

BACHARELADO EM AGRONOMIA

DETECÇÃO DE MOFO-BRANCO COM IMAGENS AÉREAS

FRANCIELLY ABREHOSA PIRES

Rio Verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA**

DETECÇÃO DE MOFO-BRANCO COM IMAGENS AÉREAS

FRANCIELLY ABREINHOSA PIRES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Castro Santos

Rio Verde – GO

Outubro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

P667d PIREs, Francielly Abrenhosa
DETECÇÃO DE MOFO-BRANCO COM IMAGENS AÉREAS /
Francielly Abrenhosa PIREs; orientador Leonardo de
Castro Santos. -- Rio Verde, 2022.
32 p.

TCC (Graduação em Graduação em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Sclerotinia sclerotiorum. 2. agricultura de
precisão. 3. sensor RGB. 4. manejo integrado de
doenças. 5. agricultura digital. I. Santos, Leonardo
de Castro, orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Francielly Abrenhosa Pires

Matrícula: 2017102200240120

Título do Trabalho: DETECÇÃO DE MOFO-BRANCO COM IMAGENS AÉREAS

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 11/10/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde – Goiás, 10/10/2022.



Francielly Abrenhosa Pires
2022.10.11 11:21:28 -03'00

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Leonardo de Castro Santos
2022.10.11 10:59:49 -03'00

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 35/2022 - GEPTNM-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos trinta dias do mês de setembro de 2022, às 10 horas, de forma remota, através da plataforma Microsoft Teams, reuniu-se a banca examinadora composta por: Dr. Leonardo de Castro Santos (orientador, presidente da banca) - IF Goiano, Campus Rio Verde, Me. Adeliane Ferreira Braga (membro) - Instituto Goiano de Agricultura - IGA e o Dr. Thomas Jefferson Cavalcante (membro) - xarvio Digital Farming Solutions - Unicampo para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Detecção de mofo branco com imagens aéreas" da discente Francielly Abrenhosa Pires, matrícula 2017102200240120, do Curso de Bacharelado em Agronomia, do IF Goiano, Campus Rio Verde. A palavra foi concedida à estudante para a apresentação oral do TC. Posteriormente, houve arguição da discente pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora reuniu para a análise do trabalho. A banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da discente. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo orientador e membros da banca. Ainda, o presidente assina a ata, mediante ciência e concordância, pelos membros da banca.

Leonardo de Castro Santos
Orientador

Adeliane Ferreira Braga
Membro

Thomas Jefferson Cavalcante
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Leonardo de Castro Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 30/09/2022 11:31:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/09/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 430512

Código de Autenticação: 0e345ed0ef



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder vida e saúde para mais um ciclo findar, e por sempre me proteger e me guiar durante a minha trajetória.

Ao meu avô, Vilmondes Ribeiro por ser meu exemplo e compartilhar da mesma paixão pela vida no campo e sempre me apoiar a seguir o meu sonho. A minha vó, Ana Abrenhosa, que me apoiou e esteve ao meu lado em todos os momentos.

Aos meus pais, Onicesar Guimarães e Livia Pires me ensinando que a única coisa que ninguém rouba neste mundo é a educação. Por nunca medirem esforços para me proporcionarem uma educação de qualidade e pelos exemplos e ensinamentos compartilhados.

A minha irmã, Anna Júlia Abrenhosa, que também foi uma das peças chaves de apoio e companheirismo durante minha trajetória.

Ao Jefté Figueiredo por todo os ensinamentos proporcionados na área de sensoriamento remoto e principalmente fitonematoides.

A todos os amigos, que no decorrer destes cinco anos de graduação si fizeram presentes, por todo o companheirismo, horas de estudo e por todos os momentos vividos com cada um de vocês. Em especial aos meus amigos Francisco Vicente, Rafaela Pereira, Adeliane Braga, Natália Fonseca Suellen Cunha, Weder Nunes e Natália Marques.

Aos meus professores Dr. Alaerson Geraldine, Ana Paula Gomide e Tavvs Alves, também ao meu orientador Leonardo de Castro pelas inúmeras horas de orientação, pela dedicação e compreensão, e por todo o ensinamento proporcionado, pelos conselhos sejam eles profissionais ou pessoais que levarei por toda a vida.

Ao Laboratório de Fitopatologia e ao Laboratório de Drones e Vants na Agricultura do IF Goiano - Campus Rio Verde que me forneceu espaço, estrutura e equipamentos imprescindíveis para condução e avaliação do trabalho, bem como toda a equipe do mesmo pelo auxílio na execução deste. Assim como aos membros da banca.

Ao coordenador do curso de Agronomia, professor Leandro Carlos, pela sua dedicação e apoio com todos os alunos. Ao Instituto Federal Goiano de Educação, Ciência e Tecnologia pela oportunidade de cursar um curso superior e também a todo o corpo docente e demais servidores da instituição que, de alguma forma, contribuíram ao longo do curso, para aprimorar meu conhecimento.

RESUMO

PIRES, Francielly Abrenhosa. **Detecção de mofo-branco com imagens aéreas**. 2022. 30p. Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, GO, 2022.

O uso de sensoriamento remoto utilizando drones tem potencial para otimizar o monitoramento e identificação de doenças fúngicas em culturas agrícolas de importância econômica. Nesse sentido, objetivou-se utilizar um sensor de baixo custo, de fácil aquisição embarcado em drone na identificação de *Sclerotinia sclerotiorum* na soja. Foi realizado um voo quando as vagens estavam completamente desenvolvidas (R4) e outro próximo a colheita (R8). A incidência e severidade da doença foram georreferenciadas e submetidas a análise de regressão linear contra a reflectância das plantas nas bandas da faixa do visível. No primeiro voo, realizado no estágio de florescimento, devido a aplicação recente do fungicida não foi possível identificar ao que se devia as alterações por meio do sensor RGB. No segundo voo obteve-se correlação positiva entre a banda do azul e a média incidência ($r^2=0,34$), permitindo detectar alterações nas plantas infectadas por *S. sclerotiorum* utilizando a faixa do azul do sensor RGB, mesmo com as limitações para apuração da infecção prévia, esperando-se que seja possível com sensor infravermelho e assim, implementar um manejo precoce e salvar a cultura, o que não foi possível neste caso, pois, somente se tornou perceptível a severidade no segundo voo com um quadro avançado da patologia.

Palavras-chave: *Sclerotinia sclerotiorum*; agricultura de precisão; sensor RGB; manejo integrado de doenças; agricultura digital.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Monociclo do mofo branco causado por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> em soja <i>Glycine max.</i>	18
FIGURA 2. Tabela com a análise de regressão do efeito da severidade de mofo-branco (I) na resposta espectral de soja (Y).	Erro! Marcador não definido.
FIGURA 3. Análise de regressão da média da incidência em relação a reflectância na banda do azul.	241
FIGURA 4. Segundo voo sob a área analisada com os buffers nos pontos de coleta.	24
FIGURA 5. Área comercial infestada naturalmente por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> no final do estágio reprodutivo categorizada pela banda azul e a área dos locais analisados.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 USO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA	12
2.2 USO DE DRONES	13
2.3 SENSORIAMENTO REMOTO NA IDENTIFICAÇÃO DE DOENÇAS.....	15
2.4 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA SOJA	15
2.5 MOFO BRANCO E SUAS IMPLICAÇÕES	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO.....	27
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

A podridão de esclerotinia ou mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, é uma das principais doenças fitoparasitárias da soja em âmbito mundial. *S. sclerotiorum* é uma espécie de fungo capaz de causar perdas significativas em 408 espécies de plantas, tais como a soja, feijão, algodão e girassol (BOLAND; HALL, 1984; BOLTON et al., 2006; LOBO JR. et al., 2009). Entre as áreas brasileiras produtoras de soja, o mofo-branco ocorre em quase três milhões de hectares e pode causar perdas de até 40% na produtividade (MEYER et al., 2014). No Brasil observou-se elevação de sua incidência na cultura da soja na última década, com uma infestação estimada de 28% da área brasileira de produção de soja e entre os danos, estima-se ainda que a doença possui potencial de causar redução da produtividade da soja em até 70%, caso não houver manejo integrado (MEYER et al., 2017; MEYER et al., 2018). Este fungo necrotrófico causa o desenvolvimento de lesões inicialmente aquosas que eventualmente se tornam necróticas (BOLTON et al., 2006).

A infecção do fungo no hospedeiro é facilitada por meio da produção de enzimas que degradam a parede celular da planta (LUMSDEN, 1979). O ácido oxálico produzido por *S. sclerotiorum* tem a função de auxiliar na patogenicidade, na competição entre espécies de fungos e no controle de toxinas e nutrientes do ambiente (DUTTON; EVANS, 1996). Esse ácido altera o pH e favorece a atividade de muitas enzimas que degradam a parede celular, indiretamente intoxicando o hospedeiro (NOYES; HANCOCK, 1981). Além disso, também quelatiza o Ca^{2+} da parede celular, o que permite a hidrólise de pectatos pelas pectinases, podendo causar morte celular programada (BATEMAN; BEER, 1965). Durante a infecção, pode-se observar o apodrecimento de hastes laterais, vagens e folhas ou mesmo a morte da planta. No estágio final da infecção, sua identificação pode ser determinada pelo desenvolvimento de micélio branco cotonoso com escleródios visivelmente externos ao tecido vegetal (BOLTON et al., 2006). Os escleródios podem se desprender sozinhos ou serem lançados ao solo durante a colheita, aumentando o inóculo na área e facilitando a disseminação por meio de sementes, implementos, maquinários agrícolas e vento (JACCOUD-FILHO, 2016).

A diagnose para o mofo-branco é comumente realizada durante visitas periódicas ao campo, aonde deve-se coletar amostras e submeter a PCR convencional e o PCR quantitativo, usando primers específicos descritos para este patógeno, registrando-se a incidência/severidade da doença, a cultivar, estágio de desenvolvimento da cultura, densidade de plantio, umidade e histórico de incidência na área (BOTELHO, 2011; PURDY, 1979).

Murcha foliar e necrose são sintomas típicos utilizados para determinar a incidência e

severidade da doença. A quantificação desses sintomas e a análise de plantas coletadas em câmara úmida servem como base para a tomada de decisão de controle (químicas ou biológicas) no manejo do mofo-branco. Como medida protetiva, a decisão de controle da doença geralmente é tomada em área total. Essa prática onera significativamente o custo de produção além de envolver riscos de subestimar ou superestimar o potencial de perdas produtivas, pois não se conhece a severidade da doença em plantas não analisadas.

A detecção do mofo-branco a nível de planta utilizando sensores remotos e geoestatística tem o potencial de aumentar a eficiência da utilização de insumos e do controle do mofo-branco (BOECHAT, 2012), mas seu potencial de utilização em larga escala com drones ainda não foi documentado. A maioria dos drones disponíveis aos produtores rurais embarcam sensores RGB (R: red/vermelho; G: green/verde; B: blue/azul), de baixo custo que possuem grande potencial para o mapeamento de áreas cultiváveis (BARBOSA et al, 2006; BARETH et al., 2015). Infecções de doenças identificadas por imagens RGB são tipicamente relacionadas a alterações na quantidade e tipo de pigmentos das folhas, tais como clorofila e carotenoides (KNIPLING, 1970). Plantas saudáveis normalmente refletem menos energia nos comprimentos de onda do vermelho e azul do que plantas doentes (ALVES et al., 2015).

Nesse sentido, a combinação de drones com técnicas de sensoriamento remoto apresenta potencial para melhorar o manejo do mofo branco como também, possibilitar a aplicação localizada (BERNARDI et al, 2014).

O objetivo desse estudo foi utilizar sensores de baixo custo embarcados em drones para detecção de *S. sclerotiorum* na soja. Os resultados poderão ser utilizados para aumentar a eficiência do controle de doenças fitoparasitárias e reduzir os custos de produção servindo como base para guiar o monitoramento e também viabilizar recomendações localizadas para seu manejo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uso de tecnologia na agricultura

O agronegócio correspondeu a 28% de todo o PIB brasileiro nos três primeiros trimestres em 2021, e em 2020 a 26,6%, assim, o investimento em pesquisa e desenvolvimento favorece o rendimento e produtividade de culturas relevantes como a soja (CEPEA, 2021). A utilização desta tecnologia avançada é cada vez mais comum na agricultura, seja nos sistemas de navegação, ou ainda nos sistemas de informação geográficas, o que o levou a se tornar indispensável para produtores e profissionais que visem à otimização dos lucros, a vantagem competitiva e a sustentabilidade e preservação ambiental (SICHODIA, 2020).

No meio agrícola, a agricultura de precisão (AP) é uma das grandes responsáveis pela inserção de tecnologias cada vez mais avançadas dentro dos sistemas de produção agrícola. Esta tecnologia faz uso intenso de Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sistemas de Informação Georreferenciadas (SIG), drones e sensores, permitindo a coleta, tratamento e análise de dados do campo (SICHODIA, 2020). A agricultura de precisão trata-se de uma técnica de gerenciamento sistêmico criada com a proposta de otimizar os processos da agricultura, possibilitando a aplicação de insumos em determinados locais conforme sua necessidade, em quantidades apropriadas e de modo correto (TSOUROS et al., 2019).

As fazendas se tornaram verdadeiras indústrias, os maquinários, GPS, celulares, aplicativos e plataformas disponíveis para o campo são cobiçadas pelos agricultores (BERNARDI et al., 2014). É possível ter acesso ao vivo de tudo o que ocorre por dentro, seja chuva ou operações como: plantio, colheita, adubação, pulverização que são realizadas em cada parcela da área, saber o que foi aplicado e se houve falhas na aplicação de um defensivo, a produtividade a cada m² colhido, ter relatórios da amostragem de MIPD em cada ponto da fazenda o que possibilita verificar se a taxa de controle é eficiente e baseado nesses fatores tomar uma decisão de forma efetiva (ARANHA, 2022).

Em tempos de alta instabilidade da balança comercial, o que elevou os preços da adubação, a taxa variável de adubo tem mostrado sua importância em diminuir o custo por hectare e otimizar o planejamento agrícola (CNA, 2022).

Levando em conta o benefício da informação como importantes bens para o desenvolvimento das atividades econômicas diversas, a tecnologia para a agricultura é uma grande beneficiadora do processo produtivo pois, este necessita de dados que podem ser obtidos por meio do processamento computacional de imagens, que os transforma em informações que

podem ser lidas em máquinas, o que é de extrema importância para a tomada de decisão em campo, esses dados serão gerenciados por uma aplicação modo inteligente, favorecendo o alcance do objetivo final (MAES & STEPPE, 2019). Somente por meio das informações em tempo real, é possível manter o dinamismo, com a integração de diferentes dados e variadas fontes, apropriadas a cada produtor, seja apresentando os resultados do processo, análise, gerenciamento e para então uma tomada de decisão (BOEMO, 2011).

2.2 Uso de drones

Os drones e o GPS foram criados para a área militar durante o século XIX, a primeira utilização de objetos não tripulados se deu durante a segunda guerra mundial, quando japoneses lançaram contra os EUA balões não tripulados com bombas, denominados Fo-Gu (MELLO, 2017). Por volta dos anos 2000 iniciou-se a utilização de tais aeronaves para levantamento aéreo de terrenos, aplicações na cartografia, mineração, indústria cinematográfica e construção civil (MAHMOOD, 2010).

Entretanto, a ascensão do uso dessa tecnologia se deu em 2014, com o crescimento das aeronaves no âmbito civil e industrial, de modo, que as pesquisas associadas foram direcionadas para diversos setores como indústria, pecuária, monitoramento e vigilância, assim como ao resgate, combate ao crime e incêndios, construção civil, combustíveis, patrulha de fronteiras, ajuda e entrega de objetos em locais de difícil acesso, porém o impacto mais relevante nos últimos anos tem sido na agricultura (ALVES et al., 2017).

De modo que a tecnologia aliada a técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial tem sido utilizada para a otimização do uso manejo de adubação nitrogenada em taxa variável, de plantas daninhas, insetos, doenças, como também o uso do solo de forma sustentável, por meio de terraços (BAJWA et al., 2017). Inclusive em algumas operações, pode substituir maquinários, como por exemplo na aplicação de bioagentes e defensivos (PARRA, 2019).

No âmbito do sensoriamento remoto, os drones têm demonstrado superioridade aos satélites, em virtude da possibilidade do acoplamento de sensores semelhantes em um nível de detalhamento do objeto superior podendo chegar a 2cm por pixel, enquanto a precisão do satélite é em torno de 3m, possuindo interferências atmosféricas, e nuvem, que pode esconder o local estudado (SAMPAIO et al., 2020) . Dessa forma, as ferramentas da agricultura 4.0 e os estudos a ela destinados possuem o potencial de transformar os manejos e realidades do campo, tal qual conhecemos hoje (DELAVARPOUR et al., 2021) .

2.3 Sensoriamento remoto na identificação de doenças

O sensoriamento remoto, pode cobrir grandes áreas, pois reflete a variabilidade espacial do dossel das culturas (GABRIEL et al., 2017). Além disso, esses sensores podem ser montados em diferentes plataformas como: tratores, drones, aviões e satélites (FOX & WALTHALL, 2008).

Os sensores embarcados nos drones são precisos e com possibilidade de superar a precisão de satélites e aviões (JORGE & INAMASU, 2014). Esses sensores quando acoplados aos VANTs são capazes de fornecer informações sobre o estado da cultura através do comprimento de ondas específicas de luz refletida pela folhagem da cultura (PADILLA et al., 2014). Desta forma, é possível gerar vários índices, que podem ser correlacionados com a cobertura do solo, a biomassa acima do solo, a produtividade e deficiência de nutrientes através dos cálculos combinados com a refletância nos comprimentos de onda (GABRIEL et al., 2017).

A sua utilização para o manejo de doenças de plantas, visa ser de forma rápida e não destrutiva, equivalendo de sensores multiespectrais, registram os valores de algumas bandas do espectro do visível e infravermelho (400 a 800 nm), e a partir destas assinaturas de refletância, os índices de vegetações são correlacionados com o estado da planta, como a biomassa, a absorção e concentração de N, também podem ser associados a estresses causados por patógenos (CORTI et al., 2017).

A partir dos resultados do sensoriamento remoto, observou-se um grande potencial para a detecção precoce da infecção e até mesmo para a discriminação de diferentes estágio dela, o que em muito favorece o setor agrícola, detectando e monitorando grandes áreas em tempo real, o que leva ao direcionamento preciso quanto a necessidade de manejo e controle de doenças, reduzindo os custos operacionais e elevando lucros de forma sustentável (TSOUROS et al., 2019). Mattioli (2020), reforça que o uso de sensores no monitoramento de doenças tem garantido sucesso do controle efetivo de doenças no campo.

As ferramentas digitais otimizam a amostragem no campo, por meio do Manejo Integrado de Doenças (MID), ainda preconiza o uso de vários métodos de controle com sustentabilidade, associando o uso dos controles químico, biológico, comportamental, genético, culminando no controle eficiente da doença (SANTOS et al, 2022).

Quanto aos benefícios com o uso de sensores para o MID, estão elencados a redução de tempo no monitoramento da lavoura, pois os sensores servem para guiar os técnicos para as áreas problemáticas, uso racional de defensivos, manejo local (ARANTES et al., 2019). Os principais desafios são o alto valor agregado do drone e dos sensores, a falta de profissionais

que possuem domínio do potencial que a tecnologia tende a oferecer, bem como a baixa qualidade de conexão via internet nas propriedades agrícolas, esta última tem sido solucionada em latifundiários localizados próximos aos centros comerciais.

2.4 Importância da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como centro de origem o continente asiático, mais precisamente na região da China Antiga, sendo conhecida como fonte de óleo, e abrange aproximadamente 15 espécies (GARCIA, 2020). Apesar de ser uma cultura milenar, este cultivo ganhou destaque econômico apenas a partir da segunda guerra mundial, no século XX, onde o plantio em larga escala estaria ligado à produção de carne intensiva, como ração animal, sendo considerada a oleaginosa mais importante e cultivada no mundo, com papel socioeconômico relevante em virtude da crescente necessidade por óleo e proteína, registrado como uma commodity graças à padronização e a comercialização significativa interna e externa (MARION, 2014).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), o Brasil é responsável por 40.950,6 mil ha de áreas cultivadas de soja que são responsáveis pela produção de 124.047,8 mil toneladas, tornando o país o maior produtor mundial do grão, que corresponde a 3.029kg/ha. Desta produção 75.232 mil toneladas, 60% da produção, são destinadas à exportação, sendo o grão a principal commodity brasileira. A relevância econômica da cultura pode ser devido ao fato de seus grãos apresentarem alto teor de lipídeos e proteínas, tornando-a principal matéria prima para a produção de farelo para agroindústria, podendo ser usado para produção de derivados para a alimentação humana, para a ração animal, além de ser usada para óleo vegetal e biocombustíveis (PEREIRA, 2021).

A soja é a principal cultura cultivada no Brasil, sendo muito importante para a economia do país. Essa oleaginosa é considerada matéria prima indispensável na agroindústria e a sua utilização é em toda a cadeia alimentar. Existem vários fatores que interferem na produção de soja no país, ocasionando grandes prejuízos, destacando-se as doenças da cultura (MARION, 2014).

Com todo esse crescimento Acosta et al., (2018) ressaltou que a produção de soja no Brasil determinou uma cadeia de mudanças sem precedentes na história do país, pois a soja foi a grande responsável pela expansão da fronteira agrícola do Brasil e pela sua aceleração na urbanização, assim como pela interiorização da população brasileira, essencialmente concentrada no sul, sudeste e litoral do país. Considerando a relevância desta na atualidade,

compreende-se a necessidade de buscar meios de torná-la mais produtiva e reduzir as perdas no processo de cultivo.

Goiás se destaca nacionalmente por sua produção e exportação de soja e pecuária, em 2016, este se destacou como o quarto maior produtor de soja do país, estado que tem se expandido pela modernização do agronegócio, mesmo possuindo solos de alta acidez, quando bem corrigidos, expressam altos tetos produtivos, que contribuem para a produtividade tanto no cultivo quanto na produção agroindustrial (IBGE, 2017).

A região sudoeste de Goiás, na década de 1970, tornou-se pioneira no cultivo da soja, graças ao volume de concessão de crédito entre 1970 e 1995, sendo a cidade de Rio Verde – GO considerada o polo do agronegócio do estado, o município apresenta o terceiro maior valor adicionado agropecuário do país conforme seu PIB em 2015, sendo ainda o maior empregador formal nas atividades relacionadas a produção e melhoramento de soja (IBGE, 2017).

O Brasil vem se destacando no crescimento no comércio internacional do agronegócio, consolidando sua posição como um dos maiores produtores e exportadores de alimentos para mais de 200 países. O país destaca-se na produção e exportação de inúmeros produtos agropecuários com grande potencial de crescimento, onde a cultura da soja representa nosso principal produto.

Quanto aos fatores que influenciam sua produtividade estão as condições de fotoperíodo (horas de luz por dia), temperatura (sendo a temperatura ideal em torno de 30°C), umidade e também o manejo cultural, juntos corroboram para a expressão do melhor desempenho agrônômico da soja, que requer ainda programas de melhoramento visando adaptar as regiões de baixa latitude e garantir maior produtividade e resistência a estresse, doenças e pragas, além da temperaturas e acidez excessiva no solo (NOGUEIRA et al., 2015).

2.5 Mofo branco e suas implicações

Meyer et al. (2018) contribuem que dentre as doenças que ocorrem na cultura da soja, está o mofo-branco, do fungo necrotrófico *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, tal patologia tem se mostrado elevada e com grande intensidade quanto aos danos causados as culturas afetadas, é um fungo da Classe dos Ascomicetos, Subclasse Discomicetos, Ordem Helotiales, Família Sclerotiniaceae, o referido fungo gera três tipos de inóculo de grande relevância para o desenvolvimento da doença, sendo eles: os escleródios, estruturas de repouso livres no solo, envolvidos com a sobrevivência; os ascósporos produzidos nos apotécios na disseminação anemófila do patógeno dentro da lavoura; e o micélio dormente colonizando os

tecidos da planta mas principalmente o tegumento e os cotilédones das sementes.

De acordo com Camochena et al. (2020) o mofo-branco na cultura da soja é uma doença de difícil controle, e quando observada, é necessário o uso de fungicidas para o seu controle. Muitas vezes a dose aplicada e o período de aplicação não são suficientes garantir a redução das perdas e a propagação de inóculo que em geral são bastante significativas, este ciclo pode inviabilizar o cultivo em algumas áreas.

Meyer et al. (2017) ainda revela que o mofo-branco é uma doença muito antiga, com potencial para afetar inúmeras culturas relevantes economicamente em todo o mundo, sua incidência na cultura da soja tem se elevado na última década, com uma infestação estimada de aproximadamente 28% da área total brasileira de produção de soja e leva a uma redução de até 70% da produtividade se não houverem medidas integradas de manejo para o controle. A infecção das plantas de soja se inicia pelos ascósporos do fungo (que colonizam preferencialmente as pétalas), e são produzidos nos apotécios, decorrentes da germinação carpogênica dos escleródios (Figura 1).

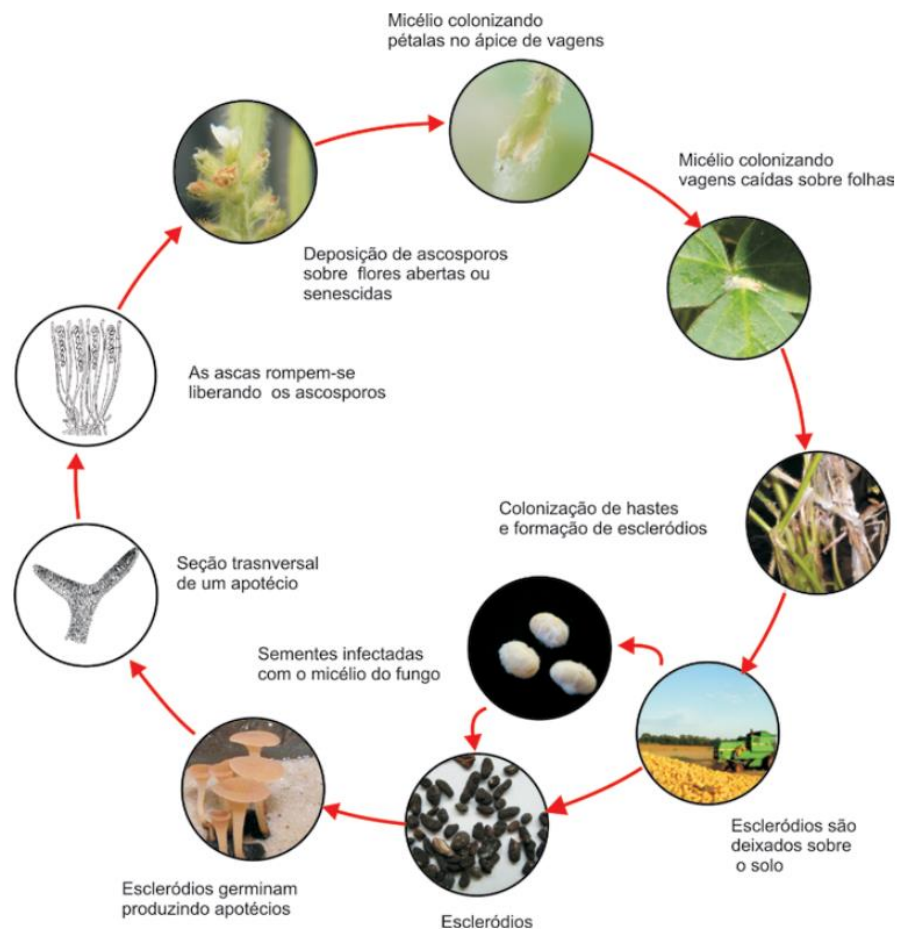


FIGURA 1. Monociclo do mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* em soja *Glycine max*. Fonte: Danelli, Brustolin & Reis, (2011).

O MID de mofo branco, necessita da união de medidas culturais, do uso de fungicidas e bioagentes, com o intuito de prevenir e controlar a doença nas plantas e reduzir a quantidade de inóculo. A redução da fonte de inóculo (escleródios) é essencial para o manejo da doença.

O controle químico de mofo branco ainda é uma das principais medidas de controle da doença. Segundo Meyer et al. (2019), o melhor resultado obtido na safra de 2018 foi com Dimoxistrobina + Boscalida, esse produto é específico para o controle da doença, o que pode onerar o custo da produção. Por esse motivo, o monitoramento por sensores viabiliza o manejo por meio da localização de zonas infestadas, otimizando o uso de produto na área.

O controle biológico consiste na aplicação de produtos à base de *Trichoderma spp.* e/ou *Bacillus*, esses microrganismos são dependentes de condições favoráveis para o seu estabelecimento no solo, que deve ser preconizado desde o momento da aplicação, caso contrário a eficiência de controle pode ser comprometida (LOBO JUNIOR et al., 2018). Um modo alternativo, de acordo com Macedo (2021) é a indução de resistência, que se caracteriza por ativar seus mecanismos de defesa natural, com a utilização de fosfito sendo uma prática que poderá auxiliar no manejo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em área comercial de aproximadamente 150 hectares no município de Montividiu, estado de Goiás, na Fazenda 2J1, com coordenadas geográficas 17°27'33.67"S; 51°23'48.53"O. A área possui histórico de infestação natural de *S. sclerotiorum*. O solo do talhão é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Utilizou-se uma cultivar de soja susceptível à mofo-branco (M7739, Monsoy Brasil LTDA, São Paulo) foi semeada no dia 10 de outubro de 2016 com espaçamento entre linhas de 0,50 m e densidade populacional de 13 plantas por metro. Adubação de 250 kg por ha de 04-36-14 NPK, aplicada no plantio visando atender à necessidade nutricional da cultura mediante a análise de solo pré-plantio.

3.2 Severidade da doença e imageamento aéreo

As imagens foram obtidas com sensor RGB embarcado em drone (Sensefly Ebee[®], Cheseaux-sur-Lausanne, Suíça) a uma altura de 120 m da superfície com sobreposição frontal e lateral de 70%. O primeiro voo foi realizado em 23 de dezembro de 2016 quando as vagens estavam completamente desenvolvidas (estádio R4). O segundo voo foi realizado em 7 de fevereiro de 2017 no final do ciclo da cultura, antecedendo a colheita.

As imagens foram georreferenciadas (Emotion[®] software, Cheseaux-sur-Lausanne, Suíça) e ortorretificadas (PIX4D[®] software, Lausanne, Suíça). No primeiro voo, os valores digitais das bandas RGB foram utilizados para calcular os índices de vegetação: Normalized Green Red Difference Index - NGRDI (CHAMARD et al., 1991), Chlorophyll and Nitrogen Index - ChNRGB (ALI et al., 2013), Visible Atmospherically Resistant Index - VARI (NAIDU et al., 2009) e Green Leaf Index - GLI (LOUHAICHI et al., 2001). No segundo voo, em virtude de não haver biomassa, foi utilizado um índice de vegetação denominado Redness Index - RedI (ESCADAFAL & HUETE, 1991), caracterizado por distinguir a coloração do solo.

No mesmo dia do segundo voo, avaliou-se a incidência e severidade de mofo-branco seguindo a metodologia de amostragem utilizada por Geraldine et al. (2013). Foram identificados e georreferenciados cinco pontos de amostragem com alta severidade de mofobranco, visualmente identificados pela alta quantidade de escleródios e lesões na planta. Outros cinco pontos de amostragem com baixa severidade foram identificados e georeferenciados para servirem como referência espectral de plantas saudáveis ou pouco infectadas. As zonas avaliadas foram georreferenciadas através de receptor GPS (modelo

eTrex® 30, Garmin, Kansas, Estados Unidos). Em cada ponto de amostrado, avaliou-se a severidade do mofo branco em três repetições de 20 plantas, totalizando 600 plantas ao final da avaliação.

3.3 Análise QGIS e estatística dos dados

As informações obtidas com o GPS foi transferida para o computador, juntamente com o a ortofoto para ser analisadas no software (QGIS® software, Washington, Estados Unidos). Para a ortofoto foi calculado os índices de vegetação e cada banda separadamente. Em seguida analisamos os pontos amostrados. Considerando a margem de erro do GPS e também a área amostrada de 60 plantas por ponto, obteve-se uma área circular de 3,14 m² (buffer de 1 metro). A relação entre o efeito da incidência e severidade de mofo-branco sobre a reflectância das plantas nas bandas individuais e índices de vegetação foi determinado pela análise de regressão linear, considerando significativo os resultados com p-valor menor ou igual à 0,05.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro voo, realizado no estágio R4, a probabilidade da planta estar sob parasitismo de *Sclerotinia* é maior por ter formado microclima favorável, em virtude de já ter ocorrido o fechamento das linhas pelas folhas. Entretanto, devido a aplicação recente do fungicida, houve baixa correlação não sendo possível identificar as alterações por meio do sensor RGB.

A incidência de mofo branco não afetou a reflectância das plantas de soja nas bandas individuais da faixa do visível e respectivos índices de vegetação no primeiro voo, realizado em R4. A ausência de efeitos significativos do mofo branco, pode ser atribuída a ausência de sensores no espectro infravermelho, haja vista que o espectro do RGB é de 400 a 800nm, dessa forma sendo ineficiente em detectar alterações na parte do mesófilo foliar, turgidez e estrutura foliar que somente seriam detectadas no intervalo entre 800 à 900nm, conforme observado por Boechat (2012). A autora, em seus experimentos na cultura do feijão utilizou tanto a banda do infravermelho como do visível (RGB), viabilizando uma melhor correlação entre o observado no espectrofotômetro e a doença. Entretanto, no segundo voo, houve correlação significativa entre a incidência de mofo-branco e a reflectância somente na banda do azul, não havendo efeito significativo nas outras bandas individuais e índices de vegetação (Figura 2).

FIGURA 2. Tabela com a análise de regressão do efeito da severidade de mofo-branco (I) na resposta espectral de soja (Y).

Estágio de Desenvolvimento da Cultura	Bandas Individuais e Índices de Vegetação	Modelo de Regressão
Vagens completamente desenvolvidas (R4)	Vermelho	$Y = 123,78 - 34,93 \times I$; $F_{1,8} = 1,814$; $P = 0,215$
	Verde	$Y = 153,14 - 46,31 \times I$; $F_{1,8} = 2,078$; $P = 0,187$
	Azul	$Y = 102,95 - 28,05 \times I$; $F_{1,8} = 0,727$; $P = 0,418$
	NGDI	$Y = 0,11 - 0,023 \times I$; $F_{1,8} = 0,257$; $P = 0,625$
	ChNRGB	$Y = 39,78 - 14,82 \times I$; $F_{1,8} = 0,751$; $P = 0,411$
	VARI	$Y = 0,18 - 0,04 \times I$; $F_{1,8} = 0,369$; $P = 0,560$
	GLI	$Y = 0,16 - 0,03 \times I$; $F_{1,8} = 0,228$; $P = 0,646$
Próximo a colheita (R8)	Vermelho	$Y = 95,70 + 18,34 \times I$; $F_{1,8} = 2,221$; $P = 0,174$
	Verde	$Y = 75,45 + 20,52 \times I$; $F_{1,8} = 2,706$; $P = 0,138$
	Azul	$Y = 58,01 + 24,91 \times I$; $F_{1,8} = 5,698$; $P = 0,044^{**}$
	RI	$Y = 1,26 - 0,08 \times I$; $F_{1,8} = 2,411$; $P = 0,159$

Fonte: Pires (2022).

A maior reflectância de plantas estressadas na banda do azul é tipicamente associada à redução no teor de clorofila (KNIPLING, 1970). Essa redução nos pigmentos fotossintéticos pode ter sido causada pela força exercida pelo fungo contra a parede celular que libera ácido oxálico e promove a produção de espécies reativas de oxigênio que destroem as células da planta (NOYES & HANCOCK, 1981).

Observou-se uma correlação positiva, R^2 0,343 (Figura 3), no segundo voo realizado ao final do ciclo, indicando que houve efeito significativo entre a média da incidência de *S. sclerotiorum* e os pontos analisados com a média dos pixels do buffer, em cada ponto utilizando os valores da banda do azul (Figura 5). A presença de clorofila é responsável por uma maior absorção da radiação nas porções azul e vermelho, sendo menos absorvida na porção do verde (KNIPLING, 1970), ou seja, plantas verdes e saudáveis refletem pouca energia nos comprimentos de onda vermelho e azul. Nessas áreas, nas avaliações visuais observou-se tons de cobre em locais onde a severidade foi menor, e tons de cinza onde ocorreu maior severidade, ou seja, havia pequenas alterações na faixa do Azul (B) (Figura 4), mas alguns fatores como o estágio da cultura (R8), o solo exposto em alguns locais, matéria orgânica em outros, pode ter influenciado na absoluta correlação, entre a incidência da doença e os pontos avaliados na imagem.

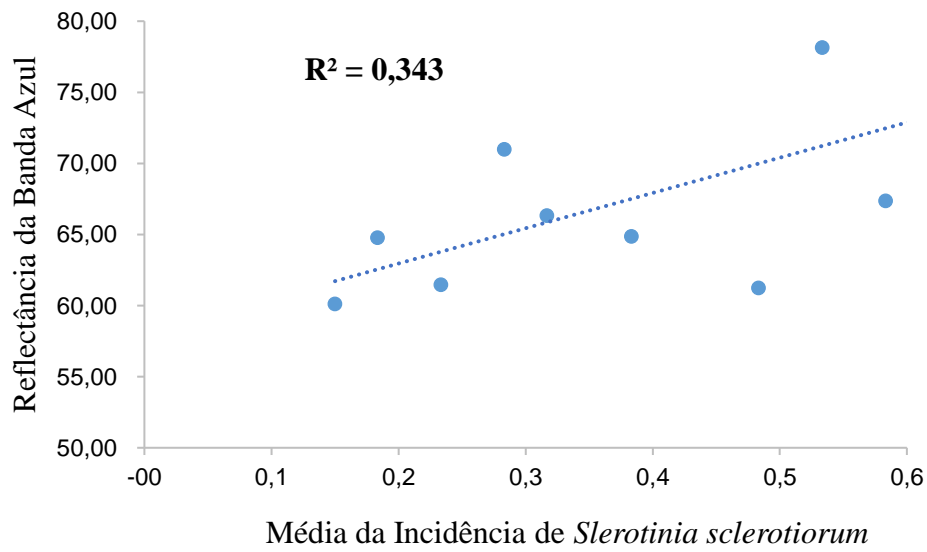


FIGURA 3: Análise de regressão da média da incidência em relação a reflectância na banda do azul.
Fonte: Pires (2022).

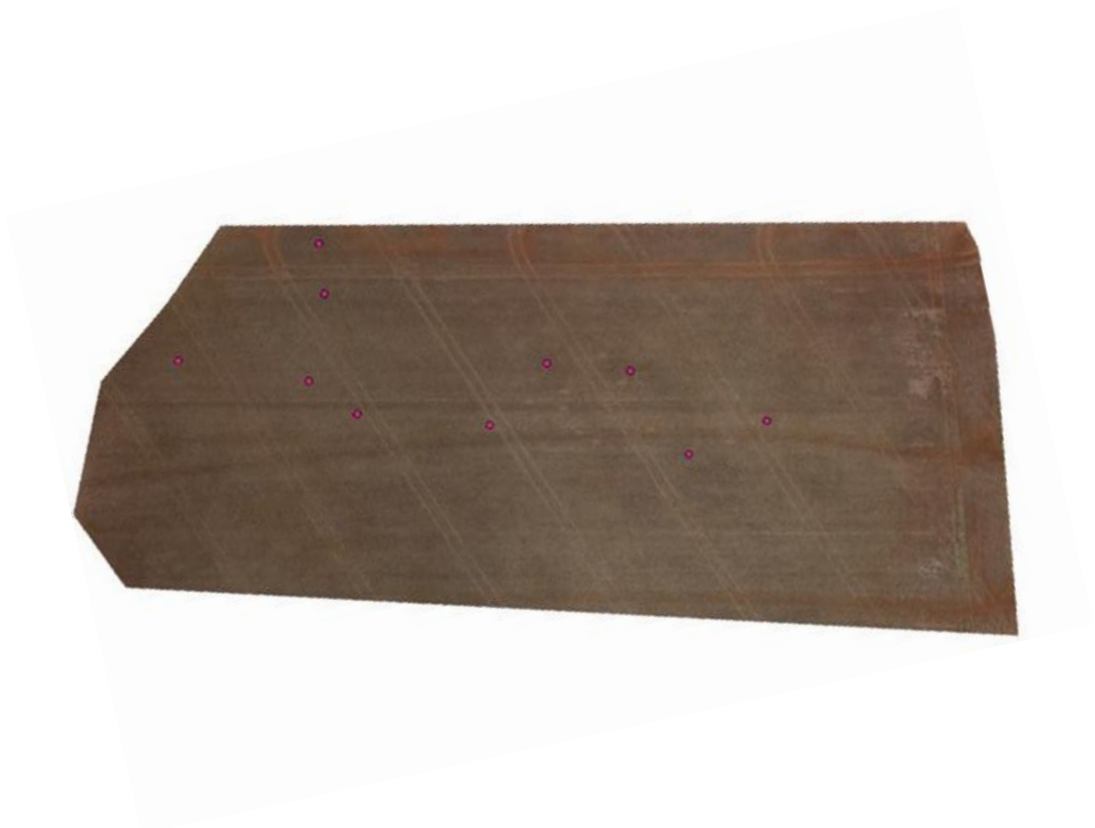


FIGURA 4: Segundo voo sob a área analisada com os buffers nos pontos de coleta.
Fonte: Pires (2022).

No segundo voo obteve-se correlação positiva entre a banda do azul e a média da incidência ($r^2=0,34$), permitindo detectar alterações nas plantas infectadas por *S. sclerotiorum*

utilizando a faixa do azul do sensor RGB (Figura 5).

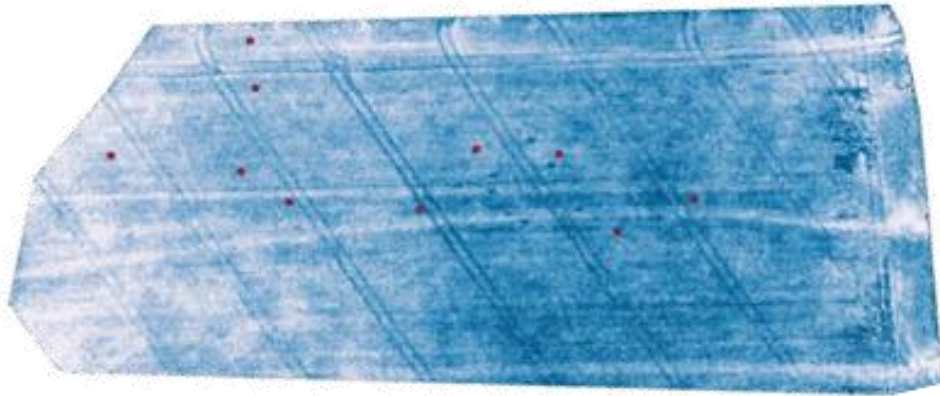


FIGURA 5. Área comercial infestada naturalmente por *Sclerotinia sclerotiorum* no final do estágio reprodutivo categorizada pela banda azul e a área dos locais analisados. Fonte: Pires (2022).

Machado (2013) também notou alterações no comportamento espectral da mancha-angular com maior expressividade nos estádios fenológicos finais da cultura, mais especificamente em R8 e R9 para mancha-angular e mofo-branco, foram o vermelho, red-edge e o infravermelho, deste modo, as faixas espectrais de transição entre as bandas azul, verde, vermelho e infravermelho foram sensíveis à estimativa de mancha-angular e mofo-branco para reflectâncias foliar. Entretanto, quando se compara com os dados apresentados por Machado (2013) e Boechat et al (2012) nota-se que ambos os trabalhos utilizaram um espectrofotômetro de forma que o sensor estava mais próximo ao alvo observado, com isso, obtendo uma maior riqueza de detalhes do dossel das plantas, e com a possibilidade da utilização de bandas do infravermelho. Esses trabalhos são relevantes, porém pouco prático quando comparados ao trabalho realizado com o VANT, haja vista que é possível mapear áreas maiores com esse equipamento.

Outra identificação de doença relevante para a soja, foi a de Galvani Filho (2020) que conseguiu analisar, detectar e quantificar a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja por imagens multiespectrais onde foi possível captar índices de vegetação com alta correlação na avaliação visual, tanto em RGB quanto RGN (Red, Green, NIR). Sendo que este foi capaz de detectar variações menores, sendo utilizado o sensoriamento proximal para verificações de padrões afim de criar um modelo preditivo, para que esse servisse como base para o sensoriamento remoto, afim de detectar e quantificar a severidade de ferrugem.

Xavier et al. (2019) aplicou a combinação das bandas Red, NIR e NDVI para classificação e detecção de áreas de infecção por nematoides e com essa combinação foi

possível realizar a classificação da imagem com 97,91% de acurácia, em lavouras cafeeiras, por meio de imagem de satélite, demonstrando que o sensoriamento remoto consiste em uma solução inovadora, de baixo custo e confiante.

Tetila (2019) demonstrou a criação de um modelo de aprendizagem profunda implementado em um sistema de visão computacional, visando operar em um ambiente de campo real, mesmo sob diferentes condições de iluminação, tamanho de objeto e variações de fundo gerando um mapa colorido para classificar doenças e/ou pragas por segmento. Demonstrando o nível de infestação de uma região da lavoura, ao classificar os segmentos de uma imagem da plantação, apontando que o uso de VANT para captação e imagem poderá apoiar especialistas e agricultores no monitoramento de patógenos e pragas nos campos de soja. Portanto, apesar das limitações dos sensores na faixa do visível para apuração absoluta da infecção no estágio R4. Os sensores multiespectrais embarcados em VANTS possuem grande relevância, nesse sentido sugere-se novos estudos, para que esses sensores possam ser melhor explorados. De forma que possibilite a implementação do manejo precoce e consiga mitigar o aumento da severidade da doença.

A incidência e severidade foi perceptível no segundo voo o que pode proporcionar o manejo mais acertivo na próxima safra com a implementação do MID em parte do talhão, bem como guiar a operação mecanizada da área, com cautela nessas áreas infestadas, diminuindo a dispersão de inóculo na área. Os resultados se assemelham aos de Assis (2019) que embora o uso do sensor possua limitações os modelos gerados possuem potencial de estimar os dados com precisão significativa. Conhecendo os locais de estruturas de resistência, o MID se torna mais fácil, pois nesses locais sempre será necessário um manejo direcionado com produtos eficientes, ainda no vegetativo, visando a diminuição do inóculo.

5 CONCLUSÃO

A partir da realização dos vôos e com as avaliações de incidência e severidade a campo, no intuito de captar imagens com o uso de sensor específico (sensor Red, Green e Blue - RGB) foi possível detectar alterações nas plantas infestadas por *S. sclerotiorum* utilizando a faixa do azul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, J. J. B., CABRERA, M. G., IBRAS, R. F., GONZÁLEZ, J. D., CHAMORRO, S. M., & ESCOBAR, J. Variabilidade espacial da produtividade, perdas na colheita e lucratividade da cultura de soja. **Revista Agrogeoambiental**, V.10 n.1, p. 27-46, 2018.
- ALI, M.M.; AL-ANI, A.; EAMUS, D.; TAN, D.K. An algorithm based on the RGB colour model to estimate plant chlorophyll and nitrogen contents. In 2013 International Conference on Sustainable Environment and Agriculture. **International Association of Computer Science & Information Technology Press**, 2013.
- ALVES, T. M., MARSTON, Z. P., MACRAE, I. V., & KOCH, R. L. Effects of foliar insecticides on leaflevel spectral reflectance of soybean. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n.2, p. 2436–2442, 2017.
- ALVES, T.M.; MACRAE, I.V.; KOCH, R.L. Soybean Aphid (Hemiptera: Aphididae) Affects Soybean Spectral Reflectance. **Journal of Economic Entomology**, v. 6 p. 2655-2664, 2015.
- ARANHA, CARLA. **Exame** (2022) disponível em: < <https://exame.com/agro/solinftec-recebe-aporte-de-us-60-milhoes/>>. Acesso em 20 set, 2022.
- ARANTES, B. H. T.; MARTINS, G. D.; CARVALHO, E. R.; NOGUEIRA, L. C. A. Identificação de ferrugem na soja por meio de imagens de alta resolução espacial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12 n. 3, p. 1003-1016, 2019.
- ASSIS, P. H. D. S. **Mapeamento de parâmetros agronômicos do cafeeiro a partir de imagens tomadas por aeronave remotamente pilotada**. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.
- BARBOSA, R.Z.; GARCIA, F.M.; GIATI, J.R.N.O.; PEREIRA, L.H.P.; RIBEIRO, E.R.; TAMAE, R.Y. Um estudo de caso de aplicação de técnicas de agricultura de precisão no cultivo de laranja no município de Limeira – SP. **Revista científica eletrônica de agronomia**, 2006.
- BARETH, G.; AASEN, H.; BENDIG, J.; GNYP, M. L.; BOLTEN A.; JUNG, A. MICHELS, R.; SOUKKAMAKI J. Low-weight and UAV-based hyperspectral full-frame cameras for monitor-ing crops: spectral comparison with portable spectroradiometer measure-ments. **Unmanned aerial vehicles (UAVs) for multi-temporal crop surface modelling**, v. 103, 2015.
- BATEMAN, D.F.; BEER, S.V. Simultaneous production and synergistic action of oxalic acid and polygalacturonase during pathogenesis by *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**, v. 55, p. 204-211, 1965.
- BAJWA, S. G.; RUPE, J. C.; MASON, J. Soybean disease monitoring with leaf reflectance. **Remote Sensing**, v. 9, n. 2, rs9020127, 2017.
- BERNARDI, A.D.C.; NAIME, J.D.M.; RESENDE; A.D.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar. **Embrapa**, p. 596. 2014.

BOECHAT, L. T. **Técnicas de sensoriamento remoto na detecção do Mofo-Branco e da Mancha-Angular do feijoeiro**. 128 f. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produ) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BOEMO, Daniel. **Desenvolvimento de sistemas de geoprocessamento e tecnologia móvel aplicados à agricultura de precisão**. Tese (doutorado) — Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Santa Maria, RS, 2011.

BOLTON, M.D.; THOMMA, B.P.J.; BERLIN, D.N. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, p. 1-16, 2006.

BOTELHO, L. S. **Detecção, transmissão e efeitos de Sclerotinia sclerotiorum em sementes de soja**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, – Lavras: UFLA, p. 156. 2011.

CESSNA, S.G.; SEARS, V.E.; DICKMAN, M.B.; LOW, P.S. Oxalic acid, a pathogenicity factor for *Sclerotinia sclerotiorum*, suppresses the oxidative burst of the host plant. **Plant Cell**, v. 12 p. 2191-2199, 2000.

CHAMARD, P.; COUREL, M.F.; DUCOUSSO, M.; GUÉNÉGOU, M.C.; LE RHUN, J.; LEVASSEUR, J.E.; LOISEL, C.; TOGOLA, M. Utilisation des bandes spectrales du vert et du rouge pour une meilleure évaluation des formations végétales actives. **Téledétection et Cartographie**, p. 203-209, 1991.

CNA. **PIB do Agronegócio cresceu abaixo das projeções**. (2022). Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx/>>. Acesso em 20 set, 2022.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2021/22**. 10 Levantamento, Brasília, v. 6, p. 24-134, 2022.

CORTI, M., GALLINA, P. M., CAVALLI, D., & CABASSI, G. Hyperspectral imaging of spinach canopy under combined water and nitrogen stress to estimate biomass, water, and nitrogen content. **Biosystems Engineering**, v. 158, p. 38-50, 2017.

DELAVARPOUR, N.; KOPARAN, C.; NOWATZKI, J.; BAJWA, S.; SUN, X. A technical study on UAV characteristics for precision agriculture applications and associated practical challenges. **Remote Sensing**, v. 13 n. 6 p. 1204. 2021.

DUFT, D. **Como usar VANTs (DRONES) na Agricultura**. (2015). Disponível em: <<https://www.inteliagro.com.br/como-usar-vants-drones-na-agricultura/>>. Acesso em 23 ago, 2022.

DUTTON, M.V.; EVANS, C.S. Oxalate production by fungi: its role in pathogenicity and ecology in the soil environment. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 881-895, 1996.

ESCADAFAL, R.; HUETE, A.R. Étude des propriétés spectrales des sols arides appliquée à l'amélioration des indices de végétation obtenus par téledétection. **Comptes Rendus de**

l'Académie des Sciences, v. 2, p. 1385-1391, 1991.

FERREIRA, R.; GARCIA, A.; HENRIQUE, E.; NASCIMENTO, L.; SANTOS, M. Identificação de pragas na agricultura com auxílio de VANTS. **Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia**, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2017.

FOX, R. H., & WALTHALL, C. L. Crop monitoring technologies to assess nitrogen status. **Nitrogen in agricultural systems**. V. 49, p. 647-674, 2008.

GABRIEL, J. L.; ZARCO-TEJADA, P. J.; LÓPEZ-HERRERA, P. J.; PÉREZ-MARTÍN, E.; ALONSO-AYUSO, M.; QUEMADA, M. Airborne and ground level sensors for monitoring nitrogen status in a maize crop. **biosystems engineering**, v. 160, p. 124-133, 2017.

GALVANI FILHO, M. E. **Deteção e quantificação de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja por imagens multiespectrais**. Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, IF Goiano, Urutaí, 2020.

GARCIA, L. R. **Qualidade nutricional de farelos de soja comerciais processados no município de Uberlândia**. 2020. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

GERALDINE, A.M.; LOPES, F.A.C; CARVALHO, D.D.C.; BARBOSA, E.T.; RODRIGUES, A.R.; BRANDÃO, R.S.; ULHOA, C.J.; JUNIOR, M.L. Cell wall- degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of white mold by *Trichoderma spp.* **Biological Control**, v. 67, p. 308-316, 2013.

HANCOCK, J.G. Degradation of pectic substances associated with pathogenesis by *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflower and tomato stems. **Phytopathology**, v. 56, p. 975-979, 1966.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informação geográfica**, n. 9. Disponível em: Censo Agropecuário 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: < <https://bit.ly/2J9fZJf> >. Acesso em 22 set, 2022.

JACCOUD-FILHO, D.S.; SARTORI, F.F.; MANOSSO-NETO, M.; VRISMAN, C.M.; PIERRE, M.L.C.; BERGER NETO, A.; TULLIO, H.E.; JUSTINO, A.; FONSECA, A.F.; ZANON, S. Influence of row spacing and plant population density on management of “white moulds in soybean in southern Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 161-168, 2016.

JACINTO, L.A.L. **Projeto de um controlador embarcado para um quadricóptero**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB Faculdade UnB Gama - FGA, Brasília, p. 51, 2016.

JORGE, L. D. C., & INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

KNIPLING, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote sensing of environment**, v. 3, p. 155-159, 1970.

LOBO, J.R.M.; GERALDINE, A.M.; CARVALHO, D.D.C.; COBUCCI, T. Uso de cultivares de feijão comum com arquitetura ereta e ciclo precoce para escape do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). **Embrapa Arroz e Feijão - Comunicado técnico**, 2009.

LOBO JUNIOR, M.; SILVA-ABUD, L. L. S.; SANTOS-GOULART, P. F.; MACEDO, R.; TOLEDO-SOUZA, E. D. Panorama da pesquisa com patógenos radiculares no Brasil. In: LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J. (Ed.). **Desafios do manejo de doenças radiculares causadas por fungos**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, p. 17-34, 2018.

LOPES D.B.; BERGER R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para a quantificação de dano e para o manejo integrado de doença. **Summa Phytopathologica**, v. 20, p. 143-151, 1994.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M.M.; JOHNSON, D.E. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. *Geocarto International* 16, 65–70, 2001.

LUMSDEN, R.D. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 890-896, 1979.

MACEDO, R. L. S.; MARTINS, W. S.; DE MIRANDA, F. F. R. Ação do fosfito na indução de resistência da soja no manejo de mofo branco na região do cerrado. **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 3, p. 45-52, 2021.

MACHADO, M. L. **Deteção de doenças do feijão por características espectrais**. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produ) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MAHMOOD, M. **Implementation of unnamed ground vehicle**. PhD Thesis. BRAC University. 2010.

MAES, W. H.; STEPPE, Kathy. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. **Trends in plant science**, v. 24, n. 2, p. 152-164, 2019.

MATTIOLI, T.F. **Sensores no manejo integrado de pragas**: por que você deve começar a usar. (2020). Disponível em: < <https://blog.aegro.com.br/sensores-no-manejo-integrado-de-pragas/#:~:text=O%20uso%20de%20sensores%20promete,%20nesse%20caso%2C%20as%20pragas.> >. Acesso em 24 ago. 2022.

MARION, J. C. **Contabilidade rural: contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

MELLO, L. Quando os japoneses bombardearam North Dorr, Michigan. **Fatos militares**. (2017). Disponível em: < <https://fatasmilitares.com/quando-os-japoneses-lancaram-balao-bomba/> >. Acesso em 22 set. 2022.

MEYER, M.C.; CAMPOS, H.D.; GODOY, C.V.; UTIAMADA, C.M. **Ensaio cooperativos de controle químico de mofo-branco na cultura da soja, safras 2009 a 2012**. Londrina: Embrapa soja, 2014.

MEYER, M. C., CAMPOS, H. D., & JUNIOR, M. L. Avaliação à campo de *Trichoderma* em mofo-branco. *Trichoderma*, v. 339, 2017.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; SEIL, A. H.; DIAS, A. R.; VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2017/18**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2018.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; DIAS, A. R.; DE SOUZA, D. **Eficiência de Fungicidas Para controle de Mofo-Branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em Soja, Na Safra 2018/19**: Resultados Sumarizados dos Experimentos Cooperativos. Brasília. Londrina: Embrapa Soja, 2019.

NAIDU, R.A.; PERRY, E.M.; PIERCE, F.J.; MEKURIA, T. The potential of spectral reflectance technique for the detection of Grapevine leafroll-associated virus-3 in two red-berried wine grape cultivars. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 66, p.38-45, 2009.

NOYES, R.D.; HANCOCK, J.G. Role of oxalic acid in the *Sclerotinia* wilt of sunflower. *Physiological Plant Pathology*, v. 18, p. 994-1004, 2010.

PADILLA, F. M., PEÑA-FLEITAS, M. T., GALLARDO, M., & THOMPSON, R. B. Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavonols and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. *European journal of agronomy*, v. 58, p. 39-52, 2014.

PARRA, J. R. Controle biológico na agricultura brasileira. *Entomological Communications*, 1, 2675-1305. 2019.

PEREIRA, R. D. S. **Análise da viabilidade econômica da produção de biocombustíveis a partir da proteína concentrada de soja (spc) na indústria de biodiesel**. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Universitário de Várzea Grande, Cuiabá, 2021.

PURDY, L.H. *Sclerotinia sclerotiorum*: history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. *Phytopathology*, v. 69, p. 875-880, 1979.

SAMPAIO, H. S.; BOURSCHEIDT, V.; SARRACINI, L. H.; JORGE, L. D. C.; BETTIOL, G. M.; BERNARDI, A. D. C. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (VANT) e satélite. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*. v. 14, n. 2, p. 111-124, 2020.

SANTOS, J. M. D., BATISTA, P. F., SPERANDIO, E. M., NOGUEIRA, L. C. A., GONÇALO, T. P., CASTOLDI, G., GERALDINE. A.M. ALVES, T. M. Spectral responses at visible and near-infrared wavelengths of soybean plants to fungicides. *Ciência Rural*, 52. 2022.

SILVA, K.L. Hardware Para Controle Avançado De Veículo Aéreo Não Tripulado Do Tipo Quadricóptero. *Horizonte Científico*, v. 8, n. 1, jul, 2014.

SISHODIA, R. P.; RAY, R. L.; SINGH, Sudhir K. Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. **Remote Sensing**, v. 12, n. 19, p. 3136, 2020.

STEFANELLO, E. **Na Liderança do Agronegócio**. (2016). Disponível em: <<http://www.anba.com.br/noticia/7391227/especiais/na-lideranca-do-agronegocio/?indice=90>>. Acesso em: 26 ago. 2022.

TSOUROS, D. C.; BIBI, S.; SARIGIANNIDIS, P. G. A review on UAV-based applications for precision agriculture. **Information**. V.10 n.11 p. 349, 2019.

TETILA, E. C. **Deteção e classificação de doenças e pragas da soja usando imagens de veículos aéreos não tripulados e técnicas de visão computacional**. 2019. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Local) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, MS, 2019.

VIGIER, B.J.; PATTEY, E.; STRACHAN, I.B. Narrowband vegetation indexes and detection of disease damage in soybeans. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 1, n. 4, p. 255-259, 2004.

XAVIER, L. C. M.; DE ABREU JÚNIOR, C. A. M.; MARTINS, G. D.; BRAVO, J. V. M.; VIEIRA, B. S. Potencial de imagens multiespectrais sentinel 2 na deteção de nematoides na cultura cafeeira. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 7, n. 2, p. 095-114, 2019.

ZAMBOLIM, L.; JESUS, J.R.W.C.; RODRIGUES, F.A. **O Essencial da Fitopatologia: Epidemiologia de Doenças de Plantas**. Suprema gráfica e Editora, 78p. 2014.

WILSON, R. F. Soja: necessidades de pesquisa orientadas para o mercado. In: **Genética e genômica da soja**. Springer, Nova York, N, p. 3-15. 2008