UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* CERRO LARGO**
CURSO DE AGRONOMIA

SIMONE ALINE KIELING

RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM MORANGUEIRO

CERRO LARGO
2025

SIMONE ALINE KIELING

RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM MORANGUEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Kieling, Simone Aline
Radiação UV-C no controle de antracnose em morangueiro / Simone Aline Kieling. -- 2025.
47 f.:il.

Orientador: Doutor Evandro Pedro Schneider

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. morangueiro, radiação UV-C, antracnose. I. Schneider, Evandro Pedro, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

SIMONE ALINE KIELING

RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DE ANTRACNOSE EM MORANGUEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 05/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br
Documento assinado digitalmente
EVANDRO PEDRO SCHNEIDER
Data: 15/12/2025 12:46:40-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Evandro Pedro Schneider – UFFS
Orientador

gov.br
Documento assinado digitalmente
SIDINEI ZWICK RADONS
Data: 12/12/2025 14:10:33-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons– UFFS
Avaliador

gov.br
Documento assinado digitalmente
DEBORA LEITZKE BETEMPS
Data: 12/12/2025 14:42:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dra. Débora Leitzke Betemps – UFFS
Avaliador

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o esforço, cuidado e incentivo que sempre me ofereceram, e por nunca medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para chegar até aqui, iluminando meus caminhos em todos os momentos dessa jornada. À Nossa Senhora Aparecida, pela intercessão, proteção e amparo nos momentos de dificuldade, por ser minha guia e conforto em cada passo.

Aos meus pais Lauri e Helga, e ao meu irmão Guilherme pelo amor incondicional, incentivo e por acreditarem em mim mesmo quando as dificuldades pareciam grandes. Por todo o apoio, paciência e ensinamentos que me fizeram chegar até esta conquista.

Ao meu noivo Dione, pelo carinho, compreensão e apoio em todos os momentos. Obrigada por estar ao meu lado, por me incentivar a seguir em frente e por acreditar em mim quando eu duvidava. Sua presença foi essencial para que eu conseguisse concluir esta etapa.

Aos meus amigos Karim, Ari, Débora, Jaqueline, Bruna A, Natieli, Fernanda, Guilherme C, Guilherme B e Denise que estiveram comigo em cada fase dessa caminhada, compartilhando risadas, desafios, noites sem dormir e conquistas. Cada conversa, incentivo e gesto de carinho fizeram toda diferença para que eu chegasse até aqui. Levo comigo o carinho e a amizade de cada um, com muita gratidão por terem feito parte dessa trajetória.

Ao meu orientador, Professor Dr. Evandro Pedro Schneider, pela orientação, paciência e dedicação, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de curso e professores da Universidade Federal da Fronteira Sul, que contribuíram para minha formação pessoal e profissional, compartilhando conhecimentos e experiências valiosas.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.
José de Alencar

RESUMO

O morangueiro (*Fragaria* × *ananassa*) é uma cultura de elevada importância socioeconômica, especialmente para a agricultura familiar, demandando frutos de alta qualidade para o consumo in natura. A antracnose, causada por espécies de *Colletotrichum*, destaca-se entre as doenças mais severas da cultura, comprometendo significativamente a produção. Diante disso, o presente trabalho de conclusão de curso avaliou a radiação UV-C como alternativa de manejo, considerando seu potencial germicida e caráter não residual. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, utilizando a cultivar BRS DC25 Fênix, em delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e diferentes frequências de aplicação de UV-C, testadas em dois irradiadores. As avaliações contemplaram severidade da antracnose, teor de clorofila e coloração foliar. Os resultados demonstraram ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos para todas as variáveis analisadas, indicando que as doses e tempos de exposição utilizados não promoveram alterações significativas nas plantas sob as condições do estudo. Observações visuais, entretanto, mostraram indícios de estresse foliar, como escurecimento, rigidez e necroses, especialmente nas folhas expostas mais proximamente à fonte emissora nos tratamentos de maior frequência. Esses achados sugerem que fatores como frequência de aplicação, distância da fonte de radiação e características do protótipo podem influenciar a resposta das plantas, apontando a necessidade de novas investigações para melhor compreender as condições de uso da radiação UV-C no morangueiro.

Palavras-chave: *Colletotrichum*; Radiação germicida; Fisiologia vegetal; Luz ultravioleta; Estresse oxidativo; Tecnologia de aplicação.

ABSTRACT

The strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) is a crop of considerable socioeconomic importance, particularly for family-based agriculture, and requires high-quality fruit for fresh consumption. Anthracnose, caused by species of *Colletotrichum*, is among the most severe diseases affecting this crop, significantly reducing yield. In this context, the present final course project evaluated UV-C radiation as a potential management alternative, considering its germicidal properties and non-residual nature. The experiment was conducted in a protected environment using the short-day cultivar BRS DC25 Fênix, arranged in a randomized block design with five treatments and different application frequencies of UV-C, tested in two irradiators. Assessments included anthracnose severity, chlorophyll content, and leaf coloration. The results showed no statistically significant differences among treatments for any of the analyzed variables, indicating that the doses and exposure times applied did not lead to measurable alterations under the study conditions. However, visual observations revealed signs of leaf stress, such as darkening, rigidity, and necrotic areas, particularly in plants exposed more closely to the radiation source at higher application frequencies. These findings suggest that factors such as application frequency, distance from the radiation source, and prototype configuration may influence plant responses, highlighting the need for further investigations to better understand the conditions for the use of UV-C radiation in strawberry cultivation.

Keywords: *Colletotrichum*; germicidal radiation; plant physiology; ultraviolet light; oxidative stress; application technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cores do espectro visível, comprimento de ondas (nm) e frequência (THz). 20
Figura 2- Produção de morangos em ambiente protegido, sistema semi-hidropônico de bancada no município de Cerro Largo - RS, 2025.....26
Figura 3- Protótipos utilizados para aplicação de radiação UV-C em experimento realizado no município de Cerro Largo - RS, 2025.....28
Figura 4- Plugues posicionados na face micelial em contato direto com a superfície foliar central e fragmentos de algodão umedecido.....30
Figura 5- Escala diagramática para avaliação da severidade de manchas foliares 31
Figura 6 - Trifólios utilizados para as notas visuais (0 a 5) nível da severidade de antracnose submetidas a luz UV-C.....33
Figura 7- Alterações na pigmentação foliar de trifólios expostos à radiação UV-C 36
Figura 8- Diferenças visuais na coloração dos trifólios em diferentes tratamentos nos protótipos 1 e 2.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Avaliação visual da porcentagem da severidade da antracnose na cultura do morangueiro submetidas a 5 tratamentos de intensidade de UV-C.....32

Tabela 2- Médias obtidas em relação a escala visual em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025. 33

Tabela 3 - Análise de variância sobre o teor de clorofila total dos trifólios centrais.....34

Tabela 4- Médias obtidas em relação a clorofila total em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025 35

Tabela 5 - Quadro de análise de variância sobre a coloração dos trifólios centrais 37

Tabela 6- Médias obtidas em relação a cor em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025 37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

L* - luminosidade

a* - coordenada de cor (vermelho/verde)

b* - coordenada de cor (amarelo/azul)

µL - microlitro

R2 – Coeficiente de determinação

SPAD – Soil-plant Analysis Development

UV – Ultravioleta

UV-A – Ultravioleta A

UV-B – Ultravioleta B

UV-C – Ultravioleta C

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **13**
2. OBJETIVOS **15**
2.1 OBJETIVO GERAL 15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
3. REVISÃO DE LITERATURA **16**
3.1 MORANGO 16
3.2 CLOROFILA 18
3.3 COLORAÇÃO DO TRIFÓLIO 20
3.4 DOENÇAS NA CULTURA DO MORANGO 21
3.5 ANTRACNOSE 22
3.6 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA 23
3.7 RADIAÇÃO UV-C 24
4. MATERIAS E MÉTODOS **26**
4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO 26
4.2 PLANTAS 26
4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 27
4.4 CROQUI DO DELINEAMENTO 27
4.5 EQUIPAMENTO DE RADIAÇÃO UV-C 28
4.6 ISOLAMENTO DO PATÓGENO 29
4.7 INOCULAÇÃO DO PATÓGENO NA PLANTA 29
4.8 AVALIAÇÕES 30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO **32**
5.1 UTILIZAÇÃO DE LUZ ARTIFICIAL UV-C NO CONTROLE DE ANTRACNOSE 32
5.2 CLOROFILA 34
5.3 EFEITO DA RADIAÇÃO UV-C SOBRE A COLORAÇÃO 36
7. CONCLUSÃO **39**
REFERÊNCIAS **40**

1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria × ananassa*), pertencente à família *Rosaceae*, tornou-se uma excelente alternativa de rentabilidade para os produtores. Essa planta é nativa de regiões de clima temperado da Europa e das Américas, sendo cultivada comercialmente a partir do cruzamento acidental de duas espécies americanas levadas à França, o que resultou em um híbrido natural (Vimercati *et al.*, 2019). O morango é classificado como um pseudofruto, pois se origina de uma única flor com vários ovários, sendo que o desenvolvimento de cada ovário dá origem a uma fruta individual (Antunes *et al.*, 2011).

O morangueiro apresenta boa adaptabilidade aos climas tropical, subtropical e temperado, em função da ampla variedade de cultivares disponíveis para diferentes condições térmicas. No entanto, o clima temperado é considerado o mais favorável para uma produção de alta qualidade, com temperaturas diurnas abaixo de 22°C, noites frias e dias ensolarados durante a frutificação. Em regiões mais quentes, embora existam cultivares adaptadas, estas ainda necessitam de um período com baixas temperaturas para que o estímulo à floração seja adequado (Senar, 2019).

No Brasil, grande parte da produção de morangos é direcionada ao consumo in natura. Devido ao seu alto valor agregado, o mercado consumidor tende a exigir frutos com elevada qualidade sensorial, como sabor, aroma e aparência. Para garantir esse padrão de excelência, torna-se essencial a adoção de estratégias de manejo adequadas que minimizem os danos provocados por pragas e reduzam os riscos de contaminação (Antunes; Júnior, 2007).

A antracnose é considerada uma das doenças mais severas que acometem o morangueiro, sendo responsável por perdas significativas na produção. Ela é provocada por diversas espécies pertencentes ao gênero *Colletotrichum* e também pode ser denominada mancha do coração vermelho ou mancha de chocolate. Os danos causados incluem necroses em estolões, pecíolos, rizomas e frutos. As espécies dos complexos *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum fragariae* e *Colletotrichum gloeosporioides* são particularmente associadas à formação de necroses em frutos jovens, resultando em seu desenvolvimento comprometido e no aparecimento de lesões circulares que se expandem até cobrir grande parte do fruto (Amorim *et al.*, 2016).

As condições ambientais exercem influência direta sobre o nível de suscetibilidade do hospedeiro ao desenvolvimento de doenças, afetando o sucesso do estabelecimento da infecção em determinada cultura. Esses fatores também impactam, de forma direta ou indireta, a sobrevivência e o desenvolvimento dos patógenos, podendo tanto favorecer quanto limitar sua

ação, tanto dentro quanto fora do hospedeiro. Dessa maneira, a interação entre patógeno e planta é profundamente modulada pelo ambiente, sendo que variações nas condições ambientais podem intensificar ou reduzir a severidade dos sintomas causados pela doença (Bedendo; Amorim, 2011).

Ao longo da última década, têm-se registrado avanços nos estudos sobre o uso da radiação ultravioleta (UV), amplamente empregada em diversas áreas como agente germicida, na desinfestação de estruturas, da água, entre outras aplicações. A radiação UV é uma forma de radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 100 e 400 nm, sendo classificada em três categorias: UV-C (100–290 nm), UV-B (290–320 nm) e UV-A (320–400 nm) (Barbosa, 2016).

A luz UV-C é considerada uma tecnologia emergente de preservação não térmica, destacando-se por sua capacidade de eliminar diversos microrganismos responsáveis por doenças e deterioração, sem comprometer significativamente as características nutricionais e sensoriais dos alimentos (Gayán *et al.*, 2014). A radiação UV-C apresenta vantagens em relação a certos métodos de desinfecção, uma vez que não deixa resíduos na superfície dos frutos nem causa impactos negativos à saúde humana ou ao meio ambiente (Guerrero *et al.*, 2004).

Nesse cenário, este trabalho teve como propósito elaborar um sistema experimental destinado à aplicação de radiação UV-C, utilizando o morangueiro como sistema modelo, a fim de avaliar a eficiência do processo na qualidade físico-química e microbiológica das folhas, bem como explorar alternativas ao uso de agrotóxicos, promovendo uma agricultura mais eficaz e ecologicamente baseada. Além disso, buscou-se incentivar o desenvolvimento de técnicas que integrem de forma sinérgica a luz UV-C aos sistemas de manejo, tendo como foco principal avaliar o efeito dessa radiação sobre o crescimento micelial do fungo *Colletotrichum acutatum*, agente causador da antracnose na cultura do morango.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o efeito diferencial de dois protótipos para aplicação de luz UV-C em diferentes frequências de aplicação sobre os morangueiros, visando o controle da antracnose.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito sobre o controle da antracnose;
- Avaliar os efeitos sobre as características de clorofila, e possíveis danos à estrutura foliar;
- Avaliar a influência de diferentes doses de radiação UV-C na coloração dos trifólios de plantas de morangueiro.

3. **REVISÃO DE LITERATURA**

Neste capítulo será abordada uma revisão sobre o estado da arte na aplicação de radiação UV-C para o morangueiro. Como definidos na introdução e nos objetivos estabelecidos para este trabalho, o fruto modelo (morangueiro) e suas características, bem como aplicação da tecnologia UV-C como método de controle da antracnose.

3.1 MORANGO

O morango pertence à família *Rosaceae*, subfamília *Rosoideae*, tribo *Potentilleae* e ao gênero *Fragaria*. É uma planta herbácea, perene, rasteira, com sistema radicular superficial. Suas flores são hermafroditas, com pétalas brancas, e as folhas possuem formato ovalado. O caule é um rizoma estolonífero, curto e retorcido. A parte comestível é considerada um pseudofruto, pois se origina de uma única flor que contém vários ovários. Cada ovário dá origem a um fruto verdadeiro, denominado aquênio, popularmente conhecido como semente, que permanece aderido à epiderme vermelha que envolve a polpa do morango (Cerutti *et al*., 2018).

Embora o morangueiro seja uma planta perene, seu cultivo comercial é realizado como bianual ou anual, principalmente devido à incidência de doenças e pragas. As variedades silvestres *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*, originárias das Américas, deram origem a um híbrido natural que serve de base para o desenvolvimento das variedades atualmente utilizadas na produção comercial (Cerutti *et al.*, 2018).

O morangueiro apresenta boa adaptabilidade aos climas tropical, subtropical e temperado, em função da diversidade de cultivares disponíveis, capazes de se desenvolver sob diferentes condições de temperatura. No entanto, as condições ideais para a frutificação envolvem temperaturas que não ultrapassem 22 °C, com noites frias e dias ensolarados, características típicas de clima temperado. Em regiões mais quentes, embora existam cultivares adaptadas, essas plantas geralmente requerem um período de temperaturas mais baixas para estimular adequadamente a floração (Senar 2019).

A produção de morango vem se expandindo anualmente no Brasil, impulsionada pela crescente demanda dos consumidores, que valorizam seu sabor e aspecto visual característicos. Além de seu apelo sensorial, a cultura tem ganhado relevância socioeconômica, especialmente por estar concentrada, em grande parte, em propriedades de base familiar. Esse cenário contribui para a geração de empregos no meio rural e para o aumento da renda das famílias envolvidas na atividade (Schwengber *et al.*, 2016).

No Brasil, a maior parte das áreas de cultivo de morangueiro está localizada em propriedades rurais familiares, o que evidencia a importância socioeconômica da cultura. O cultivo do morango contribui para a diversificação dos sistemas produtivos, promovendo o aumento da renda familiar, a geração de empregos e a permanência do agricultor no meio rural (Ronque *et al*, 1998, apud Antunes, 2016).

O principal destino da produção brasileira de morango é o consumo in natura. Por se tratar de um produto com valor agregado relativamente elevado, os consumidores demandam frutos de alta qualidade, com excelentes características organolépticas. Para atender a essas exigências, é necessário adotar um conjunto de técnicas e manejos que minimizem a ocorrência de contaminações e danos causados por pragas (Antunes; Júnior, 2007).

O conhecimento fenológico de uma cultura é essencial para o manejo adequado, além de permitir a compreensão das respostas das plantas às condições climáticas e edáficas a que estão submetidas (Pádua *et al.*, 2015). A identificação das diferentes fases fenológicas, como os períodos de floração, frutificação e colheita, bem como a duração desses eventos, é de extrema importância para o planejamento e a tomada de decisões por parte dos produtores.

Ademais, a cultura do morango possui elevado potencial de geração de empregos, devido à intensa demanda por mão de obra em todas as etapas do cultivo, especialmente durante a colheita. Segundo Antunes *et al*. (2016), a cadeia produtiva do morango envolve não apenas os produtores, mas também laboratórios de produção de matrizes, viveiristas, e comerciantes de insumos como lonas, plásticos, arames, túneis plásticos, fertilizantes, defensivos agrícolas e embalagens.

Devido à sua diversidade climática, o Brasil possui condições favoráveis para a produção de morango ao longo de todo o ano. No entanto, a maioria das cultivares utilizadas no país é de origem estrangeira, oriunda de programas de melhoramento genético dos Estados Unidos. Considerando as variadas condições edafoclimáticas brasileiras, a limitada disponibilidade de cultivares adaptadas representa um entrave ao desenvolvimento da cultura, tornando fundamental o incentivo a programas de melhoramento genético voltados à introdução de novas variedades (Antunes *et al.*, 2016).

O morangueiro necessita de calor para que sua folhagem se desenvolva adequadamente. Por outro lado, o frio típico do outono e do inverno é fundamental para que ocorra a diferenciação floral e, consequentemente, a frutificação. A temperatura ambiente e o fotoperíodo (duração do dia) influenciam diretamente a produção e a qualidade dos frutos. Dias curtos favorecem a frutificação, enquanto dias longos estimulam o crescimento vegetativo da

planta. Essa forte dependência das condições climáticas justifica as variações na produtividade entre diferentes regiões, mesmo quando se utiliza o mesmo material de plantio (Santos, 1993).

Embora o morango possua qualidades sensoriais apreciadas, trata-se de uma infrutescência altamente suscetível à deterioração, devido à sua elevada taxa metabólica e curta vida útil após a colheita. Essa vulnerabilidade está associada ao elevado conteúdo de umidade, açúcares e compostos ácidos presentes nos frutos. Tais condições tornam o morango um meio propício ao desenvolvimento de fitopatógenos que comprometem a qualidade do produto durante o amadurecimento, transporte e armazenamento em temperatura ambiente (Soares *et al.*, 2011). Da mesma forma, as folhas do morangueiro, por apresentarem alta atividade metabólica e serem expostas diretamente ao ambiente, também se tornam alvos frequentes de agentes patogênicos, o que compromete o desempenho fisiológico da planta, reduz a área fotossintética e afeta negativamente a produtividade e a qualidade dos frutos.

3.2 CLOROFILA

A fotossíntese é um dos processos centrais para o desenvolvimento das plantas, pois depende da interceptação da radiação luminosa por pigmentos fotossintéticos, principalmente clorofila a e b. A partir dessa interação, é possível até mesmo estimar índices produtivos, dada a relação entre eficiência fotossintética e desempenho vegetal (Zucoloto *et al.*, 2008). A clorofila a está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e é o principal pigmento responsável pelas reações fotoquímicas, que constituem a etapa inicial do processo.

A clorofila corresponde a um conjunto de pigmentos de cor verde presentes nos cloroplastos de plantas e algas, além de ocorrer em estruturas semelhantes aos tilacoides em cianobactérias. Suas moléculas encontram-se organizadas em fotossistemas inseridos na membrana dos tilacoides, onde participam diretamente das reações fotoquímicas. Do ponto de vista estrutural, trata-se de um composto orgânico formado por carbono e nitrogênio, contendo um íon magnésio em sua região central. Esses pigmentos desempenham papel essencial na fotossíntese, atuando na captura da energia luminosa e na sua conversão em energia química, utilizada na síntese de carboidratos (Pareek *et al.*, 2018).

A intensidade de radiação recebida pelas plantas está diretamente relacionada às concentrações de clorofila presentes nas folhas. Em ambientes com maior luminosidade, as plantas tendem a aumentar a produção de clorofila como forma de otimizar a captação de luz e,

consequentemente, a taxa fotossintética. Entretanto, essa resposta não ocorre de maneira linear, pois a partir de determinado limite o excesso de radiação pode provocar redução nos teores de clorofila devido ao estresse luminoso e aos danos fisiológicos associados (Rêgo; Possamai, 2004).

A intensidade da luz influencia não apenas a quantidade total de clorofila presente nas folhas, mas também a relação entre as formas a e b. Em condições de menor luminosidade, essa relação tende a diminuir, indicando um ajuste fisiológico das plantas diante da redução da disponibilidade de luz (Lexengel; Poggiani, 1991 apud Oliveira *et al.*, 2018; Boardman, 1977).

Conforme descrito por Boardman (1977), plantas submetidas a altas intensidades luminosas desenvolvem folhas com características morfológicas distintas daquelas cultivadas sob baixa radiação. Em condições de maior luminosidade, ocorre um maior desenvolvimento dos parênquimas paliçádico e esponjoso no mesófilo, resultando em folhas mais espessas. O autor também destaca que plantas adaptadas à sombra tendem a apresentar menor número de cloroplastos, embora estes sejam maiores e possuem maior concentração de clorofila.

Segundo Ling, Huang e Jarvis (2010), a concentração de clorofila nas folhas é um parâmetro amplamente utilizado como indicador do desenvolvimento dos cloroplastos, da atividade fotossintética, do teor de nitrogênio e do estado fisiológico geral da planta. Diversos métodos podem ser empregados para sua quantificação, sendo a determinação laboratorial o procedimento clássico. Nesse método, a clorofila é extraída geralmente com acetona, e a solução resultante é analisada por espectrofotometria, medindo-se a absorção de luz nos comprimentos de onda de 663 nm e 645 nm. Embora esse procedimento seja preciso e confiável, apresenta limitações por demandar maior tempo de análise, destruir o tecido foliar e exigir equipamentos laboratoriais específicos, além do uso de solventes para a extração (Netto, 2004).

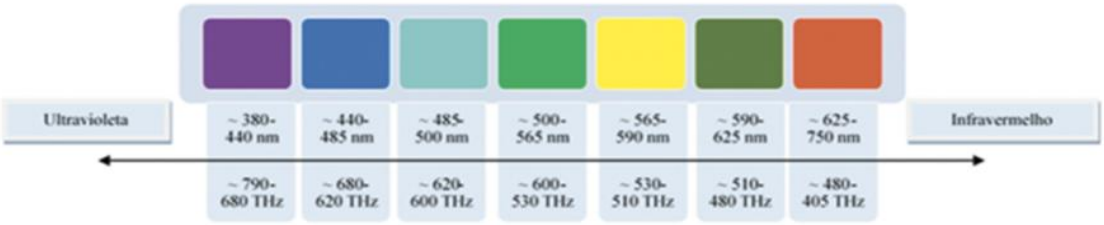
Uma alternativa mais rápida e não destrutiva para estimar o teor de clorofila é o uso de clorofilômetros digitais. Esses equipamentos, conhecidos como SPAD (Soil Plant Analysis Development), fornecem um índice relacionado aos níveis de clorofila diretamente em campo, de forma prática, segura e sem necessidade de destruir o tecido foliar. O funcionamento do SPAD baseia-se na diferença entre a transmissão de luz vermelha, em 650 nm, faixa fortemente absorvida pela clorofila, e a transmissão de luz infravermelha, em 940 nm, que não é absorvida pelo pigmento. A partir dessa diferença, o aparelho calcula um índice SPAD proporcional à quantidade de clorofila presente na folha avaliada (Uddling; Gelang-Alfredsson; Piikki, 2007).

3.3 COLORAÇÃO DAS FOLHAS

A cor constitui um atributo fundamental na agricultura, especialmente na avaliação de frutas e hortaliças, pois reflete diretamente a qualidade do produto e, em diversos casos, influencia seu valor comercial. Apesar disso, a passagem de uma avaliação subjetiva para uma análise objetiva pode gerar dúvidas, dada a complexidade envolvida na padronização e mensuração desse parâmetro (Ferreira; Spricigo, 2017).

A cor pode ser entendida como a capacidade que os materiais apresentam de absorver e refletir a luz, sendo caracterizada principalmente pelos atributos de matiz, luminosidade e saturação. Trata-se de uma percepção visual resultante da interação do olho humano com a radiação eletromagnética no espectro visível, aproximadamente entre 380–400 nm e 740–750 nm, sendo influenciada tanto pela fonte de iluminação quanto pelas propriedades da superfície que reflete a luz (Figura 1). Por depender do processamento dos estímulos captados pela retina e interpretados pelo cérebro, a percepção das cores apresenta forte subjetividade, fazendo com que cada indivíduo experimente essa sensação de forma particular (Camargos; Gonzales, 2001).

Figura 1 - Cores do espectro visível, comprimento de ondas (nm) e frequência (THz).



Fonte: Poliana Cristina Spricigo (2017).

O avanço tecnológico ampliou significativamente a variedade de materiais e tonalidades disponíveis, tornando necessária a utilização de ferramentas capazes de distinguir nuances muito próximas de forma prática, precisa e padronizada. Isso se soma à ampla diversidade na maneira como as pessoas percebem as cores, o que reforça a importância de métodos objetivos de avaliação. Nesse contexto, a colorimetria se destaca como o campo científico responsável por descrever, medir e simular a percepção das cores, traduzindo por meio de modelos matemáticos a interação da luz com os materiais e sua interpretação pelo sistema visual humano (Ferreira; Spricigo, 2017).

A coloração das folhas pode indicar diferenças na composição de metabólitos secundários, como terpenos, compostos fenólicos e alcaloides. Alves *et al*. (2020)

demonstraram que os teores de flavonoides variam significativamente entre cultivares de alface roxa e verde, evidenciando a relação entre pigmentação e composição química. Resultados semelhantes foram observados por Freitas *et al*. (2006), que verificaram aumento linear na intensidade de cor em vinhos com maiores concentrações de compostos fenólicos.

3.4 DOENÇAS NA CULTURA DO MORANGO

O cultivo do morangueiro, seja em canteiros ou estufas, exige renovação anual. Durante o crescimento, a planta forma touceiras que se expandem gradativamente por meio da emissão de estolhos, responsáveis tanto pela formação da planta mãe quanto pela propagação vegetativa (Tomita, 2004).

A produtividade e a qualidade dos frutos do morango são influenciadas por diversos fatores, como temperatura, incidência de pragas, características do solo, fotoperíodo e umidade do ar. A adoção de práticas culturais adequadas, aliada ao uso de mudas de boa qualidade, é fundamental para o sucesso da produção. Por outro lado, práticas inadequadas podem resultar em mudas frágeis e mais suscetíveis ao ataque de patógenos. No contexto brasileiro, as doenças representam um dos principais fatores limitantes para a cultura do morango (Silva *et al.*, 2007).

Os morangos são altamente vulneráveis a doenças causadas por fungos, o que compromete sua qualidade durante o armazenamento e a comercialização. A senescência, juntamente com as doenças pós-colheita, é responsável pela rápida deterioração dos frutos, resultando em significativas perdas econômicas e nutricionais (Reis *et al*., 2008).

Dentre os fatores mencionados anteriormente, as doenças causadas por fitopatógenos como fungos, bactérias, fitoplasmas, vírus e nematóides , afetam direta e indiretamente a cultura do morango, podendo determinar o sucesso ou o fracasso da produção. A sanidade das plantas é influenciada por fatores ambientais, genéticos e biológicos, isoladamente ou em interação. Para que uma doença se desenvolva, é necessário que estejam presentes três elementos: um patógeno capaz de infectar a planta, uma cultivar suscetível e condições ambientais favoráveis à multiplicação e disseminação do agente causador. No entanto, é importante destacar que o fator humano frequentemente representa a principal causa do surgimento de surtos de doenças em determinadas regiões. Isso ocorre porque o homem pode criar, direta ou indiretamente, as condições ideais para o estabelecimento da doença, seja pela introdução do patógeno, pelo uso de cultivares altamente suscetíveis, por práticas de cultivo inadequadas ou pela não eliminação de restos culturais que servem de fonte de inóculo para o ciclo seguinte. A rápida disseminação de novas doenças está, em grande parte, relacionada à facilidade atual de transporte de material

vegetal entre diferentes regiões, o que permite que patógenos percorrem grandes distâncias em um curto intervalo de tempo (Ueno, 2004).

3.5 ANTRACNOSE

Umas das principais doenças presentes no morangueiro é o *colletotrichum spp,* o qual causa antracnose do morangueiro. Esta doença se caracteriza por apresentar manchas necróticas, deprimidas, de cor escura, nos estolões, pecíolos, folhas e frutos (Simon; Meneguzzo; Calgaro, 2005). A principal espécie de fungo causadoras da doença nas plantas de morangueiro é o *Colletotrichum fragariae* e nas flores e frutos são as espécies *Colletotrichum gloeosporioides e Colletotrichum acutatum* (Reis; Costa, 2011).

A ocorrência da antracnose é favorecida por alta umidade, especialmente períodos prolongados de molhamento foliar, e temperaturas elevadas (Resende, 2023). A manifestação inicial da doença geralmente acontece em reboleiras, sendo que em condições favoráveis o patógeno se desenvolve e se alastra no cultivo, gerando até perdas totais, principalmente em cultivares suscetíveis (Costa; Ventura, 2006).

A disseminação do fungo pode ocorrer em curtas distâncias, através da gota de chuva ou irrigação, e longas distâncias pela comercialização de mudas infectadas com o patógeno (Reis; Costa, 2011). Atualmente se utiliza muito mudas importadas do Chile e da Argentina, locais em que a doença não é apresentada, desta forma as mudas são livres do patógeno (Ueno; Costa, 2018).

O patógeno sobrevive em outros hospedeiros alternativos sem causar sintomas da doença, o que exige atenção especial na seleção da área de cultivo e, principalmente, na implantação de viveiros comerciais (Ventura; Lopes; Costa, 2011).

O controle da doença pode ser feito com auxílio de fungicidas, no entanto, em um trabalho com testes de diferentes doses de fungicidas como mancozeb, benomil, iprodione e tiofanato metílico, folpet, sulfato de cobre e chlorotalonil, foi observado que mesmo com aplicações regulares e doses altas a incidência da doença é muito expressiva, tornando o controle exclusivo por fungicida pouco eficiente, sendo necessário o uso de outros métodos para controle (Kososki, 2001). Domingues (2001), observou em seu trabalho eficiências de 60 a 70% no controle da flor-preta do morangueiro com fungicidas químicos em relação a testemunha.

O uso de cultivares de morangueiro resistentes ao patógeno traz bons resultados como observados em testes em ambiente controlado e também a campo, onde a cultivar ‘IAC-Princesa

Isabel' mostrou ser superior a cultivar 'IAC-Campinas', tendo assim mais resistência à doença (Tanaka; Passos, 2002).

3.6 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A radiação ultravioleta é um tipo de radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 1 e 380 nm, sendo classificada conforme seus efeitos na saúde humana em três faixas: UV-A (400 a 320 nm), UV-B (320 a 280 nm) e UV-C (280 a 100 nm). A maior parte da radiação ultravioleta que atinge a superfície terrestre é do tipo UV-A, enquanto cerca de 90% da radiação UV-B é absorvida pela camada de ozônio. Já a radiação UV-C é completamente filtrada por essa camada, não alcançando a superfície da Terra (Mackenzie, 2020).

A determinação do fluxo de radiação é comumente representada pela irradiância, definida como o quociente entre o fluxo unidirecional de radiação incidente sobre um elemento de superfície e a área desse elemento. A irradiância é expressa em watts por metro quadrado (W/m^2) e, ao se integrar os valores de irradiância ao longo de um intervalo de tempo, obtém-se a dose de radiação, cuja unidade é joules por metro quadrado (J/m^2) (Rodrigues, 2017).

A radiação ultravioleta pode causar efeitos negativos sobre os organismos vivos, especialmente nos comprimentos de onda mais curtos, como os da faixa UV-C. Por outro lado, as radiações UV-A e UV-B, presentes na luz solar, apresentam efeito germicida limitado, uma vez que fungos e bactérias tiveram milhões de anos para desenvolver mecanismos de adaptação a essas faixas do espectro (Mackenzie, 2020).

A radiação UV-A, por estar próxima ao espectro da luz visível, é menos prejudicial às células de microrganismos, plantas e animais, sendo amplamente utilizada em ambientes controlados (Caldwell *et al.*, 1989). Segundo Chen *et al*. (2019), a exposição à radiação UV-A pode aumentar as concentrações de clorofila e carotenóides, além de promover o crescimento da folha, o alongamento do caule e o aumento da massa fresca e seca, favorecendo o acúmulo de biomassa em alface. No entanto, em soja, a exposição ao UV-A pode restringir a expansão da área foliar e impedir o acúmulo de biomassa (Verdaguer *et 3al*., 2017).

Segundo Paul (2000), as lâmpadas fluorescentes utilizadas em estudos experimentais com radiação UV-B emitem radiação fora das faixas de comprimento de onda correspondentes à radiação UV-B solar. Além disso, a radiação UV-B é significativamente influenciada pela presença de ozônio na estratosfera, que atua como um filtro natural, limitando sua incidência na superfície terrestre.

Desse modo, em plantas, os principais efeitos da radiação UV-B são alterações fotomorfológicas nas folhas, que incluem redução do tamanho, enrolamento foliar, clorose e necrose dos tecidos, além de mudanças anatômicas, como o aumento da espessura foliar e a degradação de pigmentos fotossintéticos (Inostroza-Blancheteau *et al.*, 2014).

3.7 RADIAÇÃO UV-C

A radiação UV-C possui um espectro de comprimento de onda curto, variando de 100 a 280 nm, sendo a faixa mais distante da luz visível. Seus raios são completamente absorvidos pela camada de ozônio e pelo oxigênio atmosférico, o que impede sua chegada à superfície terrestre (Silva, 2017).

A radiação UV-C não incide naturalmente na superfície da Terra, pois é absorvida pela atmosfera durante sua interação com o oxigênio, o que leva à formação de ozônio (Ribeiro *et al.*, 2012). Para fins de inativação de microrganismos, utilizam-se fontes artificiais de UV, sendo mais comuns as lâmpadas de vapor de mercúrio. Essas podem ser monocromáticas, de baixa pressão, com pico de emissão de fótons em 254 nm, comprimento de onda considerado com maior poder germicida, ou policromáticas, de média pressão, que emitem fótons em uma faixa mais ampla, abrangendo inclusive parte da luz visível (Koutchma; Orlowska, 2012).

Nos últimos anos, o emprego de lâmpadas emissoras de UV-C na agricultura tem ganhado destaque como uma alternativa viável ao uso de defensivos químicos, principalmente no manejo de fungos fitopatogênicos, incluindo os agentes responsáveis pela antracnose (Guerrero; Barbosa, 2004; Valdebenito-Sanhueza; Nascimento, 2013). De acordo com Short *et al*. (2018), plantas de morango tratadas com radiação UV-C por um minuto não apresentaram sintomas visuais de dano, nem pela aplicação da radiação nem pela presença de patógenos. Isso indica que o tratamento pode ser eficiente no controle de doenças fúngicas sem causar efeitos adversos à planta.

Dessa forma, a radiação UV-C pode reduzir de forma significativa a presença de microrganismos no ar, em superfícies, alimentos, água e em plantas. Seu mecanismo de ação consiste na indução de rupturas nas moléculas de DNA, o que impede a reprodução e a síntese de proteínas, comprometendo o metabolismo normal dos microrganismos (Bintsis *et al*., 2000).

A eficácia da radiação UV-C na sanitização pode ser influenciada por diversos fatores. Apesar de ainda haver limitações no entendimento sobre sua interação com a matriz alimentícia (Ribeiro *et al.*, 2012), é sabido que o grau de inativação microbiana está relacionado tanto à

quantidade de radiação absorvida quanto à resistência particular de cada microrganismo (Civello *et al.*, 2006). Para que ocorra a acumulação de uma dose letal, é fundamental que toda a superfície esteja adequadamente exposta à radiação (Koutchma; Orlowska, 2012). O efeito germicida da luz UV-C pode ser limitado quando os microrganismos estão internalizados nos tecidos vegetais ou aderidos a áreas lesionadas, onde a radiação não consegue alcançá-los (Gómez *et al.*, 2015). Nesse contexto, as características da superfície dos vegetais exercem grande influência sobre a eficiência da sanitização. Fissuras, cavidades, rugosidades e outras irregularidades podem reduzir a penetração da luz, atenuando a energia incidente sobre os microrganismos.

Contudo, a exposição a doses elevadas de radiação UV-C pode danificar e enfraquecer os tecidos vegetais, favorecendo a proliferação de microrganismos patogênicos (Fan *et al.*, 2017). Ainda há inconsistência quanto à dose ideal de radiação necessária para alcançar os efeitos germicidas desejados sem provocar danos irreversíveis às estruturas do alimento.

De acordo com a literatura, a dose é o principal fator determinante na eficácia da radiação UV-C para fins de sanitização, sendo influenciada tanto pela intensidade da luz emitida quanto pela duração da exposição. Em teoria, maiores doses, associadas a intensidades mais elevadas e tempos prolongados, tendem a promover maior inativação microbiana. Contudo, quando aplicadas a alimentos sólidos, essas condições podem ter eficácia limitada, devido à baixa capacidade de penetração da radiação UV-C nos tecidos vegetais (Fan *et al.*, 2017). Nesse sentido, a definição de uma dose mínima eficaz, capaz de reduzir a carga microbiana em frutas e hortaliças minimamente processadas sem comprometer sua qualidade durante o armazenamento, tem sido foco de diversos estudos.

Segundo Takeda *et al*. (2021), foi comprovada a eficácia da luz UV-C no controle de doenças fúngicas, como antracnose (*Colletotrichum* spp.), mofo cinzento (*Botrytis cinerea*) e oídio (*Podosphaera aphanis*), além de pragas como ácaro-rajado e drosófila-da-asa-manchada. A aplicação noturna da radiação UV-C, com doses entre 75 e 100 J m², realizada de duas a três vezes por semana, proporcionou controle eficiente dessas pragas e patógenos, sem causar danos às plantas ou aos frutos. O estudo também demonstrou que o uso de luz UV-C, associado a um período de escuridão após a irradiação, potencializa a eficácia do tratamento, inibindo os mecanismos de reparo dos patógenos e pragas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A condução do experimento foi realizada na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), localizada no campus Cerro Largo. As mudas de morangueiro foram adquiridas em viveiro comercial, transplantadas em slebs com substrato de 1,20 metros de largura e 15 centímetros de altura.

4.2 PLANTAS

As plantas utilizadas da cultivar de dia curto BRS DC25 FENIX, de procedência nacional, oriundas da Embrapa. Na unidade produtiva os morangueiros foram cultivados em ambiente protegido (estufas de túnel baixo), em sistema semi-hidropônico de bancada, dispostas em slebs (figura 2) . As plantas eram regadas diariamente, por sistema de gotejamento, através de fitas gotejadoras.

Figura 2- Produção de morangos em ambiente protegido, sistema semi-hidropônico de bancada no município de Cerro Largo - RS, 2025



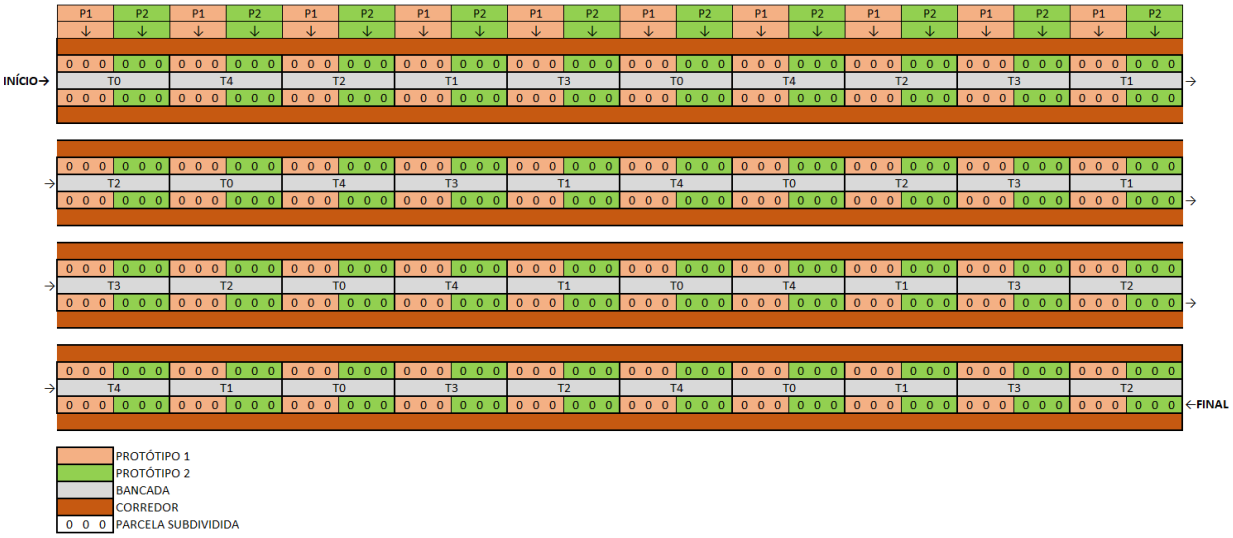
Fonte: elaborado pela autora (2025).

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados (DBC), bifatorial com 5 tratamentos em parcela subdividida com 4 repetições, 40 unidades experimentais (figura 2), contendo 6 plantas por unidade experimental e 240 plantas no experimento. Foram utilizados dois equipamentos para a aplicação da luz UV-C com 60 segundos de aplicação em cada unidade experimental. Foi colocado papelão separando as unidades experimentais, para a radiação não atingir no tratamento ao lado.

Os tratamentos são: Tratamento T0 - Testemunha, sem aplicação; Tratamento T1 – 17 aplicações = a cada 2 dias ; Tratamento T2 – 9 aplicações = a cada 4 dias; Tratamento T3 – 5 aplicações = a cada 8 dias; Tratamento T4 – 3 aplicações = a cada 12 dias. O tempo de aplicação foi de 60 segundos em todos os tratamentos.

4.4 CROQUI DO EXPERIMENTAL



Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em nível de 5% de probabilidade de erro. Para as variáveis qualitativas, aplicou-se o teste de médias (Tukey), enquanto os dados quantitativos foram avaliados por meio de análise de regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR.

Foram analisados os efeitos dos tratamentos sobre os trifólios do morangueiro considerando as seguintes variáveis: severidade visual de antracnose, teores de clorofila e parâmetros de colorimetria. As avaliações foram realizadas ao final do experimento, sendo a clorofila medida a campo e a colorimetria e a escala visual avaliadas em laboratório.

4.5 EQUIPAMENTOS DE RADIAÇÃO UV-C

Para a aplicação da luz UV-C nos trifólios, foram construídos dois irradiadores; o primeiro é revestido com papel alumínio e conta com 3 lâmpadas de 50 centímetros e potência de 95W, que ficam dispostas na parte superior com 35 centímetros de altura e 46 centímetros nas duas partes laterais, que é a distância da radiação até as plantas (figura 3). O material reflexivo tem como objetivo direcionar a radiação em todos os pontos das folhas.

O segundo irradiador possui 3 lâmpadas de 95W somente da parte superior, com 62 centímetros de comprimento (figura 3), sendo um método mais simplificado, que pode não incidir sobre todas as folhas e pontos, mas como existem as frequências da radiação pode ser eficiente e é considerado um sistema mais simples e barato. A distância de aplicação nas plantas também é de 35 centímetros.

Figura 3- Irradiadores utilizados para aplicação de radiação UV-C em experimento realizado no município de Cerro Largo - RS, 2025



Irradiador 1 (lado direito), Irradiador 2 (lado esquerdo).

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Baseado nos estudos demonstrados por Janisiewicz *et al*. (2016) e Takeda *et al*. (2021) todas as aplicações foram realizadas no período noturno, visando reduzir os efeitos da fotorreativação nos patógenos e maximizar a eficiência do tratamento. A escolha da aplicação noturna se baseia na inibição da atividade da enzima fotoliase, responsável pela reparação do DNA danificado pela radiação UV-C, tornando o tratamento mais eficaz.

4.6 ISOLAMENTO DO PATÓGENO

O patógeno *Colletotrichum spp* , foi obtido através de inóculo de uma planta de um agricultor comercial, foi coletado e colocado em placas de Petri para o crescimento.

O meio de cultura utilizado para o crescimento deste patógeno foi o ágar batata dextrosado (BDA), preparado conforme as recomendações do fabricante. Para evitar contaminações, as placas foram colocadas em câmara de fluxo laminar. Foi realizado fragmentos nos tecidos da planta, após foi realizada a assepsia com álcool (30 segundos) e hipoclorito 1% (até 1 minuto) e depois foi passada para o meio de cultura; Após seu desenvolvimento, foi realizada a repicagem do fungo (Souza *et al*., 2014).

4.7 INOCULAÇÃO DO PATÓGENO NA PLANTA

Com base no método descrito por Janisiewicz *et al.* (2016), a infecção por *Colletotrichum spp*. foi conduzida por meio da inoculação manual de um folíolos por planta, utilizando plugues de ágar com aproximadamente 5 mm de diâmetro contendo micélio ativo do patógeno. Os plugues foram posicionados com a face micelial em contato direto com a superfície foliar central e levemente fixados para garantir aderência ao tecido. Além disso, pequenos fragmentos de algodão umedecido foram dispostos junto à área de inoculação, com o objetivo de manter a umidade local e favorecer o desenvolvimento da antracnose (figura 4). A inoculação foi realizada no período final da tarde, antes do anoitecer, aproveitando o aumento da umidade relativa do ar para favorecer o processo de infecção. Após a inoculação, as plantas permanecem no campo, sob condições naturais de temperatura e umidade. O período necessário para que ocorresse a infecção é de aproximadamente 24 horas (Vieira et al., 2007). Após esse intervalo, foi realizada a primeira aplicação de radiação UV-C sobre os trifólios dos morangueiros.

Figura 4- Plugues posicionados na face micelial em contato direto com a superfície foliar central e fragmentos de algodão umedecido

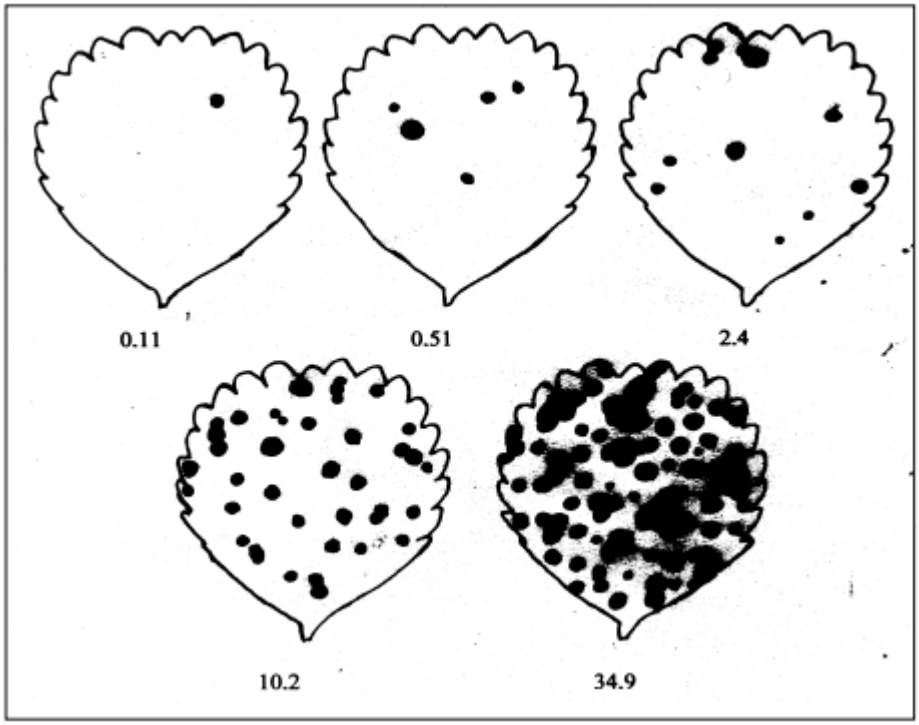


Fonte: elaborada pela autora (2025).

4.8 AVALIAÇÕES

Para avaliar o teor de clorofila, foi utilizado o equipamento ClorofiLOG CFL 1030 FALKER, um clorofilômetro portátil que realiza a leitura do Índice Spad, que é um valor numérico que é obtido através de um clorofilômetro portátil, que vai estimar o teor de clorofila nas folhas. Os trifólios nas quais a mensuração foi feita foram escolhidas e marcadas no início do experimento com uma corda. Nos mesmos folíolos utilizados para as análises de clorofila, foram realizadas avaliações de severidade da antracnose 5 dias após ao final do experimento. A severidade da doença em cada folíolo foi classificada por meio de uma escala diagramática com notas de 0 a 5. Para avaliar o desenvolvimento do patógeno, foi utilizada a metodologia proposta por Costa et al. (2012), na qual se atribui uma nota de acordo com a severidade das manchas foliares, utilizando a escala de 0 a 5, onde 0 indica ausência de manchas; 1 corresponde a 15%; 2 a 35%; 3 a 65%; 4 a 85%; e 5 representa 100% da área foliar afetada (figura 5).

Figura 5- Escala diagramática para avaliação da severidade de manchas foliares



Fonte: Costa *et al*, (2012).

Para avaliação da cor do trifólio foi realizada utilizando um colorímetro digital Konica Minolta (1998), o qual fornece três variáveis colorimétricas para análise. A coordenada L* expressa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco). A coordenada a* indica a transição entre as tonalidades verde (valores negativos) e vermelho (valores positivos), enquanto a coordenada b* representa o eixo que vai do azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos) (Konica Minolva, 1998).

O ângulo Hue representa a tonalidade de cor e, no presente estudo, foi utilizado como indicador da variação entre tons de vermelho e verde. Esse parâmetro é calculado a partir das coordenadas a* e b*, aplicando-se a equação $h° = \tan^{-1} (b^*/a^*)$. Valores menores de Hue indicam tonalidade mais próxima do vermelho, enquanto valores mais elevados refletem maior aproximação do verde (Ferreira; Spricigo, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 UTILIZAÇÃO DE LUZ ARTIFICIAL UV-C NO CONTROLE DE ANTRACNOSE

Ao analisar os efeitos da radiação UV-C sobre as folhas (trifólios) de morangueiro, aplicando diferentes doses no período noturno com foco no controle da antracnose, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (tabela 1). As avaliações foliares relacionadas especificamente à antracnose também não apresentaram efeito estatístico ($p < 0,05$), indicando que, nas condições avaliadas, a radiação UV-C não alterou a severidade ou o desenvolvimento dos sintomas da doença nas folhas.

Tabela 1- Avaliação visual da porcentagem da severidade da antracnose na cultura do morangueiro submetidas a 5 tratamentos de intensidade de UV-C

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**Fc**	**Pr>Fc**
Nº de aplicações	4	16,65	4,16	1,45	$0,24^{ns}$
Irradiador	1	0,40	0,40	0,14	0,71
Nº de aplic*Irrad	4	5,46	1,36	0,47	0,75
Blocos	3	2,86	0,95	0,33	0,80
Erro	27	77,21	2,85		
CV (%)=	99,07				

Fonte: elaborado pela autora (2025).

O coeficiente de variação (CV) obtido no experimento foi de 99,07%, um valor considerado muito alto pelas classificações tradicionais de precisão experimental; porém, em experimentos conduzidos a campo, onde as plantas respondem intensamente a fatores ambientais como variações de solo, temperatura, umidade e radiação, valores elevados de CV podem ser aceitáveis e esperados, desde que coerentes com a natureza da variável analisada. Segundo Pimentel-Gomes (2009), a interpretação do CV deve sempre levar em conta o contexto biológico e a variabilidade inerente ao ambiente experimental, sendo comum que características fisiológicas e morfológicas de plantas apresentem elevada dispersão quando avaliadas sob condições reais de campo.

Verificando a tabela, como os valores de *p-value* são maiores de que 0,05 não se rejeita H0, e conclui-se que não há diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos.

Na análise de regressão foram apresentados os quadrados médios do coeficiente de variação (anexo 1), que não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, assim serão apresentados uma tabela com a comparação das médias dos tratamentos (tabela 2).

Tabela 2- Médias obtidas em relação a escala visual em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025.

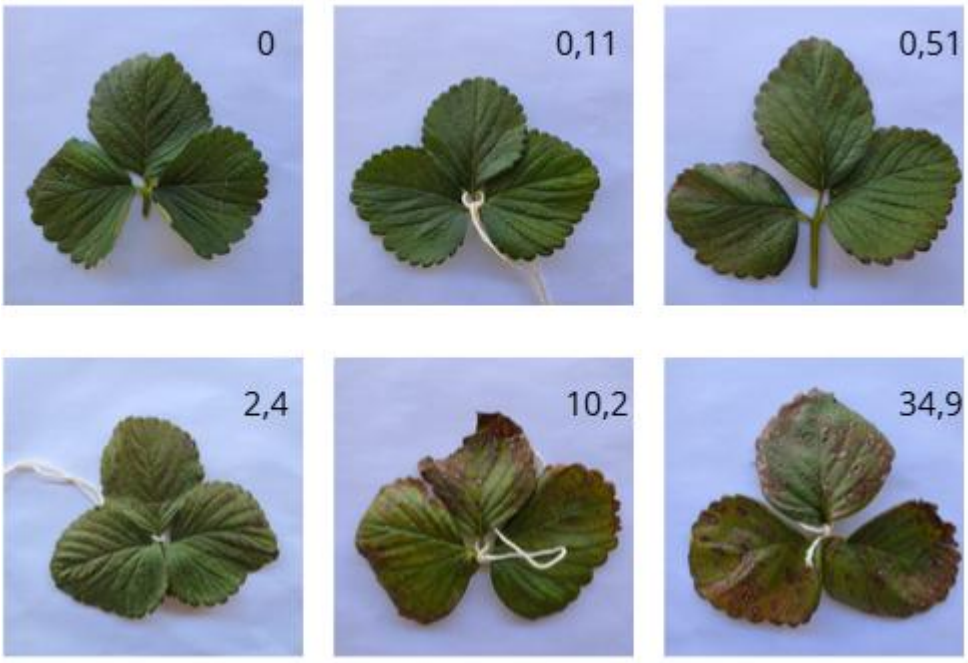
Nº de aplicações	**Médias Observadas**
0	2,62 [ns]
3	1,57
5	2,25
9	1,19
17	0,89
Média geral:	1,70

ns não significativo pelo teste f ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Na figura 6, foi utilizada uma escala diagramática de 0 a 5 para avaliação da severidade da antracnose, em que o valor 0 indica ausência de sintomas e notas superiores correspondem ao aumento progressivo dos danos. Observa-se que o trifólio classificado com nota 5 apresenta comprometimento total da área foliar.

Figura 6 - Trifólios avaliados para as notas visuais (0,11 a 34,9) nível da severidade de antracnose submetidas a luz UV-C



Fonte: elaborada pela autora (2025).

Ao observar visualmente os trifólios, observou-se variação visual na distribuição das lesões entre os tratamentos, mesmo que a análise estatística não tenha apontado diferença significativa. Em alguns tratamentos, os trifólios mostram manchas menores e mais distribuídas, enquanto em outros as lesões aparecem mais extensas e concentradas. Esse

comportamento é coerente com o que já foi descrito na literatura, onde a antracnose pode progredir de forma irregular dentro de uma mesma área devido à interação entre microambientes, suscetibilidade das folhas e intensidade da radiação UV-C. Segundo Costa *et al.* (2012), a doença tende a se manifestar com variação visual perceptível, mesmo quando estatisticamente os valores não diferem, já que pequenos avanços das lesões podem modificar bastante o aspecto das folhas. Assim, mesmo sem diferenças estatísticas, a avaliação visual sugere pequenas variações na severidade, embora não detectadas estatisticamente. Essas variações reforçam a importância de considerar tanto a análise quantitativa quanto a avaliação visual para compreender a dinâmica da doença no campo.

5.2 CLOROFILA

Quanto ao teor de clorofila total nos trifólios expandidos submetidos aos diferentes tratamentos com luz UV-C, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ao final do período de avaliação. Os valores referentes ao índice de clorofila, obtidos por meio das medições com o clorofilômetro SPAD e analisados estatisticamente, encontram-se apresentados na (tabela 3).

Tabela 3 - Análise de variância sobre o teor de clorofila nos trifólios centrais

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**Fc**	**Pr>Fc**
Nº de aplicações	4	14,00	3,50	0,45	$0,77^{ns}$
Irradiador	1	2,26	2,26	0,29	0,60
Nº de aplic*irrad	4	75,50	18,87	2,40	0,07
Blocos	3	149,74	49,91	6,35	0,00
Erro	27	212,10	7,86		
CV (%)=	5,47				

Fonte: elabora pela autora (2025).

O coeficiente de variação ficou em 5,47%, que é considerado um valor baixo, ou seja, pouca variação; os dados são mais uniformes.

Como as avaliações dos teores de clorofila foram realizadas apenas ao final do experimento, não foi possível identificar variações entre diferentes momentos de exposição. Os resultados obtidos mostram que não houve aumento nos teores de clorofilas totais em função das intensidades aplicadas ou do acúmulo de radiação ao longo das aplicações, indicando que os tratamentos com UV-C, nas condições adotadas, não promoveram alterações significativas na pigmentação foliar.

Na anova foram apresentados os quadrados médios do coeficiente de variação (anexo 1), que não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, assim serão apresentados uma tabela com a comparação das médias dos tratamentos (tabela 4).

Tabela 4- Médias obtidas em relação a clorofila em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025

Nº de aplicações	**Médias Observadas**
0	51,64 ns
3	50,18
5	51,61
9	50,89
17	51,70
Média geral:	51,21

ns não significativo pelo teste f ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Esperava-se aumento nos teores de clorofila, devido ao escurecimento visual das folhas; entretanto, os resultados não confirmaram essa hipótese. Oliveira *et al.* (2011) relataram aumento nos teores de clorofila a, b e total após a sétima aplicação de radiação UV-C em plantas de morangueiro. Segundo os autores, esse incremento está associado ao desbalanço oxidativo provocado pelo estresse gerado pela exposição à radiação UV-C, aplicada por 30 minutos com intensidade de 3,7 kJ m^{-2}.

No presente trabalho, a ausência de diferença significativa nos teores de clorofila pode estar relacionada ao curto tempo de exposição adotado nos tratamentos, que foi de apenas 60 segundos por aplicação. Em contraste, Oliveira et al. (2011) observaram aumento de clorofila a, b e total utilizando aplicações de 30 minutos a 3,7 kJ m^{-2}, o que indica que tempos mais longos de radiação UV-C podem gerar estresse oxidativo suficiente para promover alterações fisiológicas. Assim, é provável que o período reduzido de exposição utilizado neste experimento não tenha sido suficiente para desencadear respostas semelhantes às descritas pelos autores.

Ao comparar as plantas avaliadas, observou-se que algumas apresentaram áreas necróticas nos trifólios (Figura 7). Esses danos não apareceram de forma uniforme, pois nem todas as plantas expressaram necrose, o que pode ser explicado pela variação natural de resposta dentro da mesma espécie frente a fatores bióticos ou abióticos. Silva et al. (2011) relatam que, em plantas de soja submetidas ao estresse por radiação UV-C, os folíolos inicialmente apresentaram clorose, que posteriormente evoluiu para necrose, culminando em morte e abscisão foliar. No estudo citado, esses efeitos foram mais intensos nos tratamentos com maior

tempo de exposição à radiação UV-C, reforçando que a severidade das respostas está relacionada à sensibilidade da planta e ao nível de estresse aplicado.

Figura 7- Alterações na pigmentação foliar de trifólios expostos à radiação UV-C



Fonte: elaborado pela autora (2025).

A análise visual dos trifólios evidencia diferenças na coloração das folhas entre os tratamentos, mesmo que os valores estatísticos não tenham indicado significância. Observa-se que alguns trifólios apresentam verde mais intenso, enquanto outros exibem tons mais claros e sinais de clorose, indicando possível redução nos teores de clorofila. Essa percepção visual é coerente com o que já foi descrito na literatura, pois alterações na cor das folhas costumam refletir modificações no conteúdo de pigmentos fotossintéticos. Estudos mais recentes, como o de Wang *et al*. (2020), demonstram que variações visuais na coloração foliar estão diretamente associadas a mudanças nas concentrações de clorofilas e carotenoides quando as plantas são submetidas a condições de estresse, reforçando a relação entre tonalidade e alterações fisiológicas. Assim, mesmo sem diferença estatística, a imagem sugere que a radiação UV-C pode ter influenciado a pigmentação foliar, o que também se relaciona com o padrão observado na (Figura 6), em que algumas folhas apresentaram escurecimento e outras sinais de clorose.

5.3 EFEITO DA RADIAÇÃO UV-C SOBRE A COLORAÇÃO

Os resultados dos efeitos da radiação UV-C sobre a coloração dos trifólios (ângulo hue hº), obtidos por meio das medições realizadas com o colorímetro Minolta® CR-410 e submetidos às análises estatísticas, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Quadro de análise de variância sobre a coloração (ângulo hue hº) dos trifólios

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Nº de aplicações	4	53,37	13,34	2,02	0,12^{ns}
Irradiador	1	4,15	4,15	0,63	0,44
Nº de aplic*Irrad	4	27,73	6,93	1,05	0,40
Blocos	3	4,61	1,54	0,23	0,87
Erro	27	178,82	6,62		
CV (%)=	2,09				

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Ao avaliar a coloração das folhas, observou-se que o folíolo central dos trifólios não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com média geral de 123,30. Conforme indicado na tabela, os valores de *p-value* foram superiores a 0,05, não rejeita-se a hipótese nula (H0). Dessa forma, conclui-se que os tratamentos não diferiram estatisticamente quanto à cor das folhas.

Na anova foram apresentados os quadrados médios do coeficiente de variação (anexo 1), que não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos, assim serão apresentados uma tabela com a comparação das médias dos tratamentos (tabela 6).

Tabela 6- Médias obtidas em relação a cor (ângulo hue) em função do período de aplicação de radiação UV-C. Cerro Largo, 2025

Nº de aplicações	Médias Observadas
0	125,21 ^{ns}
3	124,04
5	122,44
9	122,71
17	124,11
Média geral:	123,30

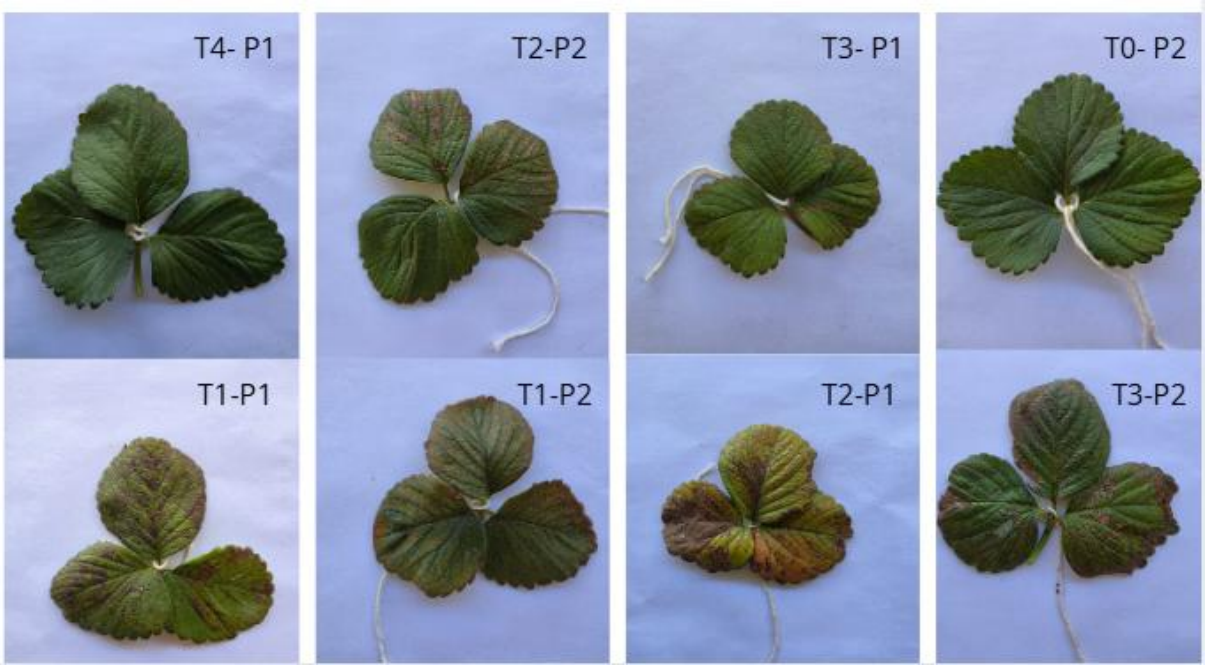
ns não significativo pelo teste f ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Apesar de a análise estatística não ter indicado diferenças significativas entre os tratamentos para os parâmetros de cor obtidos pelo colorímetro, a avaliação visual dos trifólios revela variações perceptíveis na tonalidade, especialmente entre plantas expostas a maiores intensidades de UV-C. Observou-se que alguns tratamentos apresentaram folhas com coloração mais verde-escura e uniforme, enquanto outros exibiram tonalidades mais amareladas, indicando possível redução de pigmentos (figura 8). Segundo Ferreira *et al*. (2017), pequenas

alterações em luminosidade, matiz e saturação podem não ser detectadas estatisticamente, mas ainda refletem mudanças fisiológicas reais na planta, especialmente em situações de estresse, que afetam diretamente pigmentos como clorofilas e carotenóides. Assim, mesmo sem significância estatística, as variações registradas nos parâmetros L*, a* e b* sugerem que a radiação UV-C influenciou a coloração foliar, o que é coerente com a resposta visual anteriormente observada na clorofila e na severidade da antracnose.

Figura 8- Diferenças visuais na coloração dos trifólios em diferentes tratamentos nos irradiadores 1 e 2



P1= Irradiador 1, P2= Irradiador 2 em diferentes tratamentos

Fonte: elaborado pelo autora (2025).

Variação visual da coloração foliar de trifólios submetidos aos diferentes tratamentos e protótipos, evidenciando diferenças no padrão de pigmentação e no aspecto fisiológico das folhas no momento da avaliação.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que os tratamentos avaliados não promoveram alterações estatisticamente significativas nas variáveis analisadas, apesar de algumas diferenças visuais observadas ao longo das avaliações. As análises de severidade de antracnose, teor de clorofila e coloração foliar apresentaram comportamento semelhante entre os tratamentos, indicando uma resposta fisiológica relativamente uniforme nas condições experimentais adotadas.

As variações visuais registradas, como mudanças sutis na intensidade do verde, rigidez foliar e pequenas diferenças no padrão de lesões, sugerem que pode ter ocorrido algum nível de estresse ou reação específica das plantas. Entretanto, tais alterações não foram suficientemente expressivas para serem detectadas pelos métodos quantitativos empregados. Isso reforça a importância de combinar observações visuais e análises laboratoriais para uma interpretação mais completa do comportamento das plantas.

De modo geral, observa-se, nas condições em que o experimento foi conduzido, os tratamentos não resultaram em mudanças consistentes ou quantificáveis nas características avaliadas, evidenciando a necessidade de novos estudos para validação e ampliação do conhecimento gerado.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. A. C. **Análises bioquímica e genética dos teores de flavonoides e atividade antioxidante em alface**. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28935. Acesso em: 24 nov. 2025.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, *et al*., **Manual de Fitopatologia**: Doenças de plantas cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. Disponível em: https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Livro-Manual-de-Fitopatologia-vol.2.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

ANTUNES, L. E. C. *et al.* **Morango**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2° edição, Coleção Plantar. 52 p. 2011. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128281/1/PLANTAR-Morango-ed02-2011.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

ANTUNES, L. E. C. *et al.* **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 589 p. 2016. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092843. Acesso em: 28 abr. 2025.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. **Morango produção aumenta ano a ano**. Anuário HF, Brasília - DF, v. 01, n. 01, p. 87-90, ago. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131057/morango-producao-aumenta-ano-a-ano. Acesso em: 28 abr. 2025.

ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R. Caracterização da produção de morangos no Brasil. **Bologna - Rivista di Frutticoltura e Ortofloricoltura**, v. 69, p. 60-65, 2007. Disponível em:http://docente.ifsc.edu.br/roberto.komatsu/MaterialDidatico/Agroecologia2M%C3%B3duloFruticultura/Morango/Morango-situacao-Importancia_Antunes2007.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.

ANTUNES, L. E. C.; JUNIOR, C. R.; SCHWENGBER, J. E. **Morangueiro**. Embrapa Clima Temperado: [s.n.], Livro técnico (INFOTECA-E) 2016.. Disponível em: Infoteca-e: Morangueiro. Acesso em: 02 maio 2025.

BARBOSA, A. O. **Uso da radiação ultravioleta como técnica avançada de tratamento de água**. 2016. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/usoda-radiacao-ultravioleta-como-tecnica-avancada-de-tratamento-de-agua.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025

BEDENDO, I. P.; AMORIM, L. Ambiente e doença. In: AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M; BERGAMIN FILHO, A (Ed.). **Manual de fitopatologia**, Piracicaba: Agronômica Ceres, v. 1, 4. ed. p. 133-147, 2011.

BINTSIS, T.; LITOPOULOU-TZANETAKI, E.; ROBINSON, R. K. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry–a critical review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 6, p. 637-645, 2000. Disponível em: Aplicações existentes e potenciais da luz ultravioleta na indústria alimentícia - uma revisão crítica - PubMed. Acesso em: 12 abr. 2025.

BRAZANTI, E. C. **La fresa**. Madri: Mundi-Prensa, 1989.

CALDWELL, M. M.; TERAMURA, A.H; TEVINI, H. The Changing Solar Ultraviolet Climate and the Ecological Consequences for Higher Plants. In: CELL PRESS.**Trends in Ecology & Evolution**, v. 4, p. 363–367, 1989.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. **A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira**. Brasil Florestal, Brasília, ano 20, n. 71, p. 30-41, 2001. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10497/1/ARTIGO_ColorimetriaAplicadaInstrumento.pdf. Acesso em 27 out. 2025.

CARVALHO, C. F. **Crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

CERUTTI, P. H.; SANTOS, M.; GEMELI, M. S.; ADAMS, C. R.; PEREIRA, T. C. V. Desafios do cultivo de morangueiro no Brasil. **Revista Científica Rural,** [S. l.], v. 20, n. 2, 2018. Disponível em: DESAFIOS DO CULTIVO DE MORANGUEIRO NO BRASIL | Cerutti | Revista Científica Rural. Acesso em: 02 maio 2025.

CHEN, Y. et al. UVA radiation is beneficial for yield and quality of indoor cultivated lettuce. **Frontiers in Plant Science**. p.1-31. 2019.

CIVELLO, P. M.; VICENTE, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. In R. Troncoso-Rojas, M. E. Tiznado-Hernández & A. González-León (Eds.), **Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits & vegetables**, Kerala, India: Research Signpost, v. 4, p. 71-102, 2006.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. **Manejo integrado de doenças do morangueiro**. In: III Simpósio nacional do morango - II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul, v. 3, p. 17-28, 2006. Disponível em: PALESTRAS _ MORANGO. Acesso em: 05 maio 2025.

DOMINGUES, R.J.; TÖFOLI, J.G.; OLIVEIRA, S.H.F.; GARCIA JÚNIOR, O. Controle químico da flor preta (*colletotrichum acutatum simmonds*) do morangueiro em condições de campo. **Arquivos do Instituto Biológico**, [S.L.], v. 68, n. 2, p. 37-42, dez. 2001. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657v68n2p0372001. Acesso em: 05 maio 2025.

FAN, X.; HUANG, R.; CHEN, H. Application of ultraviolet C technology for surface decontamination of fresh produce. **Trends in Food Science & Technology**, n. 70, p. 9-19, 2017. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.004. Acesso em: 28 abr 2025.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura. In: **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças: análises não destrutivas**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209-220. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1084379. Acesso em: 15 set. 2025.

FREITAS, D. M. et al. **Variação dos compostos fenólicos e de cor dos vinhos de uvas (Vitis vinífera) tintas em diferentes ambientes**. 2006. 56 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maris – RS, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/3155. Acesso em: 15 nov. 2025.

GAYÁN, E.; CONDÓN, S.; ÁLVAREZ, I. (2014). Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: A review. **Food and Bioprocess Technology**, 7(1), 1-20. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11947-013-1168-7. Acesso em: 29 maio 2025.

GÓMEZ, P. L.; SCHENK, M. L.; SALVATORI, D. M.; ALZAMORA, S. M.. Potential of UV-C light for preservation of cut apples fortified with calcium: Assessment of optical and rheological properties and native flora dynamics. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8 n. 9, 1890-1903, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s11947-015-1545-5. Acesso em: 29 maio 2025.

GUERRERO, B. J. A; BARBOSA, C. G. V; Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science and Technology International**, v. 10, n 3, p. 137-147. 2004. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1082013204044359?casa_token=Ad9jhwyVlscAAAAA%3AvALtqGiOp6wMyF92AVCJzPfF55bfHgVazuOzEV_CTh0JgaxiBwFbf1EHauAmKSo34uQqwSjNNywNIo4&. Acesso em: 14 abril 2025.

JANISIEWICZ, W. J.; TAKEDA, F.; GLENN, D. M.; CAMP, M. J.; JURICK, W. M. **Período de escuridão após tratamento com UV-C aumenta a morte de *Botrytis cinereaconídios* e controla o mofo cinzento do morango**. Fitopatologia v. 106, p. 386–394, 2016. Disponível em: Período escuro após tratamento com UV-C aumenta a morte de conídios de Botrytis cinerea e controla o mofo cinzento de morangos | Fitopatologia®. Acesso em: 21 abril 2025.

JANISIEWICZ, W. J.; TAKEDA, F.; NICHOLS, B.; GLENN, D. M.; JURICK, W. M.; CAMP, M. J. **Uso de irradiação UV-C de baixa dose para controlar o oídio causado por *Podosphaera aphanisem* plantas de morango**. Can. J. Plant Pathol. v. 4, n. 38, p. 430–439, 2016. Disponível em: Artigo completo: Uso de irradiação UV-C de baixa dose para controlar o oídio causado por Podosphaera aphanis em plantas de morango. Acesso em: 12 maio 2025.

KOSOSKI, R. M.; FURLANETTO, C.; TOMITA, C. K.; CAFÉ FILHO, A. C.. Efeito de fungicidas em Colletotrichum acutatum e controle da antracnose do morangueiro. **Fitopatologia Brasileira**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 662-666, set. 2001. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: SciELO Brasil - Efeito de fungicidas em Colletotrichum acutatum e controle da antracnose do morangueiro Efeito de fungicidas em Colletotrichum acutatum e controle da antracnose do morangueiro. Acesso em: 11 abril 2025.

KOUTCHMA, T.; ORLOWSKA, M.; Ultraviolet light for processing fruits and fruit products. In S. Rodrigues & F. A. N. Fernandes (Eds.), **Advances in fruit processing technologies**, v. 1, p. 2-27, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1201/b12088-2. Acesso em: 11 abril 2025.

LING, Q; HUANG, W; JARVIS, P. Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in Arabidopsis thaliana. **Photosynthesis Research**. v. 107, n. 2, p. 209-214. 2011.

MACKENZIE, D. **Ultraviolet Light Fights New Virus**. Engineering Beijing, v. 6, n. 8, p. 851-853. 2020. Disponível em: Luz ultravioleta combate novo vírus - PMC. Acesso em: 04 maio 2025.

NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. D.; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, p. 199-209. 2005.

OLIVEIRA, L. D; CRUZ, P. J. R. de; PAULINO, A. F; FERREIRA, F. de J. SILVA, A. M. S. Teores de clorofila em gramíneas subtropicais submetidas a sombreamentos. ln: 28° CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 2018, Goiânia. **Anais do**. Goiânia, PUC, 2018.

PAREEK, S.; SAGAR, N. A.; SHARMA, S.; KUMAR, V. **Chlorophylls**: Chemistry and Biological Functions. Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, v. 1, ed. 2, 2018.

PAUL, N. D; **Stratospheric ozone depletion, UV-B radiation and crop disease. Environmental Pollution**, n. 108, p, 343-355, 2000. Disponível em: Destruição do ozônio estratosférico, radiação UV-B e doenças nas plantações - ScienceDirect. Acesso em: 04 maio 2025.

PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. **Irrigação do morangueiro**. Informe Agropecuário, v. 20, n. 198, p. 52–58, 1999.

PIRES, R. C. M.; PASSOS, F. A.; TANAKA, M. A. S. Irrigação do morangueiro. Informe Agropecuário. **Morango:** tecnologia inovadora, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 52-58, maio/jun. 1999.

RÊGO, G. M; POSSAMAI, E. **Avaliação dos teores de clorofila no crescimento de mudas do Jequitibá-rosa**. Comunicado Técnico 128. Embrapa Florestas. Colombo, PR. 2004. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/38230/1/com_tec128.pdf. Acesso em: 15 set. 2025.

REIS, A.; COSTA, H. **Principais doenças do morangueiro no Brasil e seu controle**. Circular Técnica 96, Brasília - DF, 2011. ISSN 1415-3033. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15440792.pdf. Acesso em: 05 maio 2025.

REIS, K. C., *et al*. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196–202, jan./fev. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/M4pzVqHPWt5vQMG3HqDsfhr/?format=pdf. Acesso em: 18 abril 2025.

RESENDE, R. S.; COSTA, H. Manejo de doenças do morangueiro em sistema semi hidropônico. In: MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; SILVA, P. F. **Cultivo do morangueiro em sistema semi-hidropônico**. Florianópolis: Epagri, 2023. p. 01-316. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/4390/1/doenca-morango-semihidroponico.pdf. Acesso em: 04 maio 2025.

Ribeiro, C.; Canada, J.; Alvarenga, B. **Prospects of UV radiation for application in postharvest technology**. Emirates Journal of Food and Agriculture, Abu Dhabi, v. 24, n. 6, p.

586-597, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.v24i6.586597. Acesso em: 25 março 2025.

RODRIGUES, J. C. **Características da Radiação Ultravioleta Solar e seus efeitos na saúde humana nas cidades de La Paz – Bolivia e Natal – Brasil**. 2017. 174 f. Dissertação (Mestrado), Programa Regional de Pós graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Estadual de Santa Cruz, Natal – RN, 2017. Disponível em: Características da Radiação Ultravioleta Solar e seus efeitos na saúde humana nas cidades de La Paz – Bolívia e Natal – Brasil. Acesso em: 25 março 2025.

RODRIGUES, M. A.; ALMEIDA, L. F. **Fisiologia vegetal aplicada**. Lavras: UFLA, 2016.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**. Curitiba: Emater, 1998.

RONQUE, E. R. V. *et al.* Viabilidade da cultura do morangueiro no Paraná-Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1032–1041, 2013. Disponível em: scielo.br/j/rbf/a/P8dhKp7TpCHNhjXtWdMBfQv/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 28 abril 2025.

RONQUE, G. As folhas do morangueiro: fisiologia e importância. In: ANTUNES, L. E. C. et al. **O morangueiro.** Brasília: Embrapa, 2016.

SANTIAGO, E. S. G. **Radiação da luz UV-C para o controle de manchas foliares na cultura do morangueiro**. 2021. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo-RS,2021. Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5249/3/SANTIAGO.pdf. Acesso em: 29 maio 2025.

SANTOS, A. M. **A cultura do morango**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 1993. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/100637/1/Aculturadomorango.pdf. Acesso em: 28 abril 2025.

SCHWENGBER, J. E.; JÚNIOR, C. R.; ANTUNES, L. E. C. **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: LuisEduardoMORANGUEIROmiolo.pdf. Acesso em: 15 abril 2025.

SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). **Olericultura:** cultivo do morango. Brasília: SENAR, n. 238, 80 p, 2019. Disponível em: 238_Olericultura-cultivo-do-morango.pdf. Acesso em: 29 maio 2025.

SHORT, B. D. *et al*. **UV-C irradiation as a management tool for Tetranychus urticae on strawberries**. Pest management science, v. 74, n. 11, p. 2419-2423, 2018. Disponível em: Irradiação UV-C como ferramenta de manejo de Tetranychus urticae em morangos - PubMed. Acesso em: 24 maio 2025.

SILVA, A. F.; DIAS, M. S. C.; MARO, L. A. C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 28, n. 236, p. 7–13, 2007.

SILVA, R. F.; PASCHOLATI, S. F.; BEDENDO, I. P. Indução de resistência em tomateiro por extratos aquosos de *Lentinula edodes e Agaricus blazei* contra *Ralstonia solanacearum*. **Fitopatologia Brasileira,** Brasília, v. 32, p. 189–196, 2007. Disponível em: SciELO Brasil - Indução de resistência em tomateiro por extratos aquosos de Lentinula edodes e Agaricus

blazei contra Ralstonia solanacearum Indução de resistência em tomateiro por extratos aquosos de Lentinula edodes e Agaricus blazei contra Ralstonia solanacearum. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, W. C. **Radiação ultravioleta**: inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: Radiação ultravioleta : inserção de física moderna no ensino médio por meio de efeitos biológicos da radiação UV. Acesso em: 15 maio 2025.

SOARES, A. G.; FONSECA, M. J. O.; MOTTA, L. C. do C.; LIMA, M. A. C. de. **Embalagens e qualidade pós-colheita de frutos de morango**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 6 p, v. 193, 2011. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/972977. Acesso em: 22 abril 2025.

STRÜCKER, W. **Radiação UV-C no controle de *Tetranychus Urticae* (ácaro rajado) na cultura do morangueiro**. 2022. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo - RS, 2022. Disponível em: https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/5773/1/STRUCKER.pdf. Acesso em: 27 abr. 2025.

TAKEDA, F.; JANISIEWICZ, W.; SHORT, B.; LESKEY, T.; STAGER, A. Ultraviolet-C (UV-C) for disease and pest management and automating UV-C delivery technology for strawberry. **Acta Horticulturae**, [S.L.], n. 1309, p. 533-542, abr. 2021. International Society for Horticultural Science (ISHS). Disponível em: http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2021.1309.76. Acesso em: 14 maio 2025.

TANAKA, M. A. S.; PASSOS, F. A. Caracterização patogênica de Colletotrichum acutatum e C. fragariae associados à antracnose do morangueiro. **Fitopatologia Brasileira**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 484-488, set. 2002. FapUNIFESP (SciELO). SciELO Brasil - Caracterização patogênica de Colletotrichum acutatum e C. fragariae associados à antracnose do morangueiro Caracterização patogênica de Colletotrichum acutatum e C. fragariae associados à antracnose do morangueiro. Acesso em: 14 maio 2025.

TOMITA, C. K. **Cultivo de morango em sistema de agricultura natural**. In: Simpósio nacional do morango, 2° Encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul, v. 1, 2004, Pelotas. Palestras... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 170–180, 2004.

UDDLING, J; GELANG-ALFREDSSON, J; PIIKKI, K. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Photosynthesis Research**, n. 91, p. 37-46, 2007.

UENO, B. **Manejo integrado de doenças do morango**. In: Simpósio nacional do morango, 2° Encontro de pequenas frutas e frutas nativas do mercosul, v. 1, 2004, Pelotas. Palestras... Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 70-78, 2004.

VENTURA, J. A.; LOPES, U. P.; COSTA, H. **Manejo integrado de doenças do morangueiro**. In: Congresso brasileiro de olericultura, Horticultura Brasileira, Viçosa, p. 5858, 2011. Disponível em: Reposi&#xfffd;rio Institucional do Incaper: Manejo integrado de doenças do morangueiro. Acesso em: 05 maio 2025.

VIMERCATI, W. C.; MACEDO, L. L.; ARAÚJO, C. S.; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H. Efeito da temperatura na cinética de secagem em leito de espuma e na degradação de antocianina em morango. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, São Paulo, 2019. Disponível em: SciELO Brasil - Efeito da temperatura na cinética de secagem em leito de espuma e na degradação de antocianina em morango Efeito da temperatura na cinética de secagem em leito de espuma e na degradação de antocianina em morango. Acesso em: 12 abril 2025.

WANG, J.; PING, W.; SANAEIFAR, A. et al. Quantitative visualization of photosynthetic pigments in tea leaves based on Raman spectroscopy and calibration model transfer. **Plant Methods**, v. 17, n. 4, p. 1–14, 2021. Disponível em: https://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-020-00704-. Acesso em: 26 out. 2025.

YAUN, B. R.; SUMNER, S. S.; EIFERT, J. D.; MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, v. 1, n. 90, p. 1-8, 2004. Disponível em: Inibição de patógenos em produtos hortifrutícolas frescos por energia ultravioleta - ScienceDirect. Acesso em: 12 abril 2025.

ZEIST , A. R. *et al*. Comparação de métodos de estimativa de área foliar em morangueiro. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, *[S. l.]*, v. 20, n. 1/2, p. 33–40, 2014. Disponível em: https://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/77. Acesso em: 11 maio. 2025.

ZUCOLOTO, J. S. S.; LIMA, R. I. C.; COELHO, M. Modelo matemático para estimativa da área foliar total de bananeira 'Prata-Anã', **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1152-1154, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbf/a/LZfp8MLgR6XvHMWYnNBk6vh/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 15 nov. 2025.