAUD, 1921; YARWOOD, 1957). A princípio esta era a percepção da relação oídio e luz, entretanto, com o avanço dos estudos sobre esta interação foi observado que a radiação UV-B proporciona efeitos prejudiciais a várias espécies de oídio (WILLOCQUET et al., 1996; ROBERTS e PAUL, 2006).

No experimento de Endler (1993), foi constatado que, assim como outros fungos, tanto a intensidade da luz quanto a qualidade da luz (composição espectral), que pode ser alterada pela sombra do dossel, influenciam no desenvolvimento e severidade do oídio do carvalho. Ainda sobre a qualidade da luz, estudos mostraram efeito inibitório de *Erysiphe* sp. quando exposto à luz vermelha (650 - 750 nm) (SCUERGER e BROWN, 1997; SUTHAPARAN et al., 2010). Apesar disso, o efeito da luz dificilmente pode ser avaliado sozinho, isto porque a exposição à luz solar está associada ao aumento da radiação incidente e ao aquecimento das folhas (AUST e HOYNINGEN-HUENE, 1986).

No entanto, apesar de muitos estudos apresentarem a fotossensibilidade do oídio à luz, há dados contrastantes como o observado por Jarvis (1964) e Kelly (2002). Nesses estudos foi notado que a infecção por oídio em carvalho foi mais severa em ambientes abertos do que sombreados. Tal comportamento também foi constatado por Newsham et al. (2000), sugerindo que a alta incidência de luz acaba diminuindo a microflora antagonista presente na folha, o que favorece o desenvolvimento do oídio.

Além disso, foi observado que o sombreamento pode levar *E. necator* a infectar tecidos foliares jovens (FONSECA, 2019).

Assim, a luz interfere no desenvolvimento de oídios, assim como na severidade da doença. Entretanto, devido a contradições na literatura e à escassez de dados referente à relação da luz e o oídio do cajueiro, faz-se necessário estudar tal interação para o melhor entendimento do comportamento do fungo, uma vez que o mesmo se desenvolve a pleno sol e ambiente de sombra.

2.2.4 Umidade relativa do ar

Assim como a temperatura, a umidade é um fator ambiental muito importante no ciclo de infecção dos fungos como um todo. Tal fator é imprescindível para o processo de germinação dos conídios e penetração via tubo germinativo no hospedeiro (AGRIOS, 2005).

Com relação ao oídio do cajueiro, foi constatado que a temperatura média de 24,7°C e UR (Umidade Relativa do Ar) média de 70% são condições essenciais para disparar os processos de infecção de *E. quercicola* (MARTINS et al., 2020). Geralmente, os fungos causadores de oídios necessitam de ambientes secos para causar a infecção (YARWOOD, 1957), evidenciando o surgimento de epidemias nesses ambientes (SELOCHNIK et al., 1994).

O ambiente seco proporciona uma maior liberação dos conídios e dispersão a longas distâncias (SCHNATHORST, 1965; JARVIS et al., 2002; GLAWE, 2008). Em contraste, para a liberação dos ascósporos, esporo sexual de *Erysiphe* sp., agente causal do oídio, constatou-se a necessidade de umidade e eventos de chuva (SCHNATHORST, 1965; GLAWE, 2008).

Embora as epidemias de oídio estejam relacionadas a condições de ambiente seco (YARWOOD, 1957), foi constatado que o oídio do cajueiro tem uma ampla faixa de UR que favorece a infecção e o progresso da doença. O gênero *Erysiphe* germina mesmo em umidade acima de 90%, apesar de apresentar pouco esporos germinados (CLAYTON, 1942). Em contrapartida, já foi observado boa germinação a 0% de UR (GRAINGER, 1947).

Em campo, a doença começa após o final das chuvas e coincide com o lançamento de brotações novas da planta, a exemplo das panículas. O inóculo de *E. quercicola*, provavelmente, origina-se daquele produzido no interior da planta (inóculo remanescente) que é um ambiente com elevada UR (SHOMARI; KENNEDY, 1999). Então, uma ampla faixa de UR (0 a 100%) tem efeito no ciclo de infecção do fungo e no progresso da doença.

É provável que a UR tenha menor efeito no desenvolvimento do oídio do cajueiro do que os outros fatores como a temperatura e a luz, que podem interferir mais diretamente em todas as etapas do ciclo de infecção do fungo.

Assim, tem-se o objetivo de avaliar os elementos climáticos: luz, temperatura e umidade relativa do ar no ciclo de infecção de *E. quercicola*, a fim de conhecer o comportamento do fungo. De modo a tornar o manejo da doença mais eficiente. Tais observações podem servir de base para estabelecer futuramente um sistema de previsão da doença e outras opções de manejo.

3 CAPÍTULO I: COMPORTAMENTO *Erysiphe quercicola*, OBTIDO POR DIFERENTES FONTES DE INÓCULO, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE, LUZ E TEMPERATURA.

RESUMO

Dentre estes problemas fitossanitários ocorridos no cajueiro-anão, o oídio é considerada a doença mais importante para cultura. *E. quercicola* é o agente causal e os tecidos jovens, como folhas jovens, inflorescências e maturis infectados refletem em diminuição da produção e contribuem junto com os elementos climáticos como temperatura, umidade relativa e luz no ciclo epidemiológico da doença. O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a viabilidade do fungo originado de maturi novo, maturi velho, folha e inflorescência e submetidos a temperatura, umidade relativa e luz. Num primeiro experimento em placas de petri, avaliou-se o efeito da umidade relativa sobre a viabilidade do fungo obtidos de diferentes fontes de inóculo. Foram utilizados 20 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e no esquema fatorial, 5 URs (0%, 35%, 50%, 85% e 100%) x 4 fontes de inóculo (folha, inflorescência, maturi novo e maturi velho) com 4 repetições. Foram avaliados a germinação e formação de apressórios. Constatou-se que não há diferença significativa, das variáveis analisadas, entre os níveis de umidade relativa. Entretanto, observa-se que as médias entre as fontes de inóculo são diferentes, tanto para a resposta tubo germinativo quanto formação de apressório. A fonte de inóculo inflorescências foi a que obteve os conídios mais viáveis com médias de 77,46% de esporos germinados e 67,33% de esporos com formação de apressórios. Em contrapartida, os maturis velhos apresentaram os conídios menos viáveis com médias de 23,13% de esporos germinados e 13,40% de formação de apressórios. Em outro experimento em placas de petri foram avaliadas a viabilidade de conídios sob as condições de temperatura e luz. Os conídios obtidos de inflorescência foram submetidos às temperaturas de 17 e 23°C aos fotoperíodos 0/24h, 7/17h, 12/12h, 17/7h e 24/0h e aos espectros de cor azul, verde, vermelho e luz branca, em esquema fatorial triplo no delineamento inteiramente casualizado. Observou-se que na temperatura de 23°C e nos espectros de cores verde e vermelho houve 71% e 70% de conídios germinados e, 61% e 60% de conídios com formação de apressórios, respectivamente. A luz azul suprimiu o desenvolvimento dos conídios. Para o caso das temperaturas e fotoperíodos, foram observados que a temperatura de 23°C apresentou a maior média de 64,04% de conídios germinados e 54,65% de conídios com formação de apressórios. Para o fotoperíodo, 12/12h foi aquele que obteve a maior média de

68,80% e 60,1 % de conídios germinados e com formação de apressórios, respectivamente. Os conídios obtidos de inflorescência, temperatura de 23°C e fotoperíodo de 12/12h são fundamentais no ciclo de desenvolvimento da doença.

Palavras-chave: *Erysiphe quercicola*; Oídio do cajueiro; Fontes de inóculo.

ABSTRACT

Among these phytosanitary problems occurring in dwarf cashew trees, powdery mildew is considered the most important disease for the crop. *E. quercicola* is the causal agent and young tissues, such as young leaves, inflorescences, and infected maturis, reflect a decrease in production and contribute together with climatic elements such as temperature, relative humidity, and light in the epidemiological cycle of the disease. The present work aims to evaluate the viability of the fungus originating from new maturi, old maturi, leaves, and inflorescences and subjected to temperature, relative humidity, and light. In the first experiment in petri dishes, the effect of relative humidity on the viability of the fungus obtained from different inoculum sources was evaluated. 20 treatments were used in a completely randomized design (DIC) and in a factorial scheme, 5 URs (0%, 35%, 50%, 85%, and 100%) x 4 inoculum sources (leaf, inflorescence, young maturi, and old maturi) with 4 repetitions. Germination and appressoria formation were evaluated. It was found that there is no significant difference, among the analyzed variables, between the relative humidity levels. However, it is observed that the averages between inoculum sources are different, both for the germ tube response and appressorium formation. The source of inflorescence inoculum was the one that obtained the most viable conidia with averages of 77.46% of germinated spores and 67.33% of spores with appressorium formation. On the other hand, old maturis had the least viable conidia with an average of 23.13% of germinated spores and 13.40% of appressorium formation. In another experiment in petri dishes, the viability of conidia was evaluated under temperature and light conditions. The conidia obtained from inflorescences were subjected to temperatures of 17 and 23°C to the photoperiods 0/24h, 7/17h, 12/12h, 17/7h, and 24/0h and the color spectrums of blue, green, red, and white light, in diagram triple factorial in a completely randomized design. It was observed that at a temperature of 23°C and in the green and red color spectrums there were 71% and 70% of germinated conidia and 61% and 60% of conidia with appressoria formation, respectively. The blue light suppressed the development of conidia. In the case of temperatures and photoperiods, it was observed

that the temperature of 23°C presented the highest average of 64.04% of germinated conidia and 54.65% of conidia with appressoria formation. For the photoperiod, 12/12h was the one that obtained the highest average of 68.80% and 60.1% of germinated conidia and appressorium formation, respectively. The conidia obtained from the inflorescence, temperature of 23°C, and photoperiod of 12/12h are fundamental in the development cycle of the disease.

Keywords: *Erysiphe quercicola*; Cashew powdery mildew; Inoculum sources.

INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L) é uma cultura que apresenta significativos problemas fitossanitários que interferem na produção da planta (VIANA, et al, 2002). Até pouco tempo, no Brasil, havia apenas um único relato de espécie causadora do oídio do cajueiro, *Erysiphe necator* (NOACK, 1898). Entretanto, em estudos mais recentes foi observado que as duas espécies coexistem causando a mesma doença, porém em períodos diferentes e atacando distintos órgãos. *E. necator* ataca folhas maduras, enquanto *E. quercicola* ataca tecidos jovens, como folhas jovens, inflorescências e maturis (FONSECA, 2019). Assim, devido aos danos causados pela ação de *E. quercicola*, antes conhecido como *Pseudoidium anacardii* (F. Noack) U. Braun & R.T.A. Cook) (BRAUN e COOK, 2012), considera-se este o principal problema na cultura (CARDOSO, 2014b).

As epidemias de oídio do cajueiro começam com o inóculo remanescente nos pomares ou em hospedeiros alternativos como urucuzeiro, sombreiro e mangueira (FONSECA, 2019). Assim, consideram-se esses os hospedeiros primários da doença, sendo responsáveis pela manutenção e propagação do inóculo. Tais propágulos infectivos, que são os conídios, são disseminados pelo vento principalmente a partir de fontes de inóculo do cajueiro que ocorrem em folhas jovens, flores e maturis (castanha e pedúnculo).

Para que ocorra o processo infectivo, ou seja, a doença é necessário que o ambiente favoreça condições ideais. Segundo a definição de doença por Gümman (1946) - “Doença de planta é um processo dinâmico, no qual hospedeiro e patógeno, em íntima relação com o ambiente, se influenciam mutuamente, do que resultam modificações morfológicas e

fisiológicas”. Portanto, é de extrema importância estudar os efeitos do ambiente no comportamento do patógeno. Tais efeitos estão relacionados a temperatura, umidade e luz.

Sabe-se que os fungos são mais propensos a demonstrar as alterações causadas pelo clima, devido a facilidade de multiplicação desses indivíduos, dispersão, numerosas populações e um curto tempo entre as gerações (GHINI, 2005). A temperatura, por exemplo, influencia na taxa de crescimento e germinação dos fungos, afetando a rapidez e a extensão da infecção. O que aumenta ou limita o desenvolvimento da doença, atuando nas diferentes fases do ciclo do patógeno, ao considerar que os fungos têm diferentes faixas de temperatura para o seu crescimento e esporulação (BARBOSA et al., 2011; MAIA et al., 2011; ENGLAND et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2006).

Além da temperatura, entende-se que a qualidade e a intensidade da luz afetam a germinação de conídios, a taxa de crescimento vegetativo e a indução de formação de estruturas reprodutivas, a exemplo de *Stemphylium solani* (MINUSSI et al, 1997). Ademais, a umidade também é um fator preponderante para o ciclo de infecção dos fungos, principalmente para o processo de germinação dos conídios e penetração via tubo germinativo no hospedeiro (AGRIOS, 2005). Os fungos causadores de oídio, de modo geral, necessitam de ambientes secos para causar a infecção (YARWOOD, 1957), já que é sabido das maiores epidemias nesses ambientes (SELOCHNIK et al., 1994). No caso, por *E. quercicola*, as melhores condições para a germinação de conídios do fungo ocorreram em temperatura média de 24,7°C e UR (Umidade Relativa do Ar) média de 70% (MARTINS et al., 2020).

Considerando que *E. quercicola* é o principal fungo causador do oídio do cajueiro, há escassez de estudos sobre o comportamento da interação do fungo provenientes de diferentes fontes (cajueiro-anão) de inóculo com fatores ambientais. Conídios de *E. quercicola* tendem a perderem rapidamente a sua viabilidade quando fora do cajueiro e, ainda não se conhece qual o comportamento desse fungo originado de fontes de inóculo de diferentes fases fenológicas. A falta desses dados tende a limitar o entendimento das epidemias como um todo e o desenvolvimento de eficientes estratégias de manejo integrado da doença.

Portanto, objetiva-se estudar o comportamento de *E. quercicola* originado de diferentes fontes de inóculo e sua relação com os elementos climáticos importantes numa epidemia.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Avaliação da germinação e formação de apressório de conídios de *E. quercicola* obtidos de diferentes fontes de inóculo do oídio do cajueiro sob variadas condições de umidade.

3.1.1 Obtenção do inóculo

O inóculo foi obtido de inflorescência, maturi jovem (comprimento inferior a 1,7 cm), maturi velho (comprimento superior a 1,7 cm), maturi necrótico e folha. Todos coletados no clone de cajueiro-anão ‘BRS 189’ no Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus/CE. Foi estabelecido o comprimento de 1,7 cm a partir de uma média feita de todos os maturis coletados para o experimento. Os inóculos foram colocados em sacos plásticos dentro de isopores e levados para o Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza/CE. Montou-se o experimento imediatamente após a entrega do material.

3.1.2 Níveis de umidade relativa (UR)

Foram utilizados cinco níveis de umidade relativa: 0%, 35%, 50%, 85% e 100%, conforme Martins et al (2020). As UR foram ajustadas por meio de diferentes sais saturados, em que 85% foram obtidos com NaCl; 50% com CaCl_2 ; e 35% com $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (BENDEK, et al., 2007).

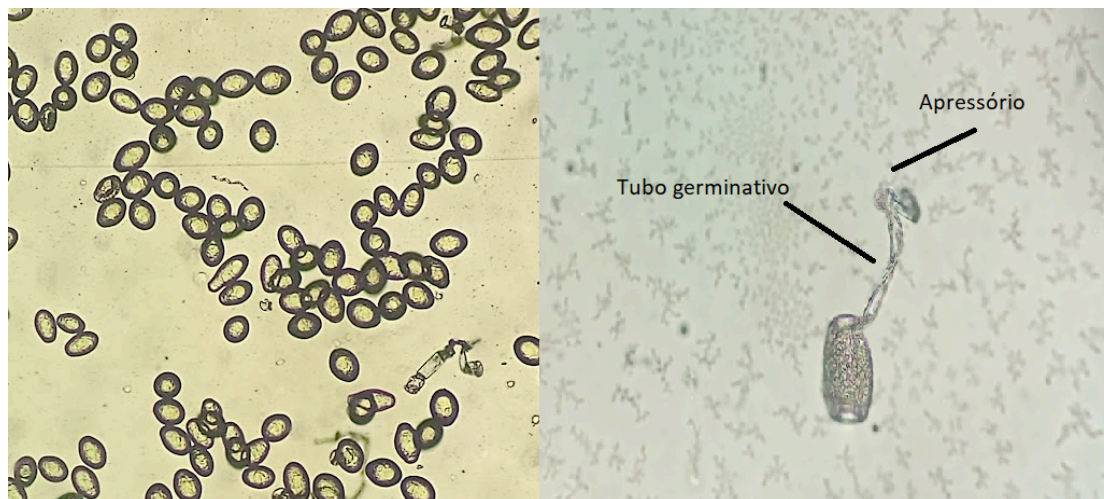
3.1.3 Delineamento experimental

Foram utilizados 20 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial, 5 URs (0%, 35%, 50%, 85% e 100%) x 4 fontes de inóculo (folha, inflorescência, maturi velho e maturi novo) com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por placas de Petri forradas com papel filtro, nas quais, colocou-se 2 ml da solução correspondente a cada sal para obter as UR requeridas. Sobre o papel filtro, alocou-se um canudo em formato de triângulo, para servir de suporte à lâmina. Os conídios do fungo foram dispersos sobre as lâminas com auxílio de um pincel macio. Os tratamentos foram mantidos em BOD a 23°C por 24h.

3.1.4 Avaliação do experimento

A avaliação ocorreu 24h após a montagem do experimento. Foram contabilizados 100 conídios por lâmina como germinados (tamanho do tubo germinativo igual ou maior que o comprimento do conídio), formando tubo germinativo e apressório. (Figura - 1).

Figura-1. A: conídios de *E. quercicola*; B: conídio com tubo germinativo e apressório.



Fonte: autora, 2022

3.1.5 Análise de dados

A partir dos dados obtidos da germinação e formação de apressórios dos conídios, foi realizada a Análise de Variância e teste F a 1% de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa R Studio.

3.2 Avaliação da germinação e formação de apressório de *E. quercicola* sob variadas condições de temperatura e luz.

A partir do primeiro experimento com UR, foi observado que a umidade de 35% e a fonte de inóculo inflorescência obtiveram os melhores resultados quanto ao processo de germinação e formação de apressório. Desse modo, para avaliar o efeito da temperatura e luz padronizamos a UR e a fonte de inóculo.

3.2.1 Obtenção do inóculo

O inóculo foi obtido de inflorescências (flores), coletadas de cajueiros na sede da EMBRAPA - Agroindústria Tropical em Fortaleza.

3.2.2.1 Níveis de temperatura

Foi avaliado o comportamento do fungo nas temperaturas de 17°C e 23°C. Segundo Fonseca (2019) nessas temperaturas o fungo apresentou melhor desempenho na germinação e formação de apressórios.

3.2.2.2 Luz: espectro e fotoperíodo

O efeito do fator luz pode ser analisado de forma qualitativa, o que está relacionado ao espectro da luz, ou seja a cor. Assim como, de forma quantitativa, referente ao tempo de exposição à luz. Para avaliação da luz de forma qualitativa foram usados plásticos insulfilms coloridos nas cores: vermelho, verde e azul, cada cor representa um espectro de onda nas faixas de 682 nm, 532 nm, 462 nm respectivamente e luz branca. Quanto ao efeito quantitativo da luz, analisamos o comportamento do fungo sob cinco níveis de fotoperíodo: 0/24h, 7/17h, 12/12h, 17/7h e 24/0h, sob lâmpadas fluorescentes de 15W de potência e iluminância média de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Além da temperatura em dois níveis 17° C e 23° C.

3.2.3 Delineamento experimental

O experimento foi desenhado em esquema fatorial triplo em delineamento inteiramente casualizado, os fatores analisados foram: cor, com três níveis (verde, vermelho e azul); fotoperíodo, com três níveis (7/17h, 12/12h e 17/7h) e temperaturas, com dois níveis (17°C e 23°C). Além disso, isoladamente foram avaliados os tratamentos completamente claro e completamente escuro (24/0h e 0/24h), neste caso sem espectro de onda.

Em placas de petri com papel filtro saturado pela solução de $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (BENDEK, et al., 2007), para conservar a UR a 35%, foram colocadas lâminas com conídios obtidos de flores doentes. Para cada lâmina, o fungo foi retirado de uma flor e disperso sobre as lâminas com auxílio de um pincel macio. As lâminas foram colocadas em placas de petri conforme experimento anterior. As placas de petri foram vedadas com parafilm. Aquelas que faziam parte do tratamento com espectro de luz foram envelopadas com o plástico insulfilm da cor respectiva indicada acima. Em seguida, as placas foram colocadas em BOD, sob as condições climáticas estudadas.

3.2.4 Avaliação do experimento

A avaliação ocorreu 24h após a montagem do experimento. Foram contabilizados 100 conídios por lâmina como germinados (tamanho de tubo germinativo igual ou maior que o comprimento de conídio), formando tubo germinativo e apressório.

3.2.5 Análise de dados

A partir dos dados obtidos da germinação e formação de apressório dos conídios, foi realizada a Análise de Variância e teste F a 1% sem significância e, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa R Studio.

RESULTADOS

3.3 Avaliação da germinação e formação de apressório de conídios de *E. quercicola* obtidos de diferentes fontes de inóculo do oídio do cajueiro sob variadas condições de umidade.

Foram avaliados os níveis de umidade de 100, 85, 50, 35 e 0% à temperatura de 23°C no fotoperíodo 12/12h em diferentes fontes de inóculo após 24h de incubação para quantificação dos conídios germinados e com surgimento de apressório. Das fontes de inóculo utilizadas, nenhum conídio de maturi necrótico germinou.

Não houve diferença significativa entre as médias do fator umidade e não houve interação significativa entre os fatores, tanto para conídios germinados quanto para conídios com apressório. Em contraponto, o fator tecido que corresponde às fontes de inóculo apresentou diferença significativa entre as médias, para as variáveis resposta germinação e surgimento de apressório, pelo teste F ao nível de significância a 1% (Tabela - 1 e 2).

Tabela -1. Análise de variância para variável resposta da porcentagem de conídios de *E. quercicola* com tubo germinativo.

FV	GL	SQ	QM	F	p>F
TECIDO	3	22301.383	7433.7944	17.2105	<0.001
UR	4	4841.100	1210.2750	2.802	0.0385
TEC. x UR	12	4066.367	338.8639	0.7845	0.6628

RESÍDUO	40	17277.333	431.9333	-	-
TOTAL	59	48539,8387	-	-	-

TEC.: tecido; UR: umidade relativa. CV = 42,60%.

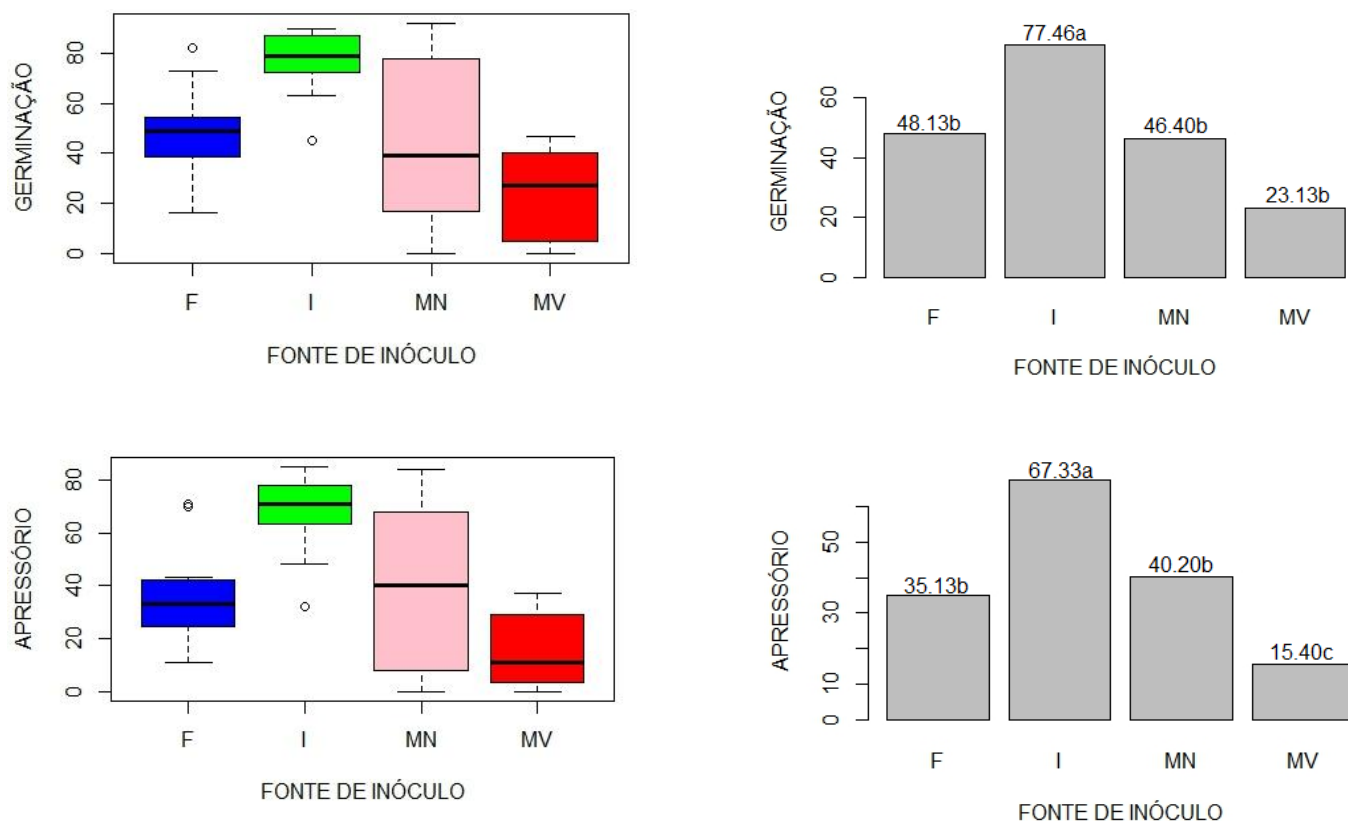
Tabela- 2. Análise de variância para a porcentagem de conídios de *E. quercicola* com apressórios.

FV	GL	SQ	QM	F - value	p>F
TECIDO	3	20625.917	6875.3056	16.8547	<0,001
UR	4	4746.233	1186.5583	2.9088	0.0334
TEC. x UR	12	3774.167	314.5139	0.771	0.6755
RESÍDUO	40	16316.667	407.9167	-	-
TOTAL	59	45477,5768	-	-	-

EC.: tecido; UR: umidade relativa. CV = 51,11%.

Dentre as fontes de inóculos avaliadas, observou-se que inflorescência (I) apresentou a maior porcentagem média de conídios de *E. quercicola* germinados e com a formação de apressório e foi significativamente diferente das demais fontes de inóculo pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%. No caso da germinação, o maturi novo (MN) e a folha (F) foram iguais. O maturi velho (MV) foi o que apresentou a menor média entre todos. Na formação de apressórios foi observada resposta análoga, e os níveis folha e maturi velho foram estatisticamente iguais e alcançaram as piores médias de todos. A maior média foi obtida com inóculo extraído de inflorescência (I) seguido de maturi novo (MV) (Gráfico - 3).

Gráfico - 1. Boxplot e gráficos em barras da porcentagem média dos conídios de *E. quercicola* germinados e com formação de apressório em relação a fonte de inóculo.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey de comparação de médias.

GERM: Germinação; APRES: Apressório; TEC: Tecido; F: Folha; I: Inflorescência; MN: Maturi novo; MV: Maturi velho

Fonte: autora, 2022

Apesar do fator umidade não ter apresentado diferença significativa entre suas médias, pode-se observar que a 35% de umidade houve a maior média para germinação de conídios e formação de apressórios para inflorescência, maturi novo e folha.

Observando que a fonte de inóculo inflorescência e a umidade relativa de 35% apresentaram maior desempenho na germinação e produção de apressório, foi decidido utilizar como padrão essa fonte de inóculo e essa UR citados para analisar a interferência dos outros elementos climáticos no comportamento do fungo.

3.3.2 Avaliação da germinação e formação de apressório de *E. quercicola* sob variadas condições de temperatura e luz

Foram observados que os fatores temperatura e fotoperíodo isoladamente e a interação entre os fatores espectro e temperatura foram significativos, de acordo com o teste F (Tabela - 3).

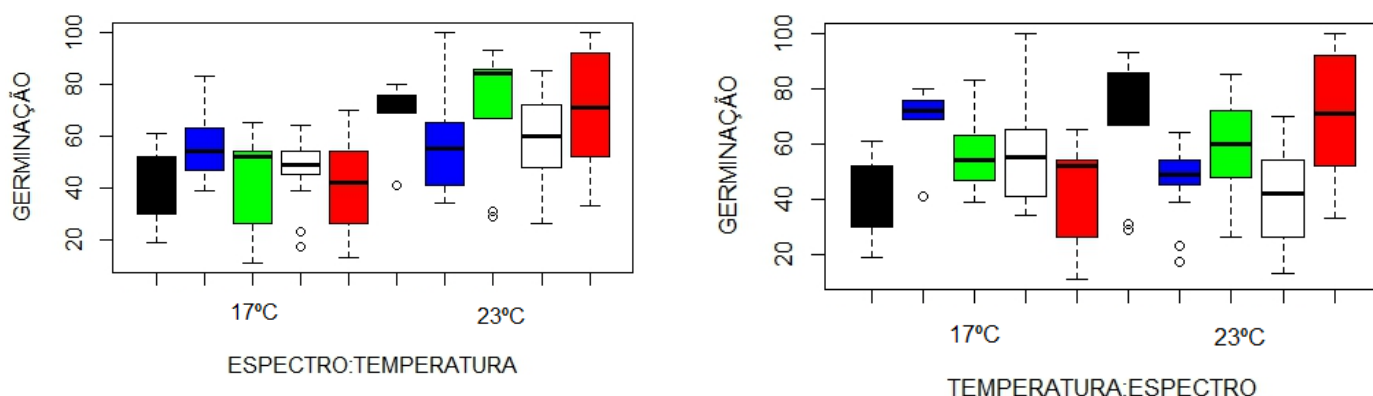
Tabela - 3. Análise de variância para porcentagem de conídios de *E. quercicola* germinados.

FV	GL	SQ	QM	F	p< F
Fotoperíodo	4	8052.1500	2013.0375	7.5541	0
Espectro	4	227.3889	56.84722	0.2133	0.9301
Temperatura	1	7524.1739	7524.17391	28.2351	0
Fotoperíodo: Espectro	16	3993.5278	249.59549	0.9366	0.5334
Fotoperíodo: Temperatura	4	832.7428	208.18569	0.7812	0.5415
Espectro: Temperatura	4	2700.0556	675.01389	2.533	0.0487
Fotoperíodo: Espectro: Temperatura	16	1511.0278	94.43924	0.3544	0.988
Resíduo	64	17054.9333	266.48333	-	-
TOTAL	113	41896.0000	-	-	-

CV = 29.68 %. Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) valor-p: 0.6218154. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Com o desdobramento da interação foi observado que não há diferença significativa do fator espectro dentro de cada nível de temperatura (Gráfico - 2).

Gráfico - 2. Boxplot das médias das interações espectro:temperatura e temperatura:espectro para porcentagem de germinação dos conídios de *Erysiphe quercicola*.



Fonte: autora, 2022

Entretanto, quando analisado o fator temperatura dentro de cada nível do fator espectro foi constatada diferença significativa para os comprimentos de onda 0 nm, 532 nm e 682 nm, que correspondem aos espectros: completamente escuro, verde e vermelho respectivamente (Tabela - 4 e Tabela - 5). Apesar do fator espectro não ter apresentado diferença significativa isoladamente, quando observado dentro da interação, observa-se que os maiores valores da interação temperatura e espectro foram observados no nível de 23°C (Tabela - 5).

Tabela - 4. Análise de variância do desdobramento das temperatura dentro de cada nível de espectro para germinação dos conídios de *Erysiphe quercicola*

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp.:Espec. 0	1	1904,40	1904,40	7,15	0,00952
Temp.:Espec.462	1	0,000	0,000	0	1
Temp.:Luz branca	1	3872,00	3872,000	14,53	3e-04
Temp.:Espec.550	1	925,75	925,750	3,474	0,0669
Temp.:Espec.682	1	4020,05	4020,055	15,085	2e-04
Resíduo	64	17054,93	266,483	-	-

CV = 34.63 %. Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) valor-p: 0.7408853. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Tabela - 5. Tabela de comparação de médias da interação espectro:temperatura para a porcentagem de germinação dos conídios de *Erysiphe quercicola*.

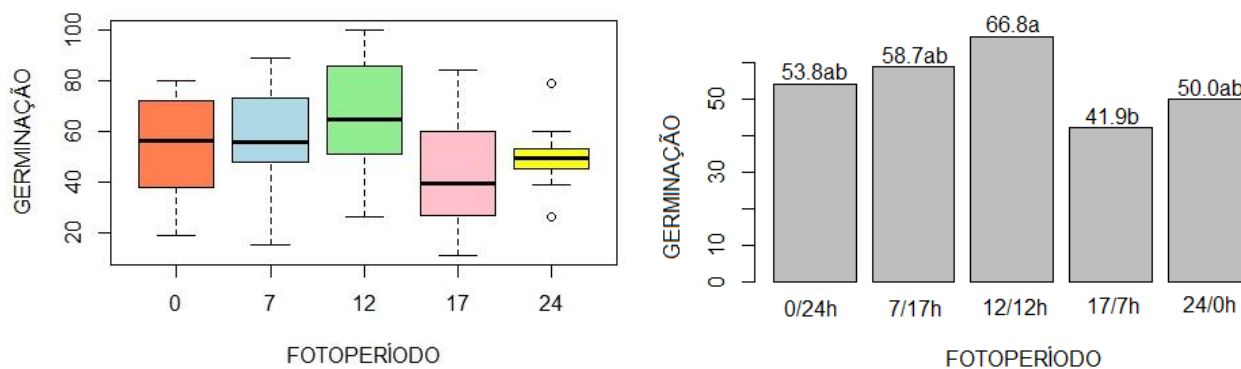
Temperatura:espectro		
ESPECTRO	17°C	23°C
ESCURO	40 aB	67 aA
AZUL	58 aA	58 aA
VERDE	42 aB	71 aA
BRANCO	46,4 aA	57 aA
VERMELHO	40 aB	70 aA

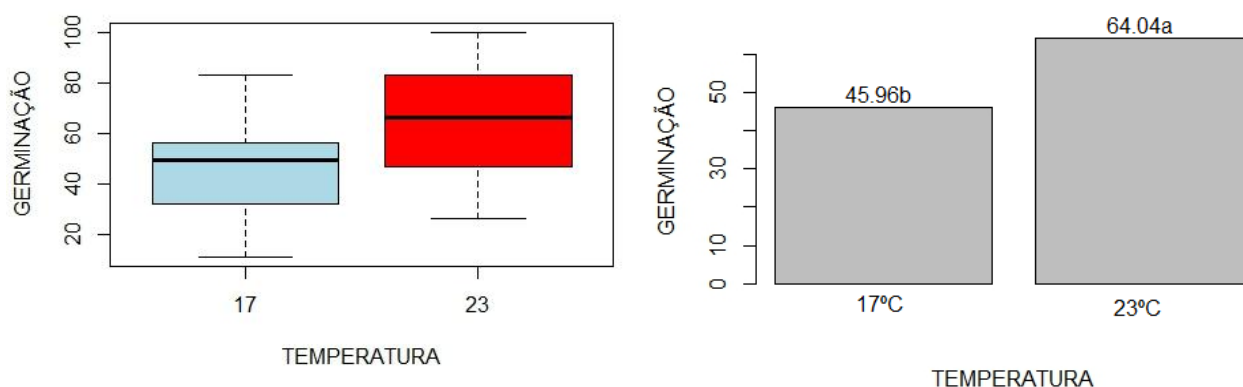
Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste Tukey.

Fonte: autora, 2022

Analisando isoladamente os fatores fotoperíodo e temperatura foi observado que o fotoperíodo 12/12h e a 23°C houve a maior média de conídios germinados (Gráfico - 3).

Gráfico - 3. Boxplot e gráfico de médias com os valores da germinação dos conídios de *E. quercicola* para os fatores fotoperíodo e temperatura.





Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey.
Fonte: autora, 2022

Quanto à formação de apressórios foi observado novamente que os fatores fotoperíodo e temperatura isoladamente e a interação entre os fatores espectro e temperatura foram significativos de acordo com o teste F (Tabela - 6).

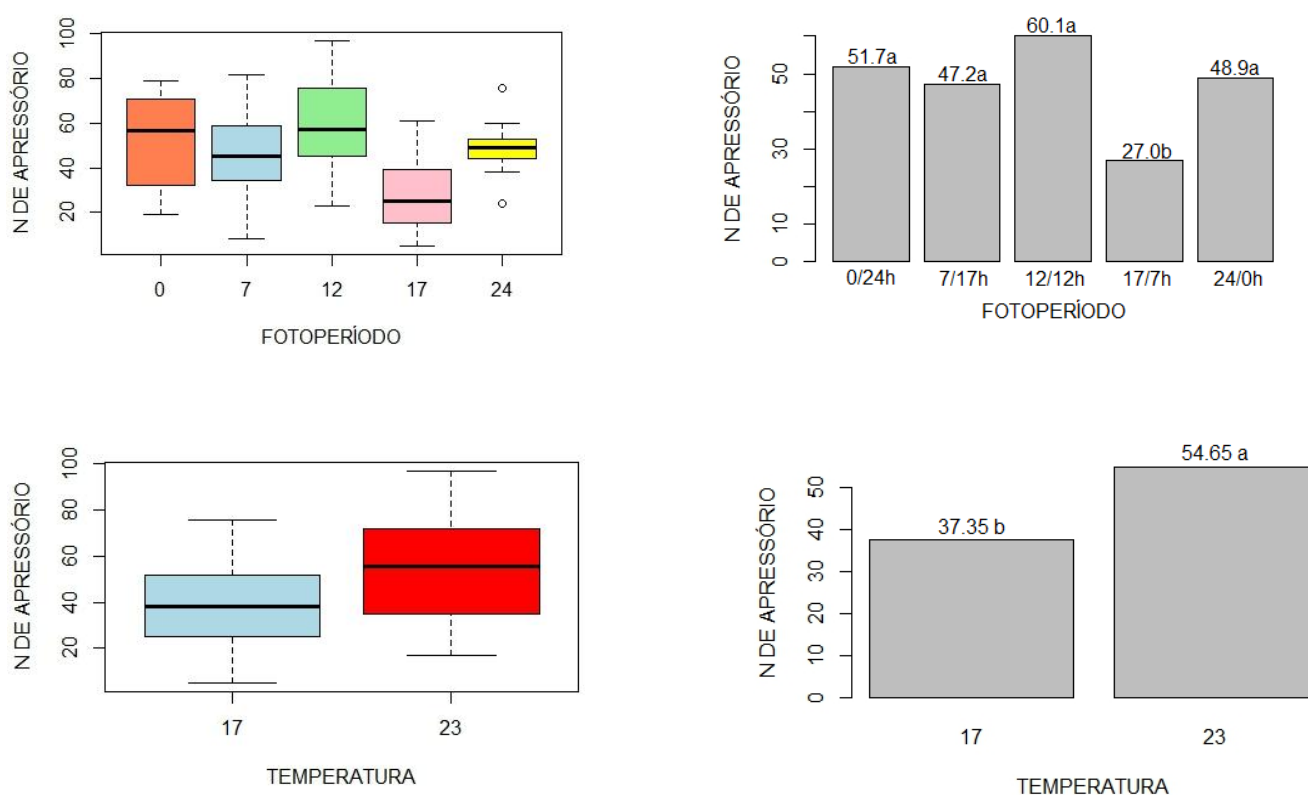
Tabela - 6. Análise de variância de formação de apressórios dos conídios germinados de *Erysiphe quercicola*.

FV	GL	SQ	QM	F	p< F
Fotoperíodo	4	13835,25	3458,81	14,07	0
Espectro	3	385,94	128,64	0,5235	0,6677
Temperatura	1	6887,13	6887,13	28,025	0
Fotoperíodo: Espectro	12	3732,47	311,04	1,265	0,2608
Fotoperíodo: Temperatura	4	774,08	193,52	0,787	0,5376
Espectro: Temperatura	3	2576,22	858,74	3,4944	0,0205
Fotoperíodo: Espectro: Temperatura.	12	2275,02	189,58	0,7715	0,6769
Resíduo	64	15727,86	245.74	-	-
TOTAL	103	46194	-	-	-

CV = 34.63 %. Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) valor-p: 0.7408853. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Após o desdobramento da interação foi concluído que não há diferença significativa entre as médias do fator espectro dentro de cada nível de temperatura (Gráfico - 4).

Gráfico - 4. Boxplot e gráfico de barras com a porcentagem de conídios de *E. quercicola* com formação de apressório para os fatores fotoperíodo e temperatura.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de comparação de médias.

GERM: Germinação; APRES: Apressório; TEC: Tecido; F: Folha; I: Inflorescência; MN: Maturi novo; MV: Maturi velho

Fonte: autora, 2022

Em contraponto, quando foi analisado o fator temperatura dentro de cada nível do fator espectro (Tabela - 7) foram verificadas diferenças significativas das temperaturas para os espectros de luz verde, vermelho, e branca, que correspondem às faixas 532 nm e 682 nm, respectivamente (Tabela - 8 e Gráfico - 4).

Tabela - 7. Análise de variância do desdobramento da interação temperatura:espectro para formação de apressório nos conídios de *Erysiphe quercicola*.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp.:Espec.462	1	0.500	0.500	0.002	0.9642
Temp.:Espec.532	1	3726.722	3726.722	15.1648	2e-04
Tem.:Espec.550	1	1904.237	1904.237	7.7487	0.0071
Temp.:Espec.682	1	3901.389	3901.389	15.8756	2e-04
Resíduo	64	15727.867	245.7479	-	-

CV = 34.63 %. Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) valor-p: 0.7408853. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Tabela - 8. Tabela de comparação de médias da interação espectro:temperatura para a porcentagem de apressórios dos conídios de *Erysiphe quercicola*.

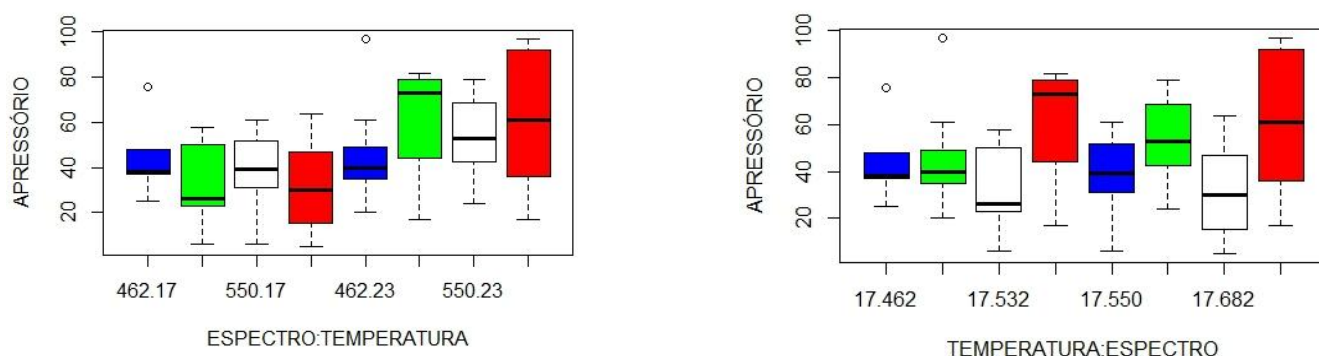
Temperatura:espectro		
ESPECTRO	17°C	23°C
AZUL	45,5 aA	45,8 aA
VERDE	32,2 bA	61 aA
BRANCO	33 bA	52 aA
VERMELHO	31,3 bA	60 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste t.

Fonte: autora, 2022

Esses resultados demonstram um comportamento análogo ao observado para a germinação de esporos e, além disso, não houve formação de apressórios em completamente escuro. Devido a interação significativa de temperatura e espectro, fez-se necessário o desdobramento da interação. Ademais, também foi constatado que o fator espectro isoladamente não influenciou no número de apressório formados (Gráfico -5).

Gráfico - 5. Boxplot das médias das interações espectro:temperatura e temperatura:espectro para porcentagem de conídios de *Erysiphe quercicola* com formação de apressórios.



Fonte: autora, 2022.

DISCUSSÃO

As doenças causadas por oídios são influenciadas por ambientes de clima seco. Na avaliação da germinação e surgimento de apressório de diferentes fontes de inóculo do oídio do cajueiro sob variados níveis de umidade foi observado que não há diferença significativa entre as médias do fator umidade relativa. Isto aponta para o fato dos conídios deste fungo germinarem em amplas faixas de temperatura e umidade relativa (SHOMARI e KENNEDY, 1999). Assim, entende-se que não há uma relação de dependência da umidade no comportamento do fungo, mesmo tendo os níveis de umidade 35 e 50% apresentando os maiores valores na germinação e formação de apressórios. Embora Martins et al (2020) tenham observado melhor desempenho a 70% de umidade relativa, neste experimento foi constatado que a germinação e formação de apressórios, de inóculo de maturi jovem, não foram influenciadas pelas UR, apenas pela temperatura. Os autores destacaram a possibilidade dessa relação ser alterada caso fossem avaliados outros órgãos como flores.

De fato, o fator fonte de inóculo apresentou diferença significativa entre suas médias, de modo que o estágio de inflorescência obteve a maior média, enquanto o estágio de maturi velho a menor média para número de conídios germinados e com formação de apressório. Considerando a maior viabilidade do inóculo do fungo obtidos de órgãos mais jovens, como as flores, na germinação e formação de apressórios, pode existir uma maior probabilidade de

E. quercicola ser muito eficiente em causar doença no cajueiro-anão e, até mesmo reduzir os períodos de incubação e latência no ciclo de infecção. Nota-se que uma significativa germinação e a formação de apressório dos conídios do fungo ocorridos até 24h após o início experimental, é fundamental para a sobrevivência de *E. quercicola* e sucesso no desenvolvimento da doença. Isso destaca a relação de especificidade que o fungo *E. quercicola* tem com os tecidos jovens. O fungo infecta tecidos jovens imaturos como folhas novas, flores e frutos jovens e, a grande e rápida esporulação do fungo nesses tecidos favorece os ciclos secundários de infecção pela grande quantidade de inóculo produzido por *E. quercicola*.

Entende-se que o comportamento do fungo pode ser influenciado por outros fatores climáticos, como temperatura e luz. Honorato et al. (2016), demonstraram que as temperaturas de 20°C a 23 °C são ideais para a germinação do fungo. Assim como em Martins et al (2020), a temperatura de 23 °C apresentou melhor germinação, maior comprimento de tubo germinativo e formação de apressórios, sendo este o fator significativo para estas respostas. Os resultados até aqui apresentados mostram que muito mais que a UR, a temperatura exerce forte influência sobre o fungo que causa o oídio do cajueiro.

Para as duas respostas analisadas, número de esporos germinados e número de esporos com formação de apressório, foi observado que os espectros verde e vermelho apresentaram as maiores médias, enquanto que o espectro azul e a ausência de luz apresentaram as menores. Tais espectros correspondem aos comprimentos de onda 532 nm, 682 nm e 462 nm respectivamente. A resposta observada neste trabalho difere daquela encontrada por Sempio e Castori (1952) para *Erysiphe graminis* que sofreu redução da germinação ao ser exposto a faixa de 550 a 750 nm, faixa esta que corresponde aos espectros amarelo e vermelho, e, ao contrário, quando *E. graminis* foi exposto aos espectros de 450 a 550 nm, faixa que corresponde as cores azul e verde, houve maior germinação dos conídios do fungo. Esta divergência pode ser explicada pelo ambiente que tais espécies ocorrem *E. quercicola* atua em regiões tropicais, onde há alta incidência solar e, como uma forma de adaptação desta espécie, o fungo se desenvolve melhor sob comprimentos de onda mais longos, como visto neste experimento, na faixa correspondente a 532 a 682 nm que correspondem a variação entre luz verde e luz vermelha. Em oposto, espécies de *Erysiphe* que ocorrem em regiões de clima temperado, onde a incidência solar é menor, acabam se desenvolvendo melhor em comprimentos de onda mais curtos, que correspondem a variação entre os espectros violeta a azul, na faixa de 380 a 490 nm.

Entretanto, alguns estudos apontam uma relação negativa entre germinação e o baixo comprimento de onda. Os relatos mostram que a radiação ultravioleta (UV), principalmente UV-B e UV-C, que correspondem respectivamente aos comprimentos de 280 a 315 nm e 100 a 280 nm, atuam sobre o DNA dos organismos e são consideradas germicidas. Suthaparan et al (2014), observaram que a radiação UV-B conseguiu suprimir o avanço de oídio do pepino. Além disso, este autor observou que a associação da UV-B à radiação de fundo vermelha reduziu a severidade da doença. Gadoury et al (2019), observaram que a aplicação de UV-C foi mais eficiente no controle de *Plasmopara viticola*, em uva, diminuindo a germinação dos conídios entre 80 a 100%. No mais, para este experimento foi observado que as variações de espectro de luz não têm efeito significativo sobre a germinação e formação de apressório.

Quanto ao fotoperíodo foi observado que a exposição 12 horas de luz e 12 horas de escuro apresentou o melhor desempenho para germinação e formação de apressório. Em contraste, o fotoperíodo 17/7h e completamente claro apresentaram os menores valores tanto para formação de apressório quanto para germinação. Assim como o observado por Carver et al. (1994) que detectaram que *Erysiphe graminis* f.sp. *avenae* apresentou não mais que 25% de esporulação para os tratamentos completamente escuro ou sob luz contínua. Já nas condições de regime claro/escuro (12/12h) houve esporulação em mais de 90% das colônias. Entretanto, há estudos que apontam resultados contrastantes como em Schnathorst et al. (1965) que observaram infecção por *Erysiphe polygoni* em ambiente completamente escuro. Como também em Miesrolova et al. (2010) que constataram a influência negativa que a diminuição da intensidade da luz causa para a germinação. Em ambientes de escuridão contínua foi observada a redução significativa do crescimento e esporulação de *Erysiphe* spp. em gramíneas (EDWARDS, 1993; CARVER et al., 1994; WILLOCQUET et al., 1996).

Porém, foi observado um comportamento peculiar para a formação de apressório. Não houve diferença significativa entre as médias de completamente claro, completamente escuro, 12/12h e 7/17h. Apesar de em estudos com *E. graminis* mostrarem que a luz contínua retarda a formação de apressórios (EDWARDS, 1993; CARVER et al., 1994), isto não foi concluído com este experimento, embora os fotoperíodos com menor tempo de exposição à luz terem apresentado melhores resultados para germinação e formação de apressório. No mais, nenhum dos fotoperíodos suprimiu o desenvolvimento do patógeno.

4 CAPÍTULO II: INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE OÍDIO DO CAJUEIRO EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

RESUMO

O oídio é uma doença fitossanitária muito importante que afeta o cajueiro, causando perdas na produção de castanhas e pedúnculo. O fungo responsável pela doença é o *Erysiphe quercicola* que sofre grande influência de elementos climáticos como temperatura, umidade relativa e luz no desenvolvimento do oídio. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de elementos climáticos como a temperatura e luz sobre o ciclo de infecção de *E. quercicola* e no surgimento da doença em condições controladas. Para tanto foram avaliadas a esporulação do fungo em BOD utilizando discos de folhas e a severidade da doença em campo. Inicialmente, avaliou-se, em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial o efeito de cinco fotoperíodos (12/12h; 7/17h; 17/7h; 24/0h; 0/24h) x duas temperaturas (17 e 23°C) com cinco repetições e uma testemunha, a produção de conídios do fungo em discos de folhas. Neste experimento constatou-se que o fotoperíodo 17/7 h apresentou o melhor desempenho na esporulação do fungo com 3429,4 conídios/cm², seguido de 24/0 h, 12/12 h, 7/17 h e 0/24 h e a temperatura de 23°C com 996,16 conídios/cm². Em outro experimento, avaliou-se dois níveis de temperatura 17°C e 23°C, três níveis de fotoperíodo 7/17h, 12/12h e 17/7h e três níveis espectro de cor (vermelho, verde e azul) no desenvolvimento da doença em discos de folhas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo em BOD sob intensidade de luz de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, a partir de lâmpadas fluorescentes de 15W. Observou-se que *E. quercicola* se desenvolve melhor a temperatura de 23°C e no fotoperíodo 17/7h. E, para quase todos os espectros de cores, a exceção para o espectro de cor azul que apresentou a menor média com 791,67 conídios/cm², houve significativa esporulação do fungo. Finalmente, em campo e utilizando-se mudas de cajueiro-anão colocadas em gaiolas com diferentes malhas de sombrite com 30%, 50% e 70% de exposição a luz e, 0% e 100% de exposição foi avaliada a esporulação do fungo e a severidade da doença em folhas inoculadas. Observou-se que a severidade da doença e a esporulação se agravam de 4 DAI a 20 DAI e a menores iluminâncias, ou seja intensidade de luz por área, sendo destaque o tratamento de 0% de luz com iluminância de 0,0014 - 0,0049 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Os elementos climáticos analisados como temperatura e luz tem significativo efeito sobre o fungo e no surgimento das epidemias da doença e pode contribuir

com informações para o desenvolvimento de modelos matemáticos na previsão do oídio do cajueiro-anão.

Palavras-chave: *Erysiphe quercicola*; Oídio do cajueiro; elementos climáticos.

ABSTRACT

Powdery mildew is a very important phytosanitary disease that affects cashew trees, causing damage to nut and peduncle production. The fungus responsible for the disease is *Erysiphe quercicola*, which is greatly influenced by climatic elements such as temperature, relative humidity, and light in the development of powdery mildew. Therefore, the objective of this work is to evaluate the effect of climatic elements such as temperature and light on the infection cycle of *E. quercicola* and the emergence of the disease under controlled conditions. To this end, the sporulation of the fungus in BOD using leaf discs and the severity of the disease in the field were evaluated. Initially, the effect of five photoperiods (12/12h; 7/17h; 17/7h; 24/0h; 0/24h) x two temperatures (17 and 23°C) with five repetitions and a control, the production of fungal conidia on leaf discs. In this experiment it was found that the photoperiod 17/7 h presented the best performance in the sporulation of the fungus with 3429.4 conidia/cm², followed by 24/0 h, 12/12 h, 7/17 h, and 0/24 h, and the temperature of 23°C with 996.16 conidia/cm². In another experiment, two temperature levels 17°C and 23°C were evaluated, three photoperiod levels 7/17h, 12/12h, and 17/7h, and three color spectrum levels (red, green, and blue) in the development of the disease in discs. sheets. The experiment was conducted in a completely randomized design in a triple factorial scheme in BOD under a light intensity of 0.59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, from 15W fluorescent lamps. It was observed that *E. quercicola* develops best at a temperature of 23°C and in the 17/7h photoperiod. And, for almost all color spectrums, except the blue color spectrum which presented the lowest average with 791.67 conidia/cm², there was significant sporulation of the fungus. Finally, in the field and using dwarf cashew seedlings placed in cages with different shading meshes with 30%, 50%, and 70% exposure to light and 0% and 100% exposure, sporulation of the fungus and the severity of the disease on inoculated leaves. It was observed that the severity of the disease and sporulation worsened from 4 DAI to 20 DAI and at lower illuminances, that is, light intensity per area, highlighting the treatment of 0% light with an illuminance of 0.0014 - 0.0049 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. The climatic elements analyzed, such as temperature and light, have a significant effect on the fungus and the emergence of disease epidemics and can contribute information for the development of mathematical models to predict powdery mildew on dwarf cashew trees.

Keywords: *Erysiphe quercicola*; Cashew powdery mildew; Weather elements

INTRODUÇÃO

A cajucultura apresenta grande relevância social e econômica no Nordeste brasileiro. No Ceará a frutífera tropical tem produtividade média de 234 kg/ha, colocando o estado como o maior produtor da cultura no Brasil. Entretanto, nos anos de 2012 a 2019, período que corresponde a mais recente estiagem, houve elevada perda da produção e redução de áreas de cultivo no Nordeste, ocasionando diminuição da produção em torno de -32,6% no Ceará, -58,1% no Piauí e -60,3% no Rio Grande do Norte. Esses decréscimos resultaram na perda de 43,5% da área plantada de caju na região e 43,7% no Brasil (IBGE/PAM, 2022).

Além do déficit hídrico, os problemas fitossanitários como o oídio, brocas e traças-das-castanhas foram importantes para a diminuição da produção do cajueiro nas diferentes regiões do Nordeste (CARDOSO; FREIRE, 2009). Destaca-se dentre estes o oídio do cajueiro causado pelo fungo *Erysiphe quercicola* sinônimo de *Pseudoidium anacardii* Noack que é observado em todas as regiões produtoras da fruta e nos diferentes clones comerciais diminuindo a produção da planta (CARDOSO et al., 2012). O sintoma mais frequente da doença é o aparecimento de um revestimento branco-acinzentado e pulverulento, semelhante à cinza vegetal, presente nos órgãos afetados (CARDOSO et al., 2013a). Sobre os tecidos vegetais são observadas estruturas vegetativas e reprodutivas do fungo como hifas, conidióforos e conídios. O aspecto sintomático da doença se confunde com o ectoparasitismo do fungo (CARDOSO et al., 2013b; VIANA et al., 2016). No mais, a epidemia do oídio do cajueiro inicia a partir de inóculo remanescente nas áreas de cultivo do cajueiro ou hospedeiras alternativas. Segundo Fonseca (2022), o fungo *E. quercicola* também é o agente causal do oídio em: urucuzeiro, sombreiro e mangueira, espécies tropicais que fazem parte do agroecossistema do cajueiro no Nordeste brasileiro.

Embora exista outra espécie causando oídio do cajueiro, como o fungo *E. necator* que ataca tecidos maduros como folhas coriáceas, observa-se que *E. quercicola* causa danos mais relevantes já que tal espécie atua infectando tecidos mais novos, como folhas jovens, inflorescências e maturis (FONSECA, 2019). Estes órgãos são o produto final da cultura, portanto quando danificados há uma perda maior da produção. Apesar do oídio ser considerada a principal doença do cajueiro que se mostra presente logo no início do ciclo de produção da planta (após o período chuvoso), tem-se observado, em condições de campo, que alguns elementos climáticos podem ter uma forte influência no desenvolvimento das

epidemias como um todo, ainda mais considerando a rápida e eficiente disseminação do fungo pelo vento e um clima “mais” seco nesse período (CARDOSO et al., 2012; VIANA et al., 2016). Foi observado que a doença necessita de um período seco bem definido o que coincide com o período necessário para o florescimento, a polinização e a frutificação da planta (CARDOSO; VIANA, 2011).

Apesar de poucos relatos sobre o desempenho da doença em variadas condições de clima, entende-se que o oídio do cajueiro causado por *E. quercicola* tende a ter maior desenvolvimento em ambientes com temperatura média de 24,7°C e UR (Umidade Relativa do Ar) média de 70% (MARTINS et al., 2020). Apesar da temperatura ter o maior efeito em influenciar no comportamento do oídio do cajueiro, a sua interação com outros elementos climáticos como luz, fotoperíodo e umidade relativa respondem diferentemente no ciclo de infecção do fungo (MARTINS et al., 2020). A exemplo, a luz também desempenha papel relevante na esporulação e viabilidade de esporos de fungos. A qualidade e a intensidade da luz afetam a germinação de conídios, a taxa de crescimento vegetativo e a indução de formação de estruturas reprodutivas, como observado em estudos com *Stemphylium solani* (MINUSSI et al., 1977). Da mesma forma, o fotoperíodo pode interferir na resposta de patógenos, já que a radiação modifica o comportamento de fungos, o que estimula ou inibe o processo de germinação. Tal comportamento é regulado pelo tempo de exposição e a intensidade da luz (COCHRANE, 1958; GOTTLIEB, 1950).

Ainda sobre a qualidade da luz, estudos mostraram efeito inibitório de *Erysiphe* sp. quando exposto à luz vermelha (650 - 750 nm) (SCUERGER e BROWN, 1997; SUTHAPARAN et al., 2010). Apesar disso, o efeito da luz dificilmente pode ser avaliado sozinho, isto porque a exposição à luz solar está associada ao aumento da radiação incidente e ao aquecimento das folhas (AUST e HOYNINGEN-HUENE, 1986). No experimento de Endler (1993), foi constatado que, assim como outros fungos, tanto a intensidade da luz quanto a qualidade da luz (composição espectral), que pode ser alterada pela sombra do dossel, influenciam no desenvolvimento e severidade do oídio do carvalho. Anteriormente, acreditava-se que, como um fungo epifítico, o oídio teria uma alta tolerância à radiação solar, principalmente por este ser um fungo de esporos e micélio hialinos (ARNAUD, 1921; YARWOOD, 1957). Entretanto, com o avanço dos estudos sobre esta interação foi observado que a radiação UV-B proporciona efeitos prejudiciais a várias espécies de oídio (WILLOCQUET et al., 1996; ROBERTS e PAUL, 2006).

No entanto, apesar de muitos estudos apresentarem a fotossensibilidade do oídio à luz, há dados contrastantes como o observado por Jarvis (1964) e Kelly (2002). Nesses estudos foi notado que a infecção por oídio em carvalho foi mais severa em ambientes abertos do que sombreados. Tal comportamento também foi constatado por Newsham et al. (2000), sugerindo que a alta incidência de luz acaba diminuindo a microflora antagonista presente na folha, o que favorece o desenvolvimento do oídio. No caso das duas espécies de *Erysiphe* que ocorrem dentro ou externamente a copa do cajueiro (FONSECA et al., 2020), tem-se observado que apesar de *E. quercicola* causar danos nas panículas externamente a copa da planta, o mesmo também está presente dentro da copa que tem temperatura e a umidade relativa elevadas (SHOMARI e KENNEDY, 1999) e, talvez a luz, exercendo forte influência no desenvolvimento do oídio. Estudos dos elementos climáticos sobre o oídio do cajueiro são limitados e ainda faltam informações sobre o efeito conjunto de temperatura e luz sobre o fungo e no desenvolvimento da doença.

Assim, observa-se que o ciclo da infecção do fungo causador do oídio do cajueiro depende principalmente de elementos climáticos como a temperatura, a umidade relativa e, a luz, que são fundamentais para o progresso da doença. Por isso, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de elementos climáticos como a temperatura e luz sobre o ciclo de infecção de *E. quercicola* e no surgimento da doença em condições controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Avaliação de oídio do cajueiro sob diferentes condições de luz e temperatura em discos de folhas

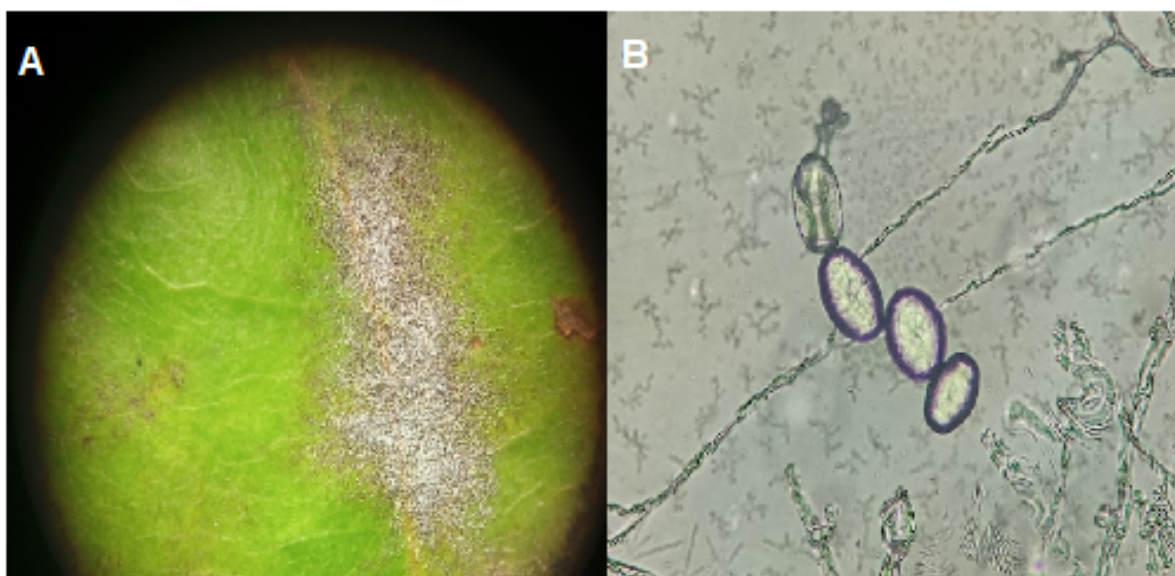
Objetivando verificar o efeito de luz e temperatura no desenvolvimento do oídio do cajueiro-anão em condições controladas, foram obtidos o inóculo do fungo e mantidos em discos de folhas para a realização dos experimentos de temperatura, fotoperíodo e espectro de luz.

A) Obtenção do inóculo

O inóculo foi obtido no Campo Experimental Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus/CE, assim como no Campus Pici na Universidade Federal do Ceará - (Fortaleza/CE),

entre os meses de outubro de 2022 e janeiro de 2023. O inóculo do fungo foi retirado de órgãos jovens da planta como inflorescências e folhas jovens (Figura - 2).

Figura - 2. A: aspecto pulverulento em folha jovem; B: conídio de *E. quercicola* observados em microscópio óptico.

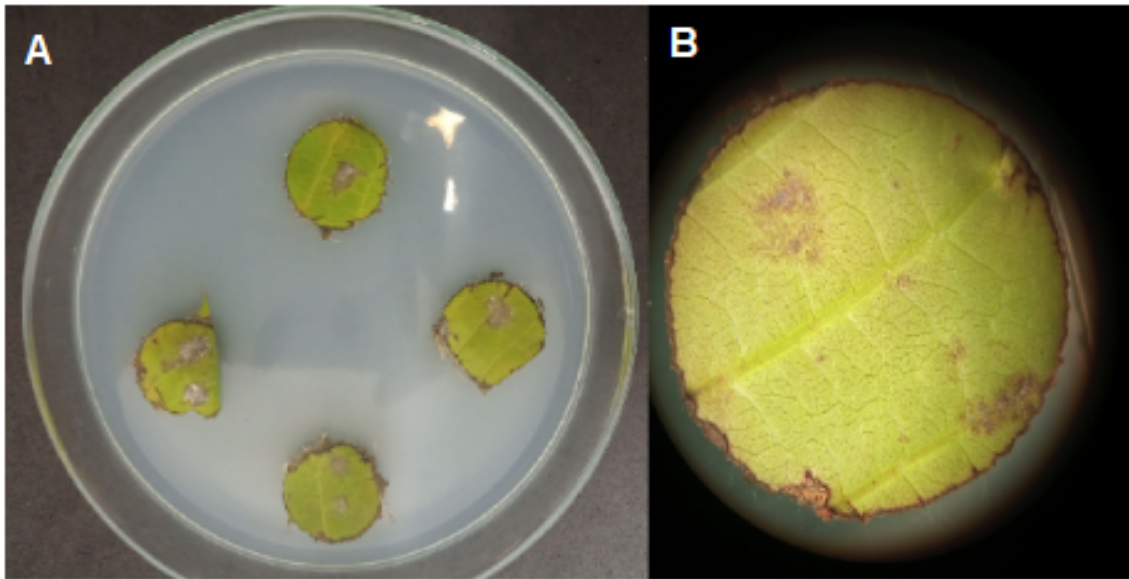


Fonte: autora, 2022

B) Multiplicação do inóculo em metodologia de discos de folhas

Como o fungo é um parasita obrigatório e há dependência de tecidos vivos da planta para multiplicação do inóculo, o fungo foi multiplicado em discos de folhas. A partir das folhas infectadas coletadas de plantas adultas, fez-se a inoculação em discos de folha (18mm) por contato. Quatro discos de folhas foram colocados em cada placa de Petri contendo ágar-ágar para formar as “matrizes” responsáveis pela fonte de inóculo (Figura - 3) e incubados em BOD a 23°C no fotoperíodo 12/12h.

Figura - 3. A: placa “matriz”; B: esporulação do fungo em disco de folha infectado.



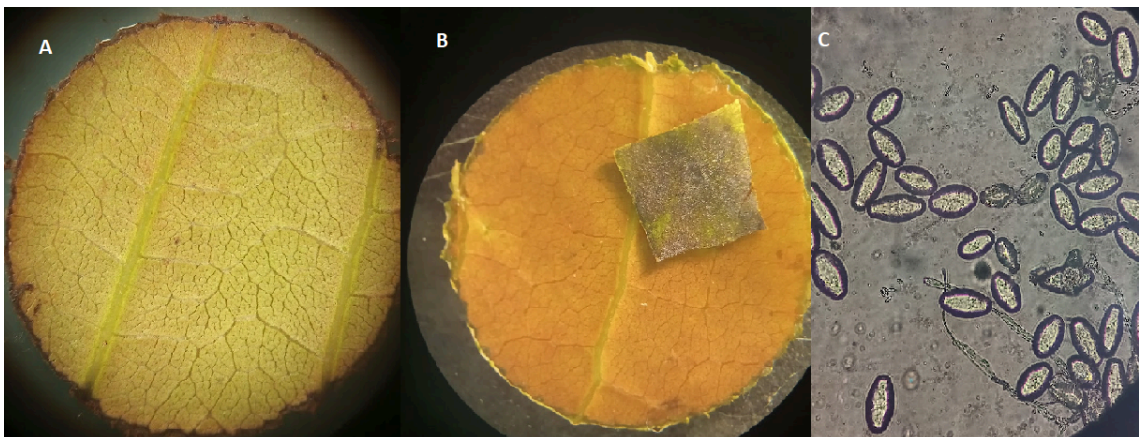
Fonte: autora, 2022

4.1.1 - Efeito de temperatura e fotoperíodo no desenvolvimento do oídio em condições controladas

A) Inoculação

A inoculação foi feita de forma direta, por contato, a partir do inóculo retirado do campo. Foram utilizadas folhas jovens e inflorescências, para inoculação foi dimensionado 1 cm² da área com sintoma, o que corresponde a uma média de 1.760 conídios/ cm² (Figura - 4).

Figura - 4. A: disco de folha jovem sadio; B: 1 cm² de área infectada sobre disco de folha sadia; C: conídios de *E. quercicola* obtidos de inflorescência, visto em microscópio.



Fonte: autora, 2022

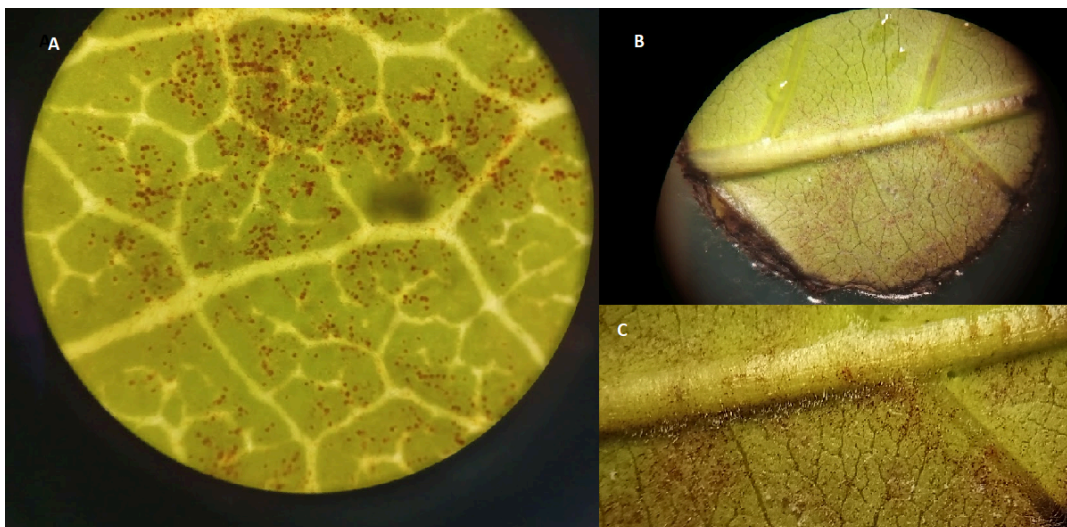
B) Delineamento experimental

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 fotoperíodos (12/12h; 7/17h; 17/7h; 24/0; 0/24h) x 2 temperaturas (17°C e 23°C) com cinco repetições e uma testemunha. Quatro discos de folhas foram colocados em placas de Petri e incubados em BODs com lâmpadas fluorescentes de 15W de potência e iluminância média de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

C) Avaliação do experimento

A partir do terceiro dia após a inoculação (DAP), foram feitas as primeiras avaliações quanto ao período de incubação (observação dos sintomas da doença) e ao período de latência (observação dos sinais da doença) (Figura – 5). Cinco dias após o período de latência, iniciou-se a quantificação dos esporos. Para a conclusão de que uma placa estava em período de latência ou período de incubação, interpretou-se da seguinte forma: metade dos discos presentes em placa estava apresentando as características que correspondem aos períodos.

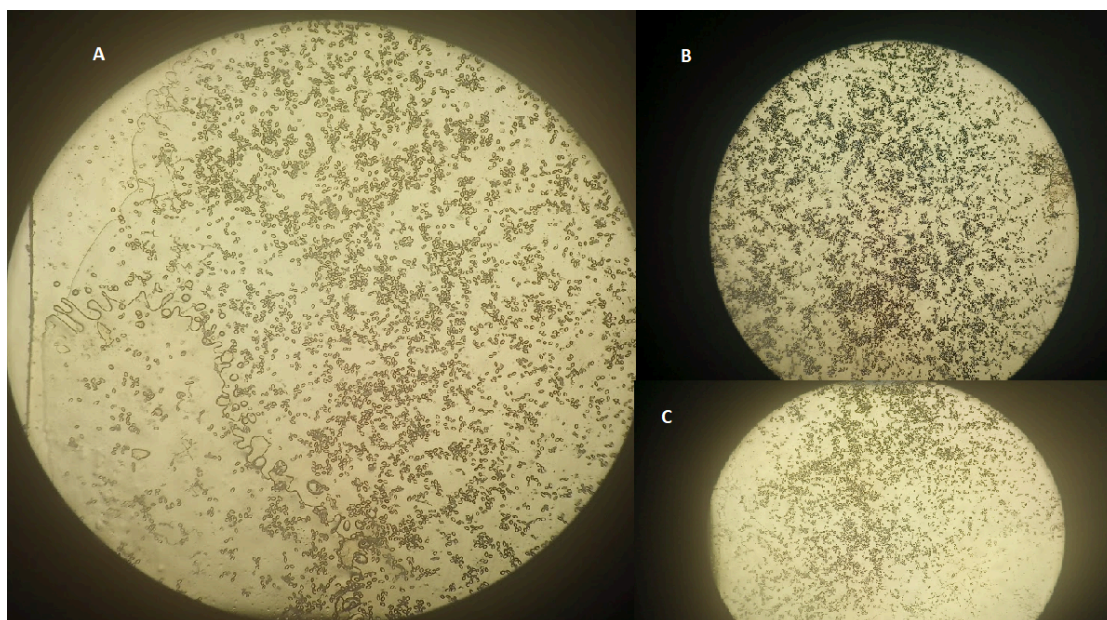
Figura - 5. A: pontuações escuras que representam os sintomas da doença; B: aspecto pulverulento, sinais do patógeno; C: conidióforos livres, característicos deste fungo.



Fonte: autora, 2022

A quantificação dos conídios se deu pelo método quadrante. Uma fita adesiva transparente colocada sobre a região do disco de folha esporulada foi depositada em uma lâmina dividida em quatro partes, cada parte corresponde a 1cm^2 . Fez-se a contagem de dois quadrantes em três visadas cada. O procedimento ocorreu em microscópio óptico na lente de aumento mínimo (10x). Cada visada também foi fotografada e submetida ao software Imagej para a quantificação dos conídios (Figura - 6).

Figura - 6. A: primeira visada do primeiro quadrante; B: segunda visada; C: terceira visada. Fotos utilizadas no software Imagej.



Fonte: autora, 2022.

D) Análise dos dados

Os dados foram analisados no programa R Studio, onde foram feitas análises de variâncias e os testes de médias (Tukey a 5% de significância).

1.2 Efeito do espectro de luz

A) Inoculação

A inoculação foi feita de forma direta, por contato, a partir do inóculo retirado do campo. Foram utilizadas folhas jovens e inflorescências, para inoculação foi dimensionado 1 cm² da área com sintoma, o que corresponde a uma média de 1.760 conídios/ cm².

B) Delineamento experimental

As placas de Petri foram revestidas com folhas de papel sulfilm nas cores vermelha, verde e azul. Cada cor corresponde a uma faixa de comprimento de onda, respectivamente 630 a 780 nm, 490 a 565 nm, 380 a 490 nm. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo com três cores (vermelho, verde e azul) x três fotoperíodos (7/17h, 12/12h e 17/7h) x duas temperaturas (17°C e 23°C) com três repetições cada e uma testemunha. Quatro discos de folhas foram colocados em cada placa de Petri e incubados em BODs com lâmpadas fluorescentes de 15W e intensidade de luz média de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Figura - 7).

Figura - 7. Imagem das placas de Petri revestidas com as folhas de papel insulfilm verde, azul e vermelho incubadas em BOD no laboratório de Fitopatologia da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza.



Fonte: autora, 2022.

C) Avaliação do experimento

A partir do oitavo dia após a inoculação foram feitas as avaliações quanto a quantidade de conídios por meio de fotos analisadas no software Imagej.

D) Análise dos dados

A partir dos dados obtidos da quantificação dos conídios, foi realizada a Análise de Variância e teste F a 1% de significância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa R Studio.

4.2 Avaliação do efeito de diferentes intensidades de luz no desenvolvimento da severidade de oídio do cajueiro em campo

Considerando que os experimentos avaliados foram mantidos em BODs, sob baixa intensidade de luz (média de 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.), a partir de lâmpadas fluorescentes de 15W, entende-se que é necessário avaliar o desenvolvimento da doença em campo, sob situações reais de luz.

A) Inoculação

A inoculação foi feita por contato a partir de inflorescências e folhas jovens infectadas por oídio do cajueiro. Após ser analisado em microscópio foi possível constatar ser a espécie *Erysiphe quercicola*, devido ao seu formato característico.

B) Delineamento experimental

Desse modo, foram instaladas gaiolas com diferentes malhas que definem a iluminância passada para o interior do equipamento. Foram utilizadas malhas de 30%, 50% e

70% de iluminância, além de 0% de iluminância, utilizando sacos plásticos foscos de cor preta, e 100%, onde as plantas ficaram completamente expostas ao sol dentro das gaiolas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial com 5 níveis de intensidade de luz. Em cada gaiola foram colocadas 5 mudas em estágio juvenil de clones BRS - 189 (Figura - 8).

Figura - 8. Mudas de cajueiro-anão inoculadas com fungo e colocadas em gaiolas com diferentes malhas de sombrites expostas ao sol na Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza.



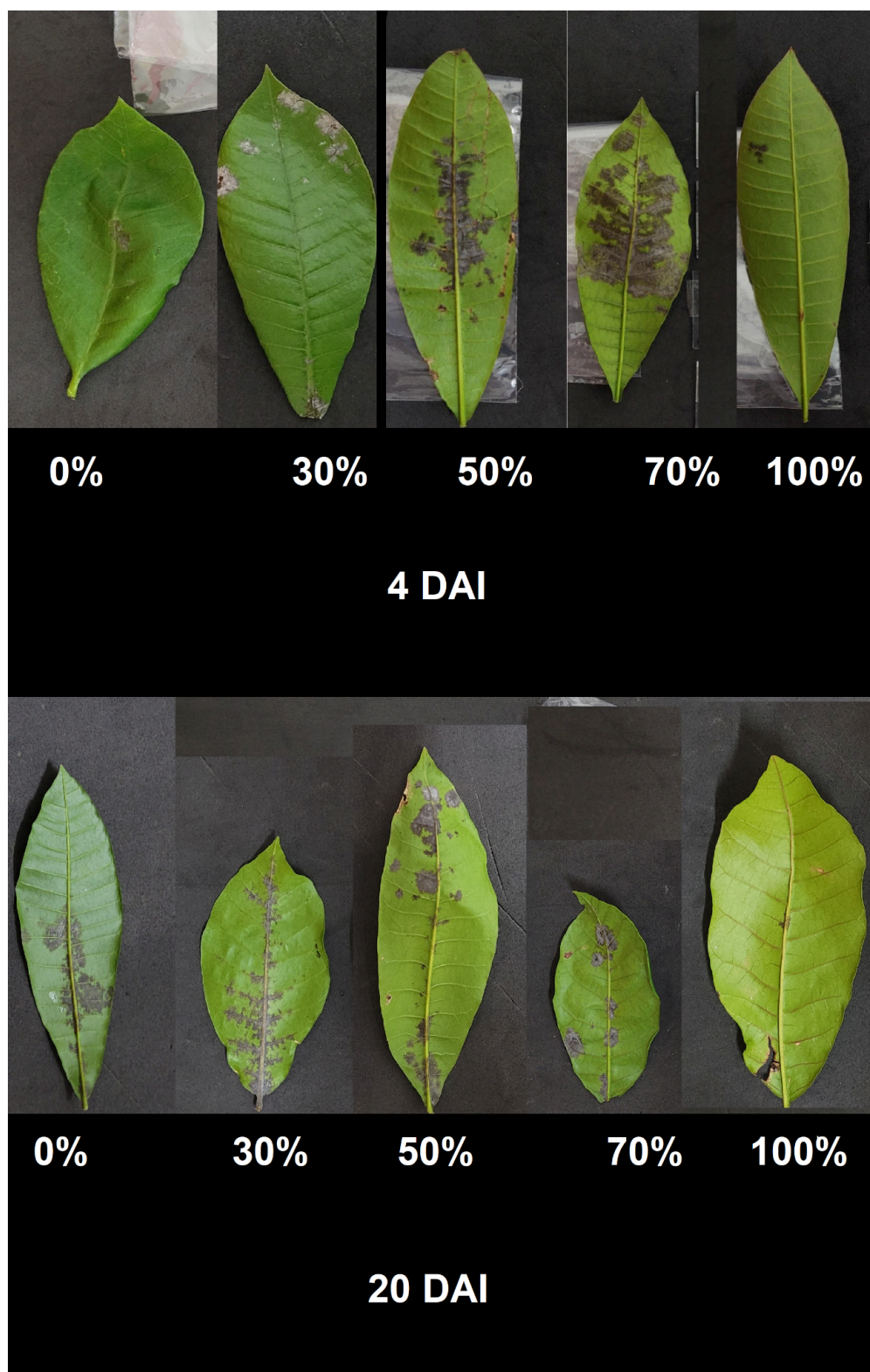
Fonte: autora, 2022.

C) Avaliação do experimento

Após a inoculação, as mudas foram mantidas em sala de inoculação sob temperatura de 26° C até o terceiro dia após a inoculação. A partir do terceiro dia após a inoculação (DAI), as mudas foram colocadas nas gaiolas. Em seguida foram feitas as primeiras avaliações quanto ao período de incubação (observação dos sintomas da doença) e ao período de latência (observação dos sinais da doença). As demais avaliações seguiram nos dias 4 e 20 após a inoculação para avaliação da severidade quanto à área infectada, por meio de fotos tiradas para cada tratamento (Figura - 9). Foi utilizado luxímetro a fim de medir a intensidade da luz para cada tratamento com os sombrites. A partir disso foi constatado que para 0% a intensidade de luz varia de 0 a 0,27 LUX, (0,0014 - 0,0049 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), para 30% teve intensidade de luz de 0,5 a 332 LUX, (2,30 - 6,12 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), para 50% foi observado intensidade de luz de 0,86 a 756 LUX, (3,04 - 13,94 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), para 70% a intensidade de luz foi de 0,56 a 710 LUX, (5,22 - 13,09 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) e para 100% a intensidade de luz foi de

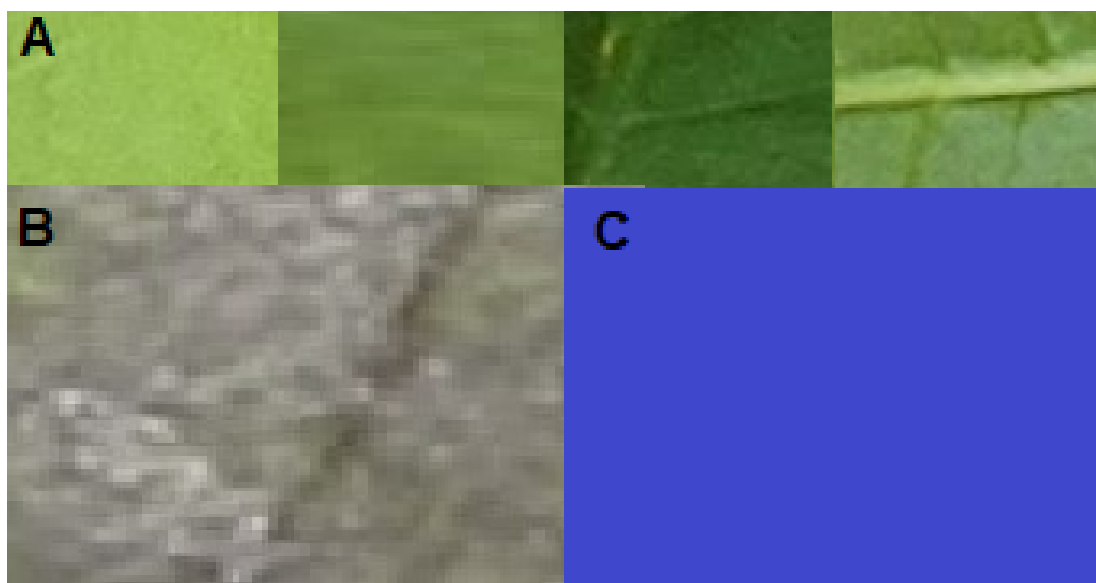
146 a 1135 LUX, (12,29-20,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Também foi avaliado a quantidade de esporos em cada intensidade de luz no decorrer das duas etapas avaliadas.

Figura - 9. Fotos de folhas de cada tratamento retiradas para analisar a severidade da doença em porcentagem de área atacada.



A avaliação da severidade do oídio foi realizada digitalmente em computador. Para tanto, foi necessário fazer a segmentação das imagens para separar os pixels correspondentes ao tecido sadio, ao tecido com sinais do patógeno e ao fundo utilizados no experimento. Com isso, fez-se três palhetas de cores referentes a cada componente já citado (Figura - 10).

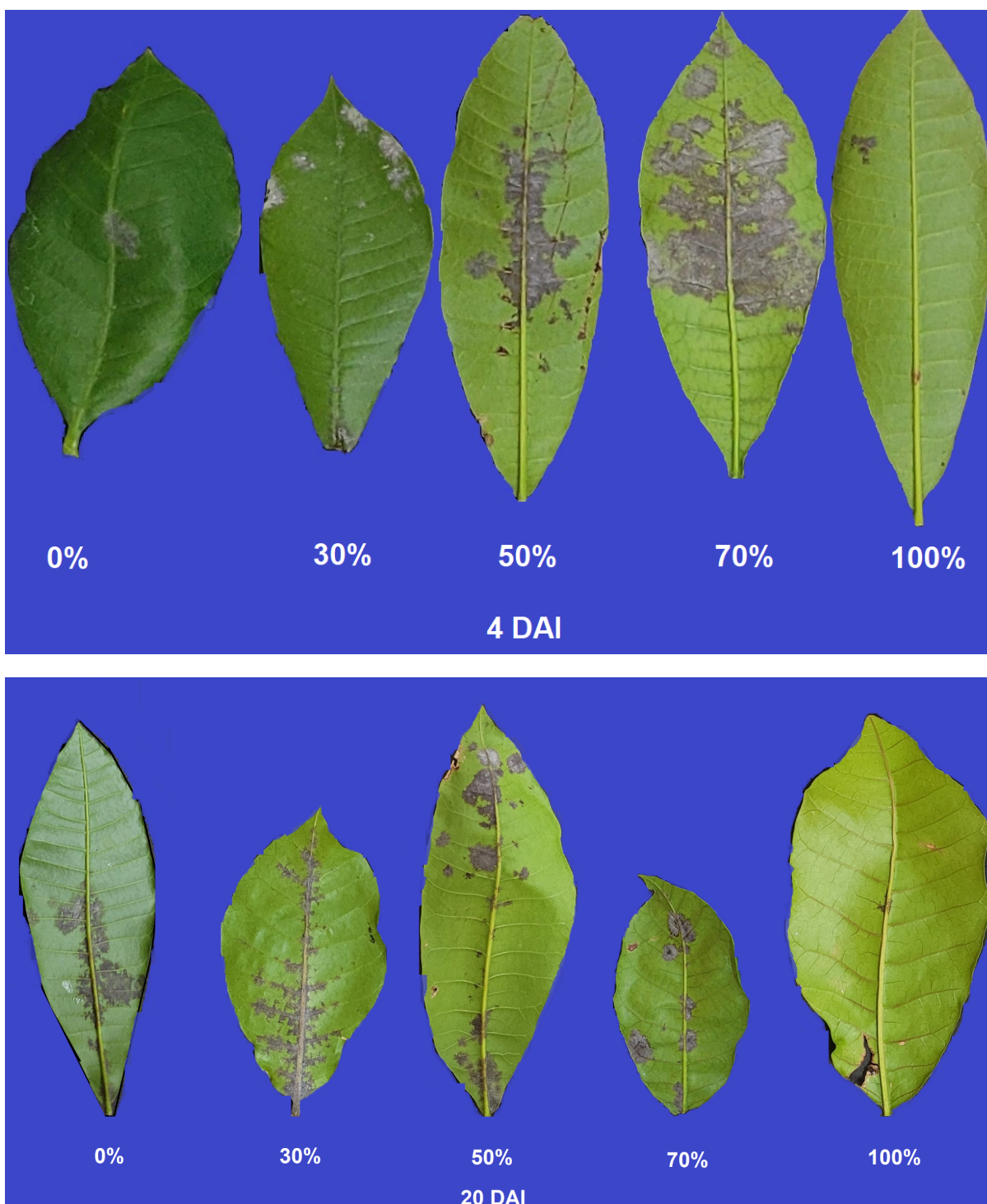
Figura - 10. Paletas de cores correspondentes aos pixels de cada componente. A: tecido sadio; B: tecido com sintoma e C: fundo.



Fonte: autora, 2024.

Dessa forma foram geradas imagens de folhas para cada tratamento avaliado. Essas foram submetidas ao fundo escolhido e analisadas, quanto a sua severidade, no programa R Studio pelo pacote Pliman e EBImage (Figura - 11).

Figura - 11. Amostras dos tratamentos: 0, 30, 50, 70 e 100% para cada período analisado 4 e 20 dias.



Fonte: autora, 2024.

D) Análise dos dados

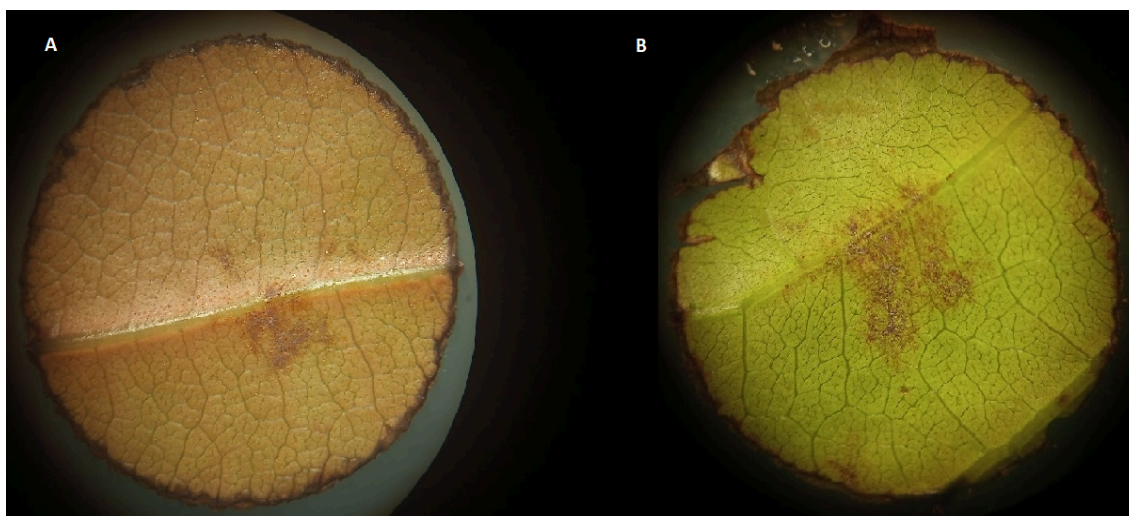
Os valores da quantificação de conídios avaliadas no software image J e a severidade do oídio em folhas, foram submetidos à análise de variância ao teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS

4.3 Avaliação da severidade de oídio do cajueiro sob variadas condições de luz e temperatura em discos de folha.

Sob condições controladas e com uso de discos de folhas de cajueiro-anão, foi possível observar a presença do oídio na superfície da folha. A temperatura de 23°C apresentou menor período para o surgimento de sintomas, período de incubação (PI), (4 DAI) e sinais do patógeno, período de latência (PL), (7 DAI) (Figura - 12). Constatou-se que a contagem de conídios imediatamente após o período latente apresentava resultados insignificantes de número de conídios, o que poderia levar a uma conclusão equivocada. Portanto, padronizou-se a contagem em 5 dias após o período de latência (PL).

Figura - 12. A: disco de folha em tratamento 17/7h a 17°C, 13 DAI; B: discos de folha em tratamento 17/7h a 23°C, 5 DAI. Ambos em período de latência.



Fonte: autora, 2022.

Observa-se que houve efeito significativo para os fatores fotoperíodo, temperatura e para a interação dos fatores fotoperíodo e temperatura de acordo com teste F para o número de conídios produzidos sobre os discos de folhas (Tabela - 9).

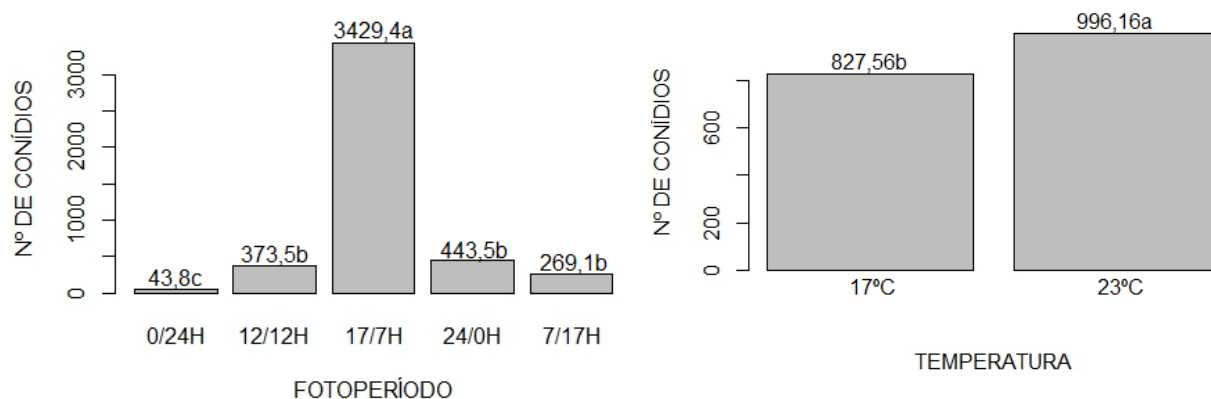
Tabela- 9. Análise de variância para o número de conídios de *E. quercicola*.

FV	GL	SQ	QM	F value	p>F
Fotop.	4	80138688.1	20034672.0	433.7279	<0.001
Temp.	1	355324.5	355324.5	7.6924	0.0084
Fotop.:Temp.	4	4179491.4	1044872.8	22.6203	<0.001
Resíduo	40	1847672.0	46191.8	-	-

Fotop.: fotoperíodo; Temp.: temperatura. CV = 23,57%.

Foi constatado que o fotoperíodo 17/7 h apresentou o melhor desempenho na esporulação do fungo (número de conídios), seguido de 24/0 h, 12/12 h, 7/17 h e 0/24 h. Quando foi analisado o efeito da temperatura sobre a esporulação de *E. quercicola*, constatou-se que a temperatura de 23°C apresentou maior média de conídios e foi significativamente maior que a 17°C (Gráfico - 6).

Gráfico - 6. Gráficos em barras das médias dos conídios de *E. quercicola* à esquerda fotoperíodo e à direita temperatura



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de comparação de médias.
Fonte: autora, 2022

Com o desdobramento da interação entre fotoperíodo e temperatura foi possível observar que para ambientes completamente escuro, 0%, e fotoperíodo 7/17 h apresentaram mesmo desempenho na esporulação de *E. quercicola* para os diferentes níveis de temperatura. Entretanto, para os níveis de fotoperíodo 12/12 h e 17/7 h, observa-se maiores médias de esporulação para temperatura de 23°C. Porém, em contraste na condição completamente exposta à luz, as maiores médias de produção de conídios foram atribuídas pela temperatura de 17°C (Tabela - 10).

Tabela - 10. Tabela de comparação de médias da interação fotoperíodo:temperatura para a esporulação de conídios de *E. quercicola*.

Fotoperíodo:Temperatura		
FOTOPERÍODO	17°C	23°C
0/24 h	0 aC	87,6 aC
7/17 h	239 aC	299,2 aBC
12/12 h	209,4 bC	537,6 aB

17/7 h	2886,6 bA	3972,2 aA
24/0 h	802,8 aB	84,2 bC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de comparação de médias.

Fonte: autora, 2022

Esses resultados indicam efeitos significativos tanto da temperatura quanto do fotoperíodo na esporulação de *E. quercicola*. No entanto, faz-se necessário avaliar a luz quanto a sua qualidade, ou seja espectro de luz, o que corresponde aos comprimentos de onda.

4.4 Efeito da luz e temperatura sobre o desenvolvimento do oídio em discos de folhas

Constatou-se que houve diferença significativa para os fatores fotoperíodo, temperatura e espectro, além das interações fotoperíodo e espectro, temperatura e espectro, como também fotoperíodo, temperatura e espectro quanto a esporulação do fungo (Tabela - 11).

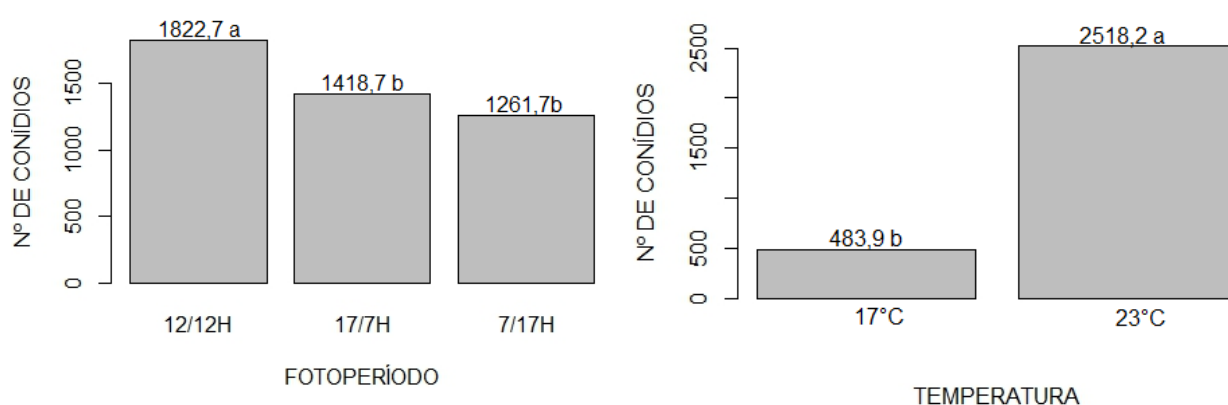
Tabela- 11. Análise de variância para o número de conídios de *E. quercicola* produzidos em discos de folhas submetidos aos efeitos de fotoperíodo, temperatura e espectro.

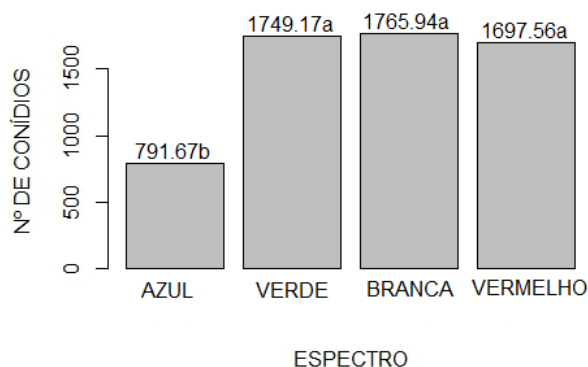
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Fotop.	2	4019880	2009940.04167	3.8793	0.0274
Temp.	1	74497287	74497286.72222	143.7828	0
Espec.	3	12124262	4041420.53704	7.8001	2e-04
Fotop.:Temp.	2	1764935	882467.59722	1.7032	0.1929
Fotop.:Espec.	6	7010955	1168492.5787	2.2552	0.0536
Temp.:Espec.	3	9449546	3149848.53704	6.0793	0.0014
Fotop.:Temp.: Espec.	6	7156767	1192794.5787	2.3021	0.0493
Resíduo	48	24869945	518123.86111	-	-
Total	71	140893578	-	-	-

Fotop.: fotoperíodo; Temp.: temperatura; Espec.: espectro
CV = 47.95 %.

Analisando fotoperíodo, temperatura e espectro que foram significativos pelo teste F, constatou-se que em fotoperíodo o nível 12/12 h obteve o maior resultado para esporulação com 1822,7 conídios contabilizados, em contraste não houve diferença significativa entre as médias dos níveis com maior tempo de exposição à luz (17/7 h) e menor tempo de exposição à luz (7/17h). Quanto ao fator temperatura, observa-se que a 23°C houve uma maior esporulação, com média de 2518,2 conídios, diferindo significativamente da temperatura de 17°C que produziu uma média de 483,9 conídios. Para o espectro, nota-se que a luz azul, que compreende ao menor comprimento de onda com faixa entre 440 a 490 nm, obteve a menor média para o número de conídios (791,6) dentre os demais níveis e foi significativamente menor que os espectros de luz verde (490 a 565 nm), branco e vermelho (630 a 780 nm) que produziram 1749,17; 1765,94; 1697,56 conídios respectivamente (Gráfico - 7).

Gráfico - 7. Gráficos em barras das médias dos conídios de *E. quercicola* produzidos em discos de folhas quando submetidos ao fotoperíodo, temperatura e espectro.





Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de comparação de médias.

Fonte: autora, 2022

Com o desdobramento da temperatura dentro de cada nível dos fatores fotoperíodo e espectro foi observado que há diferença significativa entre as temperaturas para o fotoperíodo 12/12 h nos espectros: azul, verde e vermelho. Para o fotoperíodo 17/7 h foi observada diferença significativa entre as duas temperaturas em todos os espectros avaliados. Já no fotoperíodo 7/17h, apenas no espectro azul não houve diferença significativa entre as médias de temperatura pelo teste F a 5 % de significância. Observa-se que independente dos fotoperíodos e dos espectros, a temperatura de 23°C apresentou a maior média de produção de conídios. Entretanto, para o fator espectro foi observado que não houve diferença significativa do nível de luz azul dentro de cada nível de fotoperíodo para os dois níveis de temperatura com exceção para 7/17h a 23°C que obteve a menor média significativa, com 158,6 conídios. Para o espectro de cor verde não houve diferença significativa dentro de cada nível de fotoperíodo para cada temperatura, já para o espectro de luz branca foi observado que houve diferença significativa para o fotoperíodo de 12/12 h dentro da temperatura de 17°C com a maior média significativa que as demais, sendo esta 2461,3 conídios. Em contrapartida, o espectro de luz vermelha não apresentou diferença significativa entre suas médias para cada fotoperíodo dentro de cada temperatura. Assim, observa-se que os espectros de luz verde e vermelho apresentaram as maiores médias (Tabela - 12).

Tabela - 12. Tabela de comparação de médias da interação fotoperíodo:temperatura para a porcentagem de germinação dos conídios de *Erysiphe quercicola*.

Temperatura:Fotoperíodo:Espectro			
FOTOPERÍODO	ESPECTRO	17°C	23°C
12/12 H	AZUL	154.6 bBa	1953.6 aAa
	VERDE	726 bBa	3285.3 aAa
	BRANCO	2461.3 aAa	2648.0 aAa
	VERMELHO	630.3 bBa	2722.3 aAa
17/7 H	AZUL	243 bAa	2105.6 aABa
	VERDE	105.3 bAa	2964 aABa
	BRANCO	370 bAb	1876.6 aBa
	VERMELHO	105.3 bAa	3580.3 aAa
7/17 H	AZUL	134.3 aAa	158.6 aBb
	VERDE	217.3 bAa	3197 aAa
	BRANCO	370.6 bAb	2869 aAa
	VERMELHO	288.3 bAa	2858.6 aAa

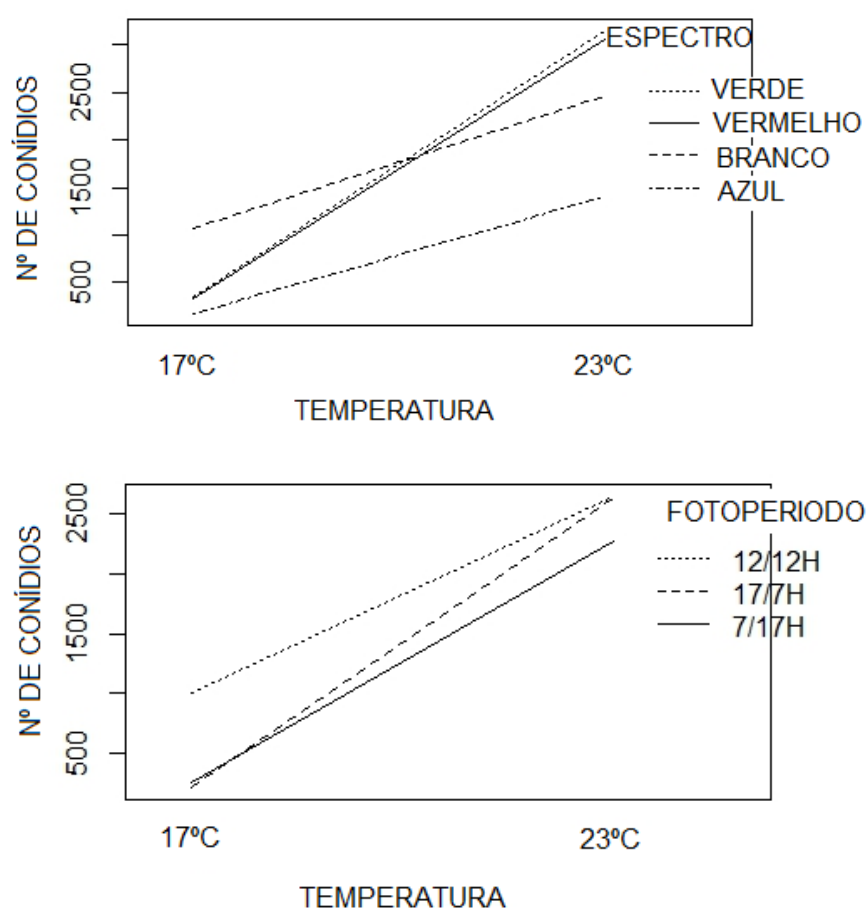
Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si, médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si e médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas em itálico não diferem entre si para o fator fotoperíodo, pelo teste de comparação de médias (teste t de Bonferroni).

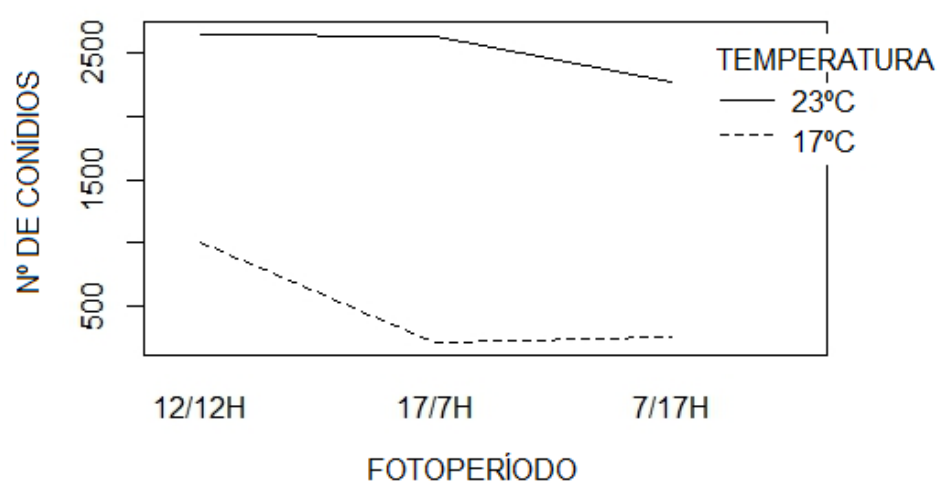
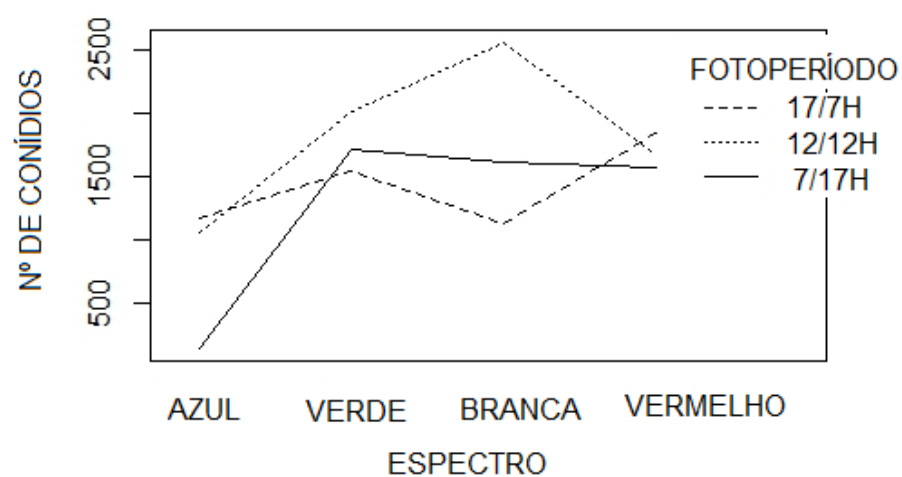
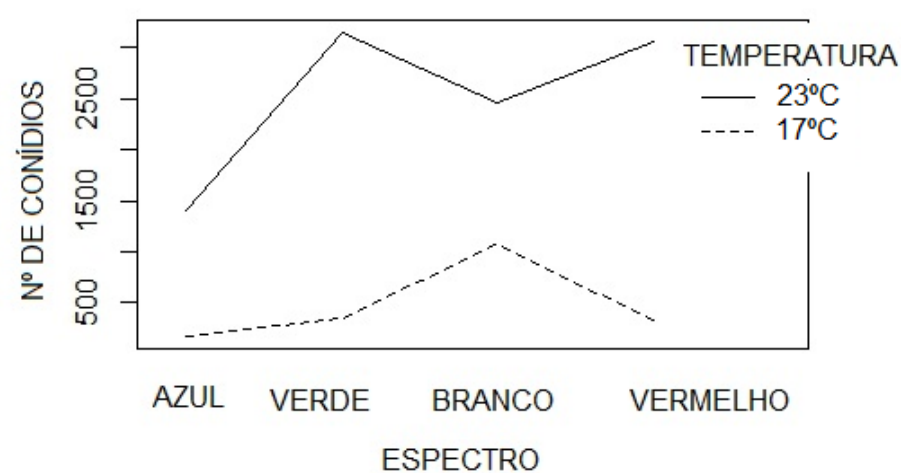
Fonte: autora, 2024

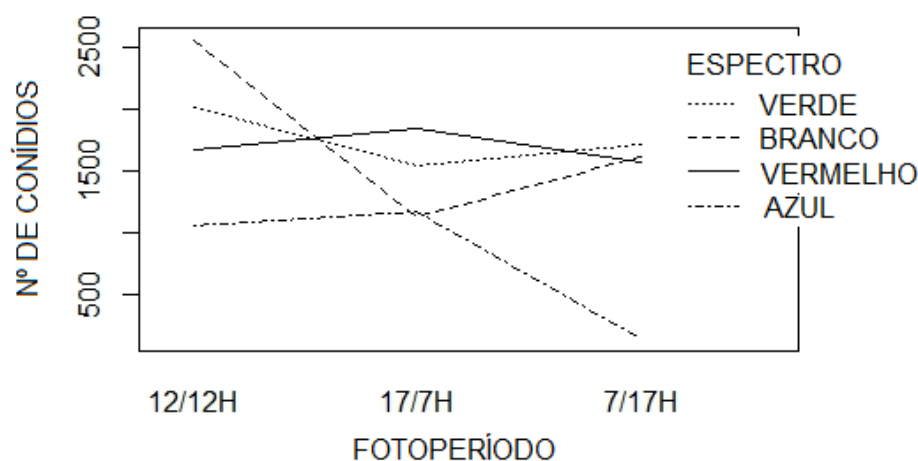
Constata-se assim que há uma relação de dependência entre os fatores, o que interfere no desempenho do número de conídios contabilizados. Neste caso, observa-se que a medida que a temperatura aumenta há um aumento do número de conídios, isto é percebido em todos os espectros, sendo os espectros de luz vermelho e verde os que apresentaram melhor desempenho na esporulação. Essa mesma interação é observada para fotoperíodo, o aumento da temperatura a 23°C influenciou no aumento de número de conídios em cada nível de fotoperíodo, sendo o nível 12/12 h o que apresentou maior esporulação. Quanto ao espectro

foi observado que a 17°C houve um crescimento na esporulação dos conídios do espectro com menor comprimento de onda (azul) até o espectro de luz branca, onde foi observado o maior pico. Entretanto, ao ser avaliada a esporulação no espectro com maior comprimento de onda (vermelho) houve um decréscimo na esporulação dos conídios. Em contrapartida a 23°C, embora também tenha sido observado aumento no número de conídios do espectro de luz azul até verde, houve um decréscimo na esporulação para luz branca e novamente um acréscimo da luz branca para vermelha. Quando analisado o espectro em função do fotoperíodo, efeito semelhante na esporulação foi constatado nos três fotoperíodos para a luz vermelha, e na luz azul houve menor esporulação independente do fotoperíodo (Gráfico - 8).

Gráfico - 8. Gráfico em linhas das interações entre os fatores temperatura e espectro, temperatura e fotoperíodo, espectro e temperatura, espectro e fotoperíodo, fotoperíodo e temperatura e fotoperíodo e espectro, respectivamente.





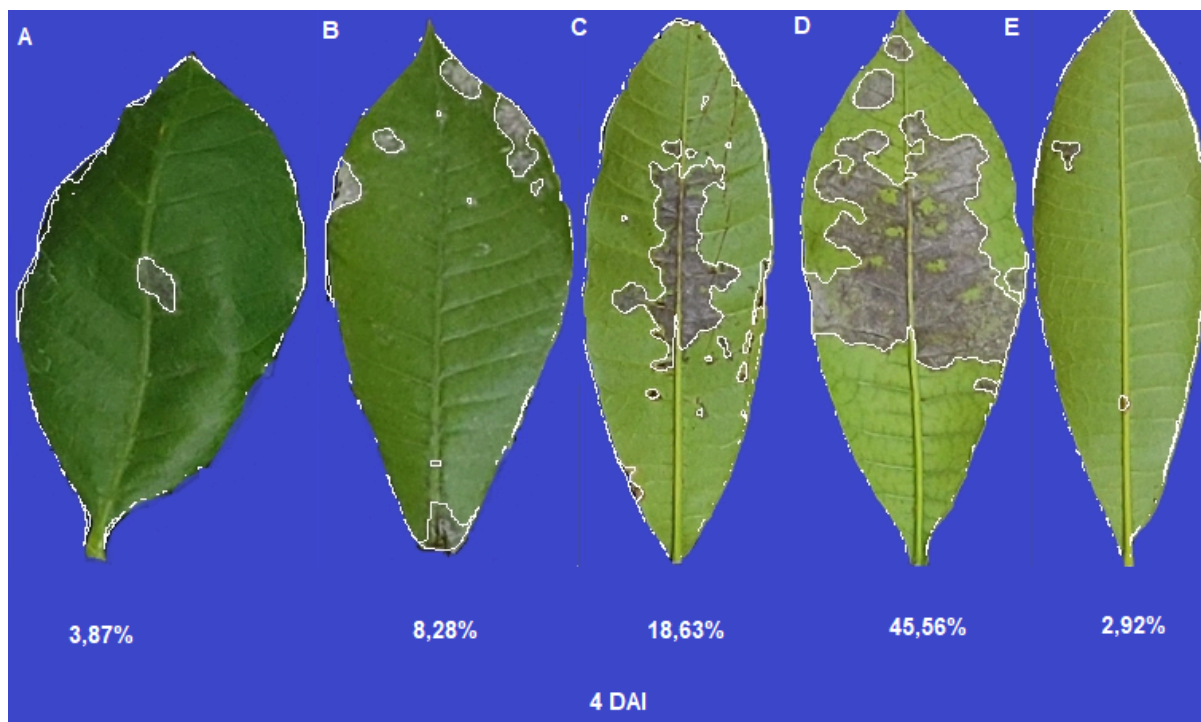


Fonte: autora, 2024.

4.3 Avaliação do efeito de variadas intensidades de luz no desenvolvimento do oídio do cajueiro em campo

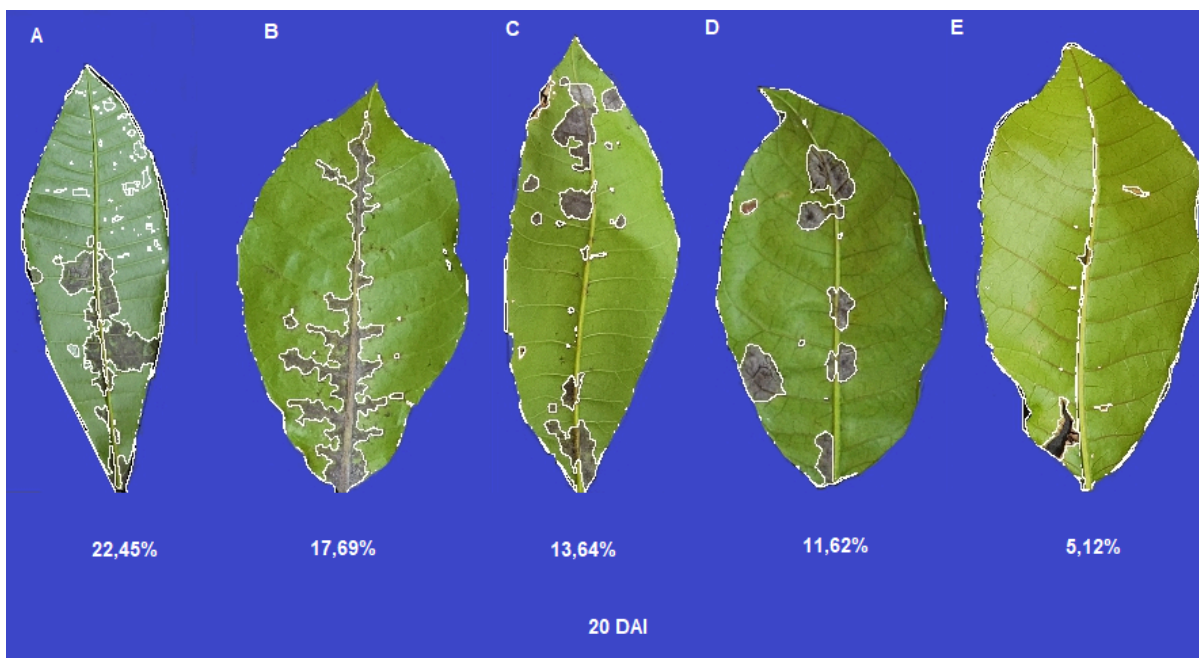
Apesar de ter sido avaliado em dois períodos de tempo, 4 dias após a inoculação e 20 dias após a inoculação, devido a quantidade de folhas viáveis para análise foi necessário avaliar apenas uma amostra de folha com sinais da doença para cada tratamento no período de 4 dias após a inoculação. Com as imagens analisadas no programa R Studio foi possível constatar a porcentagem de área com sintoma e área sadia para cada folha. Observa-se que a intensidade de luz de 70% apresentou o maior valor de severidade, 45,56%. A 100% de luz foi verificada a menor severidade, 2,92%, em 4 DAI, enquanto que a 20 DAI na mesma condição de intensidade de luz, observou-se uma severidade de 22,45%, sendo o maior valor de severidade para este período. Foi constatado que os valores das porcentagens de severidade para cada intensidade de luz analisada aumentaram com o passar dos dias. E que os ambientes com menor exposição de luz obtiveram os melhores resultados quanto a área infectada, em contraste a ambientes com maiores exposições a luz, como em 70%. Salienta-se que para o período de 4 dias após inoculação foi utilizado uma amostra com sinais do patógeno para cada tratamento, devido a viabilidade das folhas (Figura - 13 e 14).

Figura - 13. A: severidade para iluminância de 0%, B: para iluminância de 30%, C: para iluminância de 50%; D: para iluminância de 70%; E: para iluminância de 100%, observados a 4 DAI.



Fonte: autora, 2024

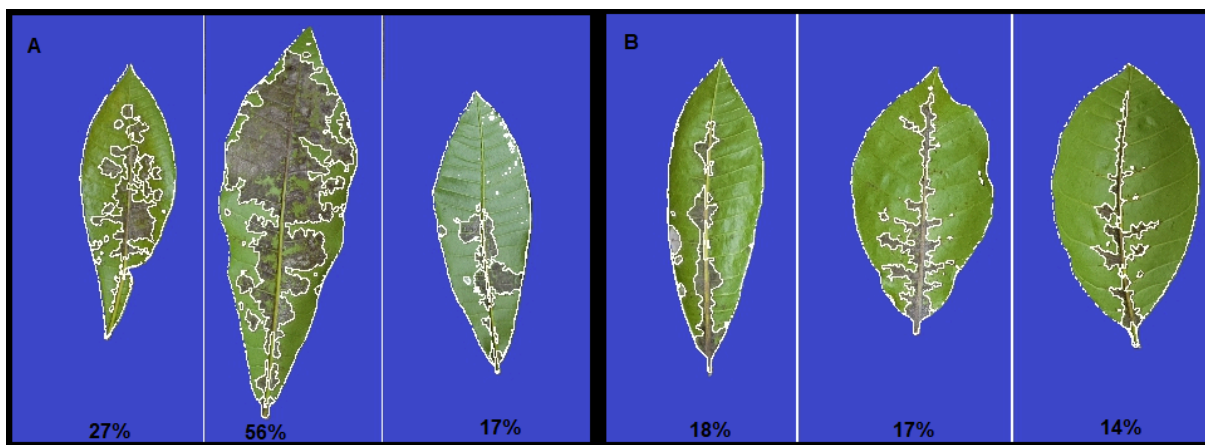
Figura - 14. A: severidade para iluminância de 0%, B: para iluminância de 30%, C: para iluminância de 50%; D: para iluminância de 70%; E: para iluminância de 100%, observados a 20 DAI.



Fonte: autora, 2024

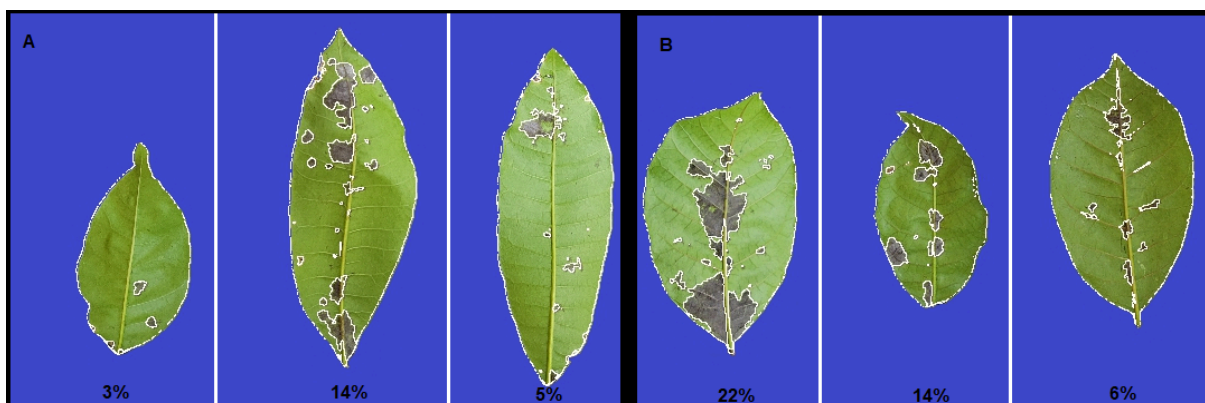
Ao analisar a severidade da doença aos 20 dias após inoculação foi constatado que os tratamentos com menor exposição solar apresentaram maior severidade, enquanto que os tratamentos com maior exposição solar apresentaram menor severidade (Figura - 15, 16 e 17).

Figura - 15. Severidade do oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” submetidas à exposição de luz. A: 0% de exposição à luz; B: 30% de exposição à luz.



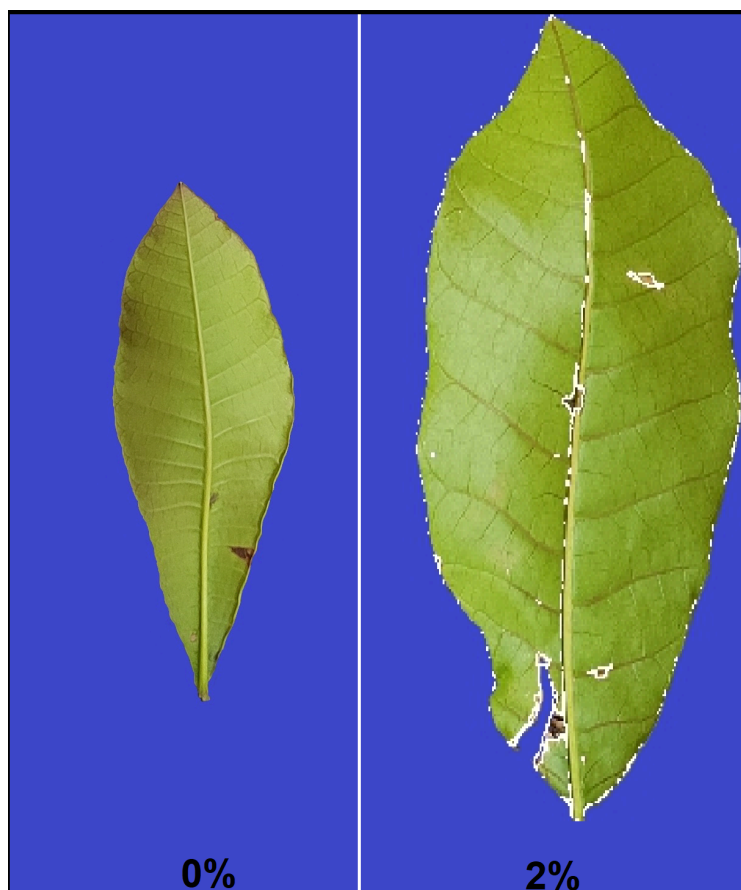
Fonte: autora, 2024

Figura - 16. Severidade do oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” submetidas à exposição de luz. A: 50% de exposição à luz; B: 70% de exposição à luz.



Fonte: autora, 2024

Figura - 17. Severidade de oídio em folhas de mudas do clone “BRS - 189” submetidas a 100% de exposição à luz.



Fonte: autora, 2024

Com a análise de variância foi constatado que há diferença significativa da severidade entre os variados níveis de iluminância a 5% de significância (Tabela - 13).

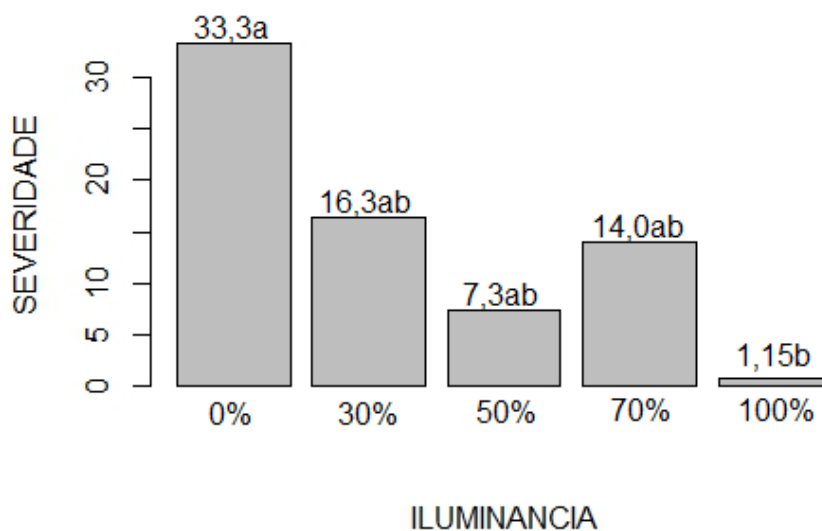
Tabela- 13. Análise de variância referente a porcentagem de área da folha com sinais de oídio do cajueiro.

FV	GL	SQ	QM	F value	p>F
Tratamento	4	1802.667	450.6667	4.3811	0.0265
Resíduo	10	1028.667	102.8667	-	-

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk); valor-p: 0.1186. A 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Portanto, observou-se que o tratamento a 0% de exposição de luz apresentou a maior média de severidade com 33,3% de área infectada, seguido do tratamento de 30, 50 e 70% de exposição solar que foram significativamente iguais entre si quanto a severidade média. Em contraste, novamente o tratamento com maior exposição solar apresentou a menor média de severidade com 1,15% de área foliar infectada (Gráfico - 9).

Gráfico - 9. Gráfico em barras das porcentagens médias da severidade da doença submetidos a iluminâncias aos dias 20 dias da inoculação de *E. quercicola*.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni (LSD protegido).

Fonte: autora, 2024

Foi constatado que houve efeito significativo dos fatores dias, iluminância e da interação dias e iluminância, de acordo com o teste F, da esporulação do fungo (Tabela - 14).

Tabela- 14. Análise de variância referente ao número de conídios de *E. quercicola* em função de tempo e iluminância

FV	GL	SQ	QM	F value	p>F
DIAS	1	121512738	121512738	48.8896	<0.001
ILUMINÂNCIA	4	123840703	30960176	12.4566	<0.001
DIAS: ILUMINÂNCIA	4	83512201	20878050	8.4001	<0.001
Resíduo	20	49709039	2485452	-	-

CV = 42.24%. Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk); valor-p: 0.012. A 1% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Considerando a interação significativa entre os fatores, observou-se que no período de 4 dias após a inoculação houve diferença significativa entre as porcentagem de iluminância para o número de conídios produzidos. Entretanto, quando a esporulação do fungo foi observada aos 20 dias após a inoculação, foi constatado que o tratamento de 0% de iluminância apresentou a maior média, com 11140.3 conídios/cm² seguida de 70, 50 e 30% que não apresentaram diferença significativa entre si. Para o caso de 100% de iluminância foi observado a menor média com 51,3 conídios/cm². Além disso, nota-se que o período de 20 dias apresentou as maiores médias dentro de cada nível de iluminância com exceção para 0 e 100% que não apresentaram diferença significativa entre os dois períodos (Tabela -15).

Tabela- 15. Análise de variância referente ao número de conídios por tratamento de iluminância a cada período avaliado

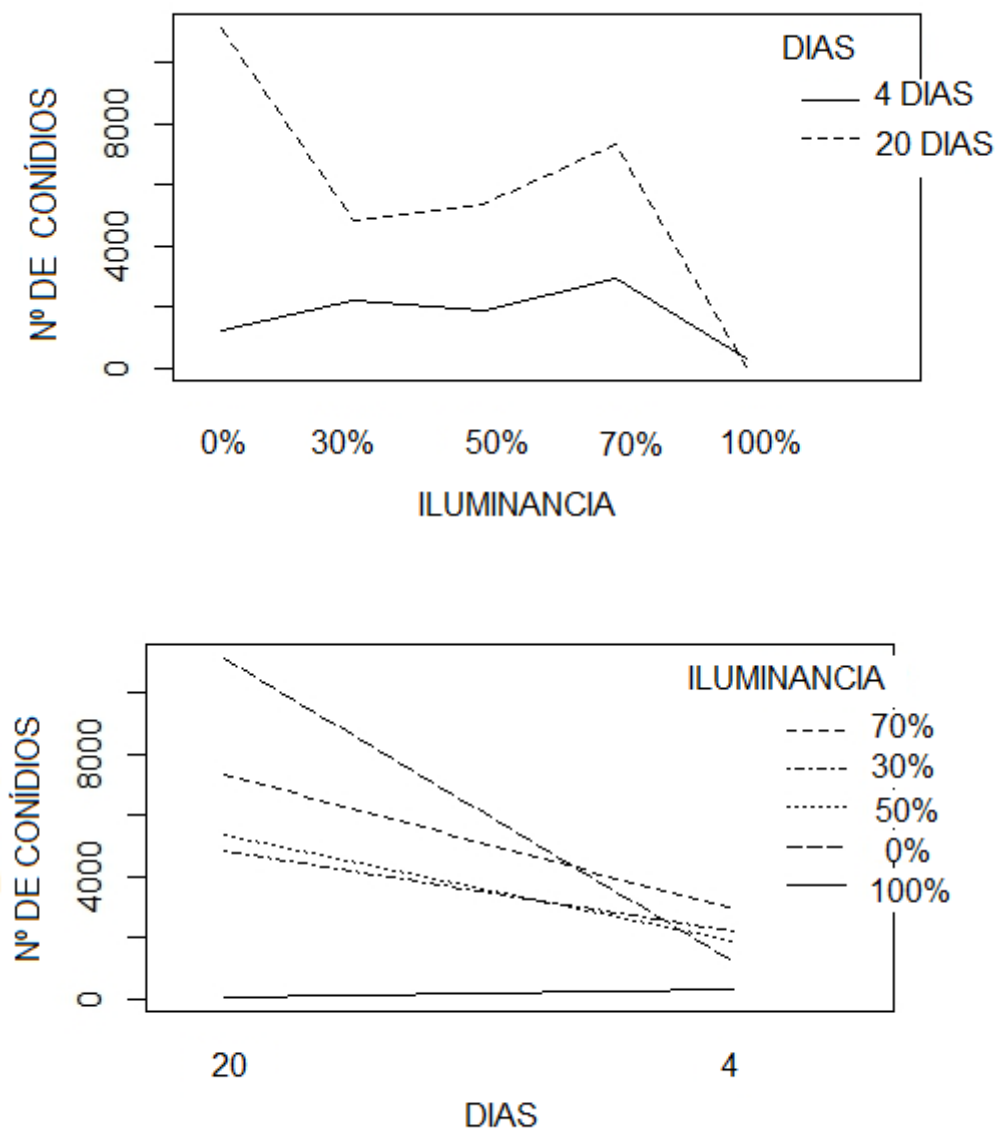
Iluminância:Dias		
ILUMINÂNCIA	4 DIAS	20 DIAS
0%	1232.3bA	11140.3aA
30%	2232.0aA	4807.3aB
50%	1849bA	5362.6aB
70%	2950.3bA	7361.3aAB
100%	333.6aA	51.3aC

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si (teste t de Bonferroni (LSD protegido), significância de 0,05). a

Fonte: autora, 2024

Assim, observa-se que a maior esporulação do fungo foi observada no maior tempo de avaliação (20 dias), mesmo considerando qualquer efeito de sombra e ausência de luz na qual o fungo foi submetido. Constatou-se ainda que o número de conídios produzidos é muito variável entre as iluminâncias, considerando qualquer período de avaliação da esporulação do fungo (Gráfico - 10).

Gráfico - 10. Número de conídios/cm² de *E. quercicola* produzidos em folhas do clone “BRS - 189” submetidos a iluminância e avaliados em diferentes tempos.



DISCUSSÃO

Avaliando a severidade de oídio do cajueiro sob variadas condições de luz e temperatura em discos de folhas, verificou-se que o efeito da temperatura como relatado por Martins et al. (2020), foi o principal em influenciar o comportamento do oídio. Porém, a interação da temperatura com outros elementos climáticos, tais quais luz e fotoperíodo responderam significativamente sobre o ciclo de infecção do fungo. Tal observação foi constatada nesse experimento, onde o efeito do fotoperíodo sob o número de conídios/cm² foi diferente dentro de cada nível de temperatura. No fotoperíodo de 17/7h (segundo maior nível de tempo de exposição de luz), independente das temperaturas 17°C ou 23°C houve um maior número de conídios/cm² produzidos. Tal observação contrasta com outros experimentos com oídios, onde Carver et al. (1994) observou que *Erysiphe graminis* f.sp. *avenae* teve maior germinação no fotoperíodo de 12/12h que em completamente escuro ou completamente claro. Entretanto, ressalta-se ainda que a 23°C foi observado que as médias de conídios/cm² dos fotoperíodos 0/24h (completamente escuro) e 24/0h (completamente claro) foram menores que as demais e não apresentaram diferença significativa entre si, tal qual a pesquisa citada.

Quando analisada a temperatura de 17°C foi observado que, diferentemente de 23°C, o fotoperíodo de 24/0h (completamente claro) apresentou a segunda maior média para número de conídios/cm². Apesar de Carver et al. (1994) ter avaliado apenas a germinação dos conídios de *E. graminis avenae*, nossos resultados com *E. quercicola* indicaram que o fotoperíodo completamente claro (24/0h) tem significativa influência na esporulação do fungo. Esta relação, aponta para a influência da temperatura, assim como da intensidade de luz emitida e o tempo de exposição à luz sobre o ciclo de infecção de *E. quercicola*. Neste caso, pode-se observar que a uma menor temperatura o fungo conseguiu se desenvolver mesmo em um ambiente completamente claro. Além disso, a baixa intensidade de luz, o que equivale a 0,59 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ou 32 LUX, pode ter influenciado para a constatação de um efeito diferente dos fotoperíodos em relação a estudos anteriores que foram aplicados sob condições maiores de intensidade de luz.

Experimentos como os de Miesrolova et al. (2010), mostraram que a diminuição da intensidade da luz interfere negativamente na germinação de *Oidium neolycopersici*. Outros experimentos, com oídio de milho, constataram que a escuridão contínua diminui a germinação (EDWARDS, 1993; CARVER et al., 1994; WILLOCQUET et al., 1996).

Considerando o efeito da luz e temperatura sobre o desenvolvimento do oídio em discos de folhas, foi constatado que a temperatura de 23°C manteve médias maiores que as de 17°C no fotoperíodo 12/12h. Quanto à qualidade da luz, nota-se que os comprimentos de onda referentes às cores verde, vermelho e a luz branca apresentaram as maiores médias e não foram diferentes significativamente entre si, sendo portanto o comprimento de cor azul o único significativamente diferente entre os demais e com a menor média.

Entretanto, quando analisado o efeito de cada fator de espectro dentro dos níveis dos fatores de fotoperíodo foi observado que na temperatura de 17°C com o fotoperíodo de 12/12h, a luz branca apresentou a maior média de número de conídios/cm². Tal efeito da luz branca também foi observado por Ayres et al (1983) ao observarem que essa luz estimulou o desenvolvimento de *Erysiphe pisi*. Para o caso dessa temperatura de 23°C com o fotoperíodo 12/12h não houve diferença significativa entre as médias de cada espectro observado, indicando que a esta temperatura o espectro não influencia na esporulação do fungo. Embora fora constatado esse efeito, nota-se que, tanto para temperatura de 23°C quanto para a temperatura de 17°C, o espectro de cor azul apresentou menor número de conídios/cm², como observado por Edwards et al (1993), onde a luz afetou o desenvolvimento de *E. graminis* f.sp. *hordei* na cultura da cevada.

No caso do fotoperíodo de 17/7h foi observado que a temperatura de 23°C apresentou as maiores médias entre os fotoperíodos no espectro de cor vermelha e menor na luz branca. Miesrolova et al. (2010) observaram que *O. neolycopersici* apresentou melhor desenvolvimento micelial no espectro de cor vermelho, seguido dos espectros de cor azul, verde e branca. Entretanto estes autores não verificaram diferença significativa entre os espectros para a esporulação do fungo. No caso da temperatura de 17°C, apenas na luz branca nesse fotoperíodo houve a menor média observada entre as demais.

Já quanto ao fotoperíodo 7/17h foi observado novamente que a temperatura de 23°C apresentou maior efeito sobre o número de conídios/cm², a exceção do espectro azul. Desse modo, novamente com exceção do espectro azul que a presenteou as menores médias, observa-se que a qualidade da luz não apresentou efeito sobre a esporulação de *E. quercicola*, o que também foi observado no experimento de Miesrolova et al. (2010) com oídio no tomate. Nos nossos resultados, o espectro de cor azul se diferencia dos demais por apresentar as menores médias do número de conídios/cm².

Miesrolova et al. (2010) constataram que o efeito da luz sobre a esporulação de *O. neolycopersici* tem relação com o processo fotossintético. Os pesquisadores observaram que a

falta de luz afeta o metabolismo das folhas das plantas, principalmente a fotossíntese, o que consequentemente resulta no esgotamento de fontes de nutrientes nas folhas, o que leva a escassez de nutrientes para o patógeno. Neste experimento foram utilizados discos de folhas para observar o desenvolvimento do oídio que também em ambientes com baixo tempo de exposição à luz provavelmente tem menor capacidade fotossintética, e, portanto, *E. quercicola* pode ser afetado em consequência do efeito na fotossíntese produzindo menores quantidades de conídios/cm².

A 4 DAI no tratamento com 70% de exposição à luz foi observado maior severidade da doença que os demais tratamentos com 45,45% de área sintomática, enquanto que o tratamento de 100% de luz apresentou a menor severidade com 2% de área sintomática. Entretanto, quando avaliado o período de 20 DAI foi constatado que a maior média foi observada no tratamento de 0% de luz (0,0014 - 0,0049 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) com média de 33,3 % de área sintomática, e a menor média foi observada para o tratamento a 100% de exposição a luz, com 1,15% de área sintomática. Além disso, no período de 20 DAI os tratamentos de 30, 50 e 70% foram semelhantes na expressão da severidade do oídio. Nota-se que nos tratamentos com menor exposição a luz (0 e 30%) houve maior severidade da doença, Jacob et al. (2008) observaram um declínio na germinação de *O. neolycopersici* quando houve aumento na intensidade de luz, mais precisamente para intensidade de luz de 31,2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, valor próximo da faixa de intensidade observada em 100% de iluminância 12,29 - 20,92 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Embora a intensidade da luz em Schnathorst (1965) não tenha influenciado na germinação de *E. graminis* f.sp. *avenae*.

Quanto a quantificação dos conídios foi observado que as médias para 20 DAI foram maiores que as médias a 4 DAI. Assim como para a avaliação da severidade em folhas, observou-se que o tratamento 0% de luz apresentou as maiores médias para os dois períodos de tempo, como também o tratamento para 100% de luz apresentou as menores médias. Desse modo, entende-se que em menores faixas de intensidade de luz há uma maior esporulação de *E. quercicola*. Miesrolova et al. (2010) constataram que a baixa intensidade de luz retarda a germinação de *O. neolycopersici*. Outros autores confirmaram que o sombreamento é mais favorável para o oídio do carvalho (SCHNATHORST, 1965; LEIBOVICH et al., 1996; WILLOCQUET et al., 1996). Esta observação pode estar relacionada a redução da temperatura e o aumento da umidade que áreas sombreadas podem proporcionar em relação a áreas expostas a sol pleno. Ainda sobre a intensidade da luz, alguns experimentos apontam

que a o aumento da intensidade de luz prolonga o período latente e reduz o número de conídios de *E. graminis* f.sp. *hordei* (AUST e HOYNINGEN-HUENE, 1986).

No caso de *E. quercicola*, constata-se que em ambientes sombreados ou com baixa intensidade de luz o fungo pode sobreviver na entressafra e esporula quando as brotações novas do hospedeiro, no caso, o cajueiro-anão estão aptas a serem infectadas pelo fungo. No entanto, mesmo em condições de maior exposição à luz, essa espécie se desenvolve bem e causa danos no pedúnculo e na castanha. Novos estudos em condições de campo precisam ser realizados para melhor compreender o efeito dos elementos climáticos, principalmente a luz sobre o oídio do cajueiro-anão.

5 CONCLUSÕES FINAIS

A umidade relativa não interfere na germinação e formação de apressórios, diferentemente das fontes de inóculo. Foi observado que as inflorescências obtiveram inóculos mais viáveis, enquanto que os maturis velhos apresentaram conídios menos viáveis.

Ao analisar a interação temperatura e espectro de luz, constatou-se que os espectros correspondentes às cores verde e vermelho induziram a uma maior germinação e formação de apressórios. Em contrapartida, a luz azul suprimiu o desenvolvimento dos conídios. Foi observado também que os fatores temperatura e fotoperíodo influenciam no comportamento dos conídios, sendo a temperatura de 23°C e o fotoperíodo 12/12h os níveis ideais dentro de cada fator para o aumento na germinação e formação de apressório dos conídios de *E. quercicola*. No mais, considera-se relevante novas pesquisas que aprofundem a relação da doença com as condições climáticas, principalmente a luz.

Além disso, *E. quercicola* em interação com discos de folhas de cajueiro se desenvolve melhor a temperatura de 23°C e no fotoperíodo 17/7h, e em quase todos os espectros de cores a exceção para o espectro de luz azul que apresentou a menor média do número de conídio/cm². No mais, constatou-se que a severidade da doença e a esporulação, em campo, agravam-se de 4 DAI a 20 DAI e a menores intensidades de luz, sendo destaque o tratamento de 0% de luz com iluminância de 0,0014 - 0,0049 μmol/m²/s.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho contribui para o avanço do conhecimento no comportamento do fungo *E. quercicola*, assim como na relação dos fatores climáticos no avanço epidemiológico do oídio do cajueiro. O que favorece o aperfeiçoamento do manejo da doença. Sugere-se que comprimentos de onda menores, no caso do estudo o espectro de cor azul, inibem a germinação e formação de apressórios do fungo. Assim, acredita-se ser necessário novos estudos com comprimento de onda ultravioleta.

Nota-se ainda que a umidade relativa não interfere na germinação e formação de apressórios do fungo, mas sim as fontes de inóculo, sendo as fontes de inóculo de tecidos mais jovens as que apresentaram melhor efeito sobre a germinação e formação de apressórios. Além disso, uma baixa iluminância, quantidade de luz por área, acompanhada de um período de exposição entre 12 a 17 horas luz foram ideais para a esporulação e desenvolvimento da doença. No mais, como em estudos anteriores, foi possível confirmar 23°C como temperatura ideal para o desenvolvimento da doença. Salienta-se ainda que o script e banco de dados gerados para avaliar a severidade da doença em folha podem ser usados posteriormente em novas pesquisas com o fungo.

7 REFERÊNCIAS

ADASKAVEG; FÖRSTER; SOMMER. Principles of postharvest pathology management of decays of edible horticultural crops .In^KADER,AA.(Ed.) **Postharvest technology of crops**.3 ed. California University of California Agriculture and Natural. p.163 – 193, 2002

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**, 5. ed. Amsterdam: Elsevier. 948p, 2005

AGUIAR, M. J. N; SOUSA NETO, N. C; BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B.; SILVA, E. D. V.; SILVA, F. B. R.; BURGOS, N.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; COSTA, C. A. R. **Zoneamento pedoclimático para a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) no Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Recife: Embrapa-CNPS-ERP-NE, 2000.

ALMEIDA J.I.L de; ARAÚJO F.E. de; LOPES, J.G.V. **Evolução do cajueiro anão precoce na estação experimental de Pacajus**, Ceará. Fortaleza: EPACE, 1993.

AMANO, K. Host range and geographical distribution of the powdery mildew fungi. **Japan Scientific Societies Press**, Tokyo, 1986.

ARNAUD, G. Study on parasite fungi (Parodiellinaceae, including Erysiphaea (in French). **Ann Epiphyt** 7:1–115, 1921.

AUST, H. J.; HOYNINGEN-HUENE, J. Microclimate in relation to epidemics of powdery mildew. **Annual Review Phytopathology**, v. 24, p. 491-510, 1986.

AYRES P.G. Conidial germination and germ-tube growth of *Erysiphe pisi* in relation to visible light and its transmission through pea leaves. **Trans British Mycol Soc** 81:269–274. 1983.

BARBOSA, L.G.; PINHEIRO, G.S.; SANTOS, R.M.; ANGELOTTI, F.; MAGALHÃES, E.D. de Impacto do aumento da temperatura sobre o crescimento e esporulação de *Fusarium oxysporum* f sp. *tracheiphilum*. In: **SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMATICAS E**

DESERTIFICAÇÃO NO SEMIARIDO BRASILEIRO, 2011, Juazeiro. (Embrapa Semiárido.Documentos, 239), 2011.

BARROS, L. de M. Melhoria. In: LIMA V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB-Etene, p.321-356. (BNB. Etene. Estudos econômicos e sociais, 35),1988.

BENDEK, C. E.; CAMPBELL, P. A.; TORRES, R.; DONOSO, A.; LATORRE B. A. The risk assessment index in grape powdery mildew control decisions and the effect of temperature and humidity on conidial germination of *Erysiphe necator*. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 4, p. 522-532, 2007.

BERGAMIN FILHO, A.; REZENDE, J. A. M.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. 4. ed. Piracicaba-SP: Agronômica Ceres. v. 1, 2011.

BRAUN, U.; COOK, R.T.A. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews). Ed. **CBS Biodiversity Series**, no 11, CBS-KNAW Fungal Diversity Centre, Utrecht, The Netherlands 2012.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.v. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. New York: JOHNWILEY; SONS, 532p. 1990

CAO, X.; DUAN, X.; ZHOU, Y.; LUO, Y. Dynamics in concentrations of *Blumeria graminis* f. sp *tritici* conidia and its relationship to local weather conditions and disease index in wheat. **European Journal of Plant Pathology**, v. 132, p. 525-535, 2012.

CARDOSO, J. E. et al. **Doenças do cajueiro**. In: Araújo, J. P. P (Ed). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 217-238, 2013

CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. Identificação e manejo das principais doenças. In: MELO, Q. M. S. (Ed.). **Caju: fitossanidade**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p.41-51, 2002.

CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P.; LIMA, J. S.; SILVA, L. G. C.; MELO, J. G. M. **An epidemic outbreak of cashew powdery mildew in Brazil.** In: ANNUAL MEETING ARCHIVES, 2014, Minneapolis. Anais... MINNEAPOLIS: APS-CPS Joint Meeting. p. 178, 2014.

CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; VIANA, F. M. P.; SILVA, L. G. C. **Controle químico do oídio do cajueiro.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. (Comunicado Técnico, 196) 4 p, 2012.

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. **Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do cajueiro no Brasil.** In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (Eds.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas do Brasil.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 161-176, 2011.

CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; FREIRE, F. C. O.; MARTINS, M. V. V. Doenças do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.) **Agronegócio caju: práticas e inovações.** Brasília, DF: Embrapa, pp.217-238, 2013.

CARDOSO, J.E.; MARTINS, M.V.V.; FREIRE, F.C.O.; Viana, F.M.P.; LIMA, J.S.; SILVA, L.G.C.; MELO, J.G.M. **An epidemic outbreak of cashew powdery mildew in Brazil.** In: 2014 APS-CPS JOINT MEETING, Minneapolis, Minnesota. Anais, p.178-O, 2014.

CARVER T.L.W., Ingerson-Morris SM, Thomas BJ, Gay AP. Light-mediated delay of primary haustorium formation by *Erysiphe graminis* f.sp. *avenae*. **Physiol Mol Plant Pathol** 45:59–79, 1994.

CASULLI, F. Il mal bianco dell'anarcordio in Tanzania. **Rivista Di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, Piracicaba, v. 73, p. 241-8, 1979.

COCHRANE, V.W. **Physiology of fungi.** New York: John Wiley. 542p, 1958.

CRISOSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; RAIJ, B. van; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce: aspectos fitotécnicos**

com ênfase na adubação e irrigação. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 8 p. (Circular Técnica, 08), 2003

EDWARDS H.H. Light affect the formation and development of primary haustoria of *Erysiphe graminis hordei* in leaf epidermal cells of *Hordeum vulgare*. **Physiol Mol Plant Pathol** 42:299–308, 1993.

ENDLER, J.A. **The color of light in forests and its implications.** Ecol Monographs 63:1–27, 1993.

ENGLANDER, L., BROWNING, M., TOOLEY, P.w. Growth and sporulation of *Phytophthora ramorum* in vitro in response to temperature and light. **Mycologia**, v. 98, p.365-373, 2006.

FLOR, H.H. Host parasite interaction in flax rust, its genetics and other implications. *Phytopathology*, St. Paul, v.45, p.680-685, 1955. FLOR, H.H. Current status af the gene-for-gene concept. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.9, p.275-296, 1971.

FONSECA W. L, CARDOSO J. E., LIMA C. S., VIEIRA R.F.B.S., BRASIL S. O. S, MUNIZ C., ANDRADE I. L., MARTINS M. V. V. Alternative hosts of *Erysiphe quercicola* in the Brazilian cashew ecosystem, **Plant Pathology**, 10.1111/ppa.13675, 72, 3, (499-506), 2022.

FONSECA W. L, CARDOSO J. E., VIANA F. M. P, BRAZIL S. O. S., VIEIRA R. F. B. S., OOTANI M. AARAÚJO F. S. A., LIMA C. S., CARDOSO M. C. L. S., MUNIZ C. R. First Report of *Erysiphe quercicola* Causing Powdery Mildew in *Bixa orellana* in Brazil. **Plant Disease**, 2019.

FONSECA, W. L. **Diversidade de *Erysiphe* spp., agentes etiológicos do oídio do cajueiro.** 2019. 70 p. Tese (Doutorado em Etomologia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 70 p, 2019.

FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E. **Doenças do cajueiro.** In: FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (Eds.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 191-226, 2003

FREIRE, F.C.O.; Cardoso, J.E.; Santos, A.A.; Viana, F.M.P. Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v.21, n.6, p.489-494, 2002

GADOORY, D.M. **The Potential of Light Treatments to Suppress Certain Plant Pathogens and Pests**. Appellation Cornell. Research Focus, 2019.

GAUMANN, E. **Pflanzeninfektionslehre**. Basel: Birkhauser, 1946.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104p, 2005.

GLAWEL, D.A. The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. **Annu Rev Phytopathol** 46:27–51, 2008.

GOTTLIEB, D. **The physiology of spore germination in fungi**. Bot. Ver., Bronx, v.16, p.229-251, 1950

HONORATO, T. B.; LIMA, J. S.; CARDOSO, J. E. **Caracterização morfofisiológica e sensibilidade de *Pseudoidium anacardii* a Fungicidas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE/LSPA**. Tabela 7832 - Área plantada, área colhida, produção e rendimento médio, por ano da safra e produto das lavouras. Dezembro 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7832>. Acesso em: 03 maio 2022.

INTINI, M.; SIJOANA, M.E.R. Calendar of disease control with reference to phenological phases of cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Tanzania. **Revista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale**, Firenze. v.77, p.419-422, 1983.

JACOB D, RAV-DAVID D, SZTJENBERG A, ELAD Y. Conditions for development of powdery mildew of tomato caused by *Oidium neolycopersici*. **Phytopathology** 98:270–281, 2008.

JARVIS, P.G. The adaptability to light intensity of seedlings of *Quercus petraea*. **J Ecol** 52:545–571, 1964.

JOHNSON, D. V. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Plantation Crops**, Kasaragod, v.1, n.1, p.1-7, 1973

KELLY D.L. The regeneration of *Quercus petraea* (sessile oak) in southwest Ireland: a 25-year experimental study. For **Ecol Manag** 166:207–226, 2002.

LEACH, C. M. Interaction of near-ultraviolet light and temperature on sporulation of the fungi *Alternaria*, *Cercospora*, *Fusarium*, *Helminthosporium* and *Stemphylium*. **Canadian Journal Botany**, v. 45, p. 1999-2016, 1967.

LEIBOVICH G, COHEN R, PARIS H.S. **Shading of plants facilitates selection for powdery mildew resistance in Squash**. *Euphytica* 90:289–292, 1996.

LIMA, J. S.; MARTINS, M. V. V.; VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E. Powdery mildew damage to the production of BRS 189 cashew plants. **Revista Ceres**, v. 66, n. 2, p. 132-141, 2019.

LIMA, V. de P. M. S. (org.). **A cultura do cajueiro no nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB, 1988.

MAIA, F. G. M.; ARMESTO, C.; ZANCAN, W.L.A; MAIA, I.B; ABREU, M.S. Efeito da temperatura no crescimento micelial, produção e germinação de conídios de *Colletotrichum* spp. isolados de mangueira com sintomas de antracnose. **Bioscience Journal**, v. 27, p.205-210, 2011.

MARTIN, P. J.; TOPPER, C. P.; BASHIRU, R. A.; BOMA, F.; DeWAAL, D.; HARRIES, H. C.; KASUGA, L. J.; KATANILA, N.; KIKOKA, L. P.; LAMBOLL, R.; MADDISON, A. C.; MAJULE, A. E.; MASAWA, P. A.; MILLANZI, K. J.; NATHANIELS, N. Q.; SHOMARI, S. 68 H.; SIJAONA, M. E.; STATHERS, T. Cashew nut production in Tanzania: constraints and

progress through integrated crop management. **Crop Protection**, Guildford, v. 16, n. 1, p. 5-14, 1997.

MARTINS M.V. [et al.]. **Potenciais fontes de inóculo de oídio para o cajueiro-anão Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, 2021.

MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; ARAÚJO, F. S. A.; OOTANI, M. A. Influência das épocas de floração e dos períodos de proteção fenológica à infecção do oídio no clone de cajueiro-anão BRS 189. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 574-581, 2017.

MARTINS, M.; FONSECA, W.; ARAÚJO, F.; LOPES, S.; LIMA, W. **Temperatura e Umidade Relativa nos Processos de Infecção do Agente Causal do Oídio do Cajueiro**, 2020.

MIESLEROVA B., LEBEDA A. Influence of Temperature and Light Conditions on Germination, Growth and Conidiation of *Oidium neolycopersici*. **Journal of Phytopathology**, 2010.

MINUSSI, E et al. Efeitos de diferentes regimes de luz na esporulação de *Stemphylium solani* Weber em meio de cultura. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 167 - 171, 1977.

MITCHELL, J. D.; MORI, S. A. **The cashew and its relatives (Anacardium: Anacardiaceae)**. New York: New York Botanical Garden Press. (Memories on the New York Botanical Garden, v.42). 76p, 1987

NAMEKATA, T.; TOKESHI, H. Variabilidade de *Stemphylium solani* Weber, agente causal da mancha foliar do tomateiro no Estado de São Paulo. **Anais da ESALQ**, São Paulo, v. XXIV, p. 273-287, 1967.

NASIR, M.; MUGHAL, S. M.; MUKHTAR, T.; AWAN, M. Z. Powdery mildew of mango: a review of ecology, biology, epidemiology and management. **Crop Protection**, v. 64, p. 19-26, 2014.

NEEGARD, A. **Danish Species of *Alternaria* and *Stemphylium* Taxonomy, Parasitism, Economical significance**. Einar Munksgard, Publisher, Copenhagen, 560 p, 1945.

NLADEEWSHAM K.K., OXBOROUGH K., GREENSLADE P.D., McLEOD A.R. (2000) UV-B radiation constrains the photosynthesis of *Quercus robur* through impacts on the abundance of *Microspheera alphetoides*. For **Pathol** 30:265–275, 2000.

NOACK, F. *Oidium anacardii*. **Bol. Instit. Agron.** Estado São Paulo, Campinas, v. 9, n. 2, 77p. 1898

OLIVEIRA, V. H. **Cajucultura**. Revista Brasileira de Fruticultura, p.30, 2008.

PLANK, J.E. Van der. **Disease resistance in plants**. New York:Academic Press, 206p. 1968

PLANK, J.E. Van der. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press. 349p, 1963

ROBERTS M.R, PAUL N.D. Seduced by the dark side: integrating molecular and ecological perspectives on the influence of light on plant defence against pests and pathogens. **New Phytol** 170:677–699, 2006.

ROBINSON, R.A. **Plant pathosystems**. Berlin: Springer Veriag. 184p, 1976

SCHNATHORST W.C. Environmental relationships in the powdery mildews. **Annu Rev Phytopathol** 3:343–366, 1965.

SCHUERGER A.C., BROWN C.S. Spectral quality affects disease development of three pathogens on hydroponically grown plants. **Hort Sci** 32:96–100, 1997.

SELOCHNIK N.N., IL'YUSHENKO A.F., KONDRASHOVA N.K. (1994) **Powdery mildew of oak and its distribution in the stand canopy** (in Russian). Lesovedenie 4:61–70, 1994.

SEMPIO C, CASTORI M. Germinability of the conidia of *Oidium monilioides* Link. **Riv Biol** 42: 287–293, 1952.

SERRANO, L. A. L.; MELO, D. S.; TANIGUCHI, C. A. K.; VIDAL NETO, F. C.; CAVALCANTE JÚNIOR, L. F. **Porta-enxertos para a produção de mudas de cajueiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, n. 9, p. 1237-1245, 2013.

SHOMARI, S. H.; KENNEDY, R. Survival of *Oidium anacardii* on cashew (*Anacardium occidentale*) in southern Tanzania. **Plant Pathology**, v. 48, p. 505-513, 1999.

SIJAONA, M.E.R.; MANSFIELD, J.W. Variation in the response of cashew genotypes to the targeted application of fungicide to flower panicles for control of powdery mildew disease. **Plant Pathology**, Oxford, v50, n2, p.244-248, 2001.

SUTHAPARAN A, TORRE S, STENSVAND A, HERERRO M.L., PETTERSEN R.I., GADOURY D.M., GISLEORD H.R. Specific light-emitting diodes can suppress sporulation of *Podosphaera pannosa* on greenhouse roses. **Plant Dis** 94:1105–1110, 2010.

SUTHAPARAN, A., STENSVAND, A., SOLHAUGO, K. A., TORRE, S., TELFER, K. H., RUUD, A. K., MORTENSEN, L. M., GADOURY, D. M., SEEM, R. C., GISLEROD, H. R. Suppression of cucumber powdery mildew by supplemental UV-B radiation in greenhouses can be augmented or reduced by background radiation quality. **Plant Dis.** 98:1349-1357, 2014.

SUTTON, T. B.; JONES, A. L. Analysis of factors affecting dispersal of *Podosphaera leucotricha* conidia. **Phytopathology**, v. 69, p. 380-383, 1979.

TAKAMATSU, S. Molecular phylogeny reveals phenotypic evolution of powdery mildews (Erysiphales, Ascomycota). **Journal of General Plant Pathology**, Tokyo, v. 79, n. 4, p. 218-226, 2013.

TAKAMATSU, S.; KISS, L.; HELUTA, V. First comprehensive phylogenetic analysis of the genus *Erysiphe* (Erysiphales, Erysiphaceae) I. The *Microsphaera* lineage. **Mycologia**, New York, v. 107, n. 3, p. 475-489, 2015

TEIXEIRA, L.D; ZOTTARELLI, C.L.A.P.; KIMATI, H. Efeito da temperatura no crescimento micelial e patogenicidade de *Pythium* spp. que ocorrem em alface hidropônica. **Summa phytopathologica**, v.32, n.3, p. 221- 226, 2006.

ULOTH, M. B.; YOU, M. P.; BARBETTI, M. J. Plant age and ambient temperature: significant drivers for powdery mildew (*Erysiphe cruciferarum*) epidemics on oilseed rape (*Brassica napus*). **Plant Pathology**, v. 67, n. 2, p. 445-456, 2018

VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; FREIRE, F. C. O. **Doenças do cajueiro**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 37, n. 290, p. 34-46, 2016.

VIANA, F.M.P. Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v.21, n.6, p.489-494, 2002.

WALKER, J.C. **Patología vegetal**. Barcelona: Omega. 818p, 1965

WEBER, F.G. A *Stemphylium* leaf spot of tomatoes. **Phytopath**, 1929.

WILLOCQUET L., COLOMBET C., ROUGIER M., FARGUES J., CLERJEAU M. Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth powdery mildew. **Eur J Plant Pathol** 102:441–449, 1996.

WILLOCQUET, L.; BERUD, F.; RAOUX, L.; CLERJEAU, M. Effects of wind, relative humidity, leaf movement and colony age on dispersal of conidia of *Uncinula necator*, causal agent of grape powdery mildew. **Plant Pathology**, v. 47, p. 234-242, 1998.

XU, X. M.; ROBINSON, J. D. Effects of temperature on the incubation and latent periods of hawthorn powdery mildew (*Podosphaera clandestina*). **Plant Pathology**, v. 49, p. 791-797, 2000.

YARWOOD, C. E. Powdery mildew. **The Botanical Review**, v. 23, n. 4, p. 235-301, 1957

