

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Autorização Decreto nº 9237/86. DOU 18/07/96. Reconhecimento: Portaria
909/95, DOU 01/08-95

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS
CAMPUS III – JUAZEIRO
Colegiado de Engenharia Agrônômica



TIAGO NUNES SILVA

**A AGRICULTURA DE PRECISÃO NO MANEJO DE PRAGAS E
DOENÇAS**

JUAZEIRO – BA

2021

TIAGO NUNES SILVA

**A AGRICULTURA DE PRECISÃO NO MANEJO DE PRAGAS E
DOENÇAS**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção dos créditos na Disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Agronômica do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais DTCS da Universidade do Estado da Bahia UNEB, *Campus III*.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique F. Nogueira

Coorientador: Me. Tomás Pereira de Azevedo

JUAZEIRO-BA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169)

S585a Silva, Tiago Nunes

Agricultura de precisão no manejo de pragas e doenças / Tiago Nunes
Silva. Juazeiro-BA, 2021.
31 fls.: il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Feitosa Nogueira.

Coorientador: Mrs. Tomás Pereira de Azevedo.

Inclui Referências

TCC (Graduação - Engenharia Agrônômica) – Universidade do
Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais.
Campus III. 2021.

1. Modernização – Manejo de pragas e doenças. 2. Agricultura de
precisão. 3. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANTS) – Manejo de pragas e
doenças. 4. Sensoriamento remoto – Manejo de pragas e doenças. I. Nogueira,
Carlos Henrique Feitosa. II. Azevedo, Tomás Pereira de. III. Universidade do
Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais. IV. Título.

CDD: 634.61

TIAGO NUNES SILVA

**AGRICULTURA DE PRECISÃO NO MANEJO DE PRAGAS E
DOENÇAS**

Monografia apresentada à Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB/DTCS campus III, Curso de Engenharia Agrônoma, como um dos pré-requisitos para a disciplina de Trabalho de conclusão de curso – TCC.

Aprovado em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Henrique Feitosa Nogueira (Presidente/Orientador)

Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III



Prof.ª. Dra. Ana Rosa Peixoto (primeiro examinador) Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III



Prof.ª. Dra. Cristiane Domingos da Paz (segundo examinador) Universidade do Estado da Bahia – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - III

JUAZEIRO-BA

2021

Dedicatória

Dedico esta vitória à Marina de Santana, Iraildes Nunes e Benício Silva, por todo apoio que me deram até aqui. A minha mãe, por sempre ter me apoiado, ao meu padrinho e ao meu pai e amigo Henry Manzini.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por ter me guiado por toda minha trajetória, pela força de continuar a lutar, pelos ensinamentos ao longo da vida, por ter sido meu refúgio nos dias ruins e por nunca me ter faltado fé.

Agradeço a todos os funcionários que fazem parte da UNEB, sem eles, nada disso seria possível.

Agradeço a dona Iraíldes Nunes e Emanuele Nunes pelo suporte e todo auxílio financeiro para que eu pudesse chegar aqui.

Agradeço a todas aquelas pessoas que me ajudaram no início da minha formação: Henry Manzini, Ana Beatriz, Túlio Roriz, Romel, Roriz, Mariza Tartari, Ana Paula Tartari.

Agradeço ao meu padrinho, Melckzedeeque Nunes, por todos os conselhos

Agradeço aos meus orientadores de academia por todas as experiências: Prof. Rúbens, Prof. Emuel Ernesto, Prof. Rita Nassur.

Agradeço aos meus mentores por todos dos ensinamentos, por toda a paciência e por terem um papel fundamental na minha vida profissional: Prof. Carlos Henrique, Vaomar Souza e Rogério Martins.

Agradeço aos irmãos que a UNEB me deu, Diego Coutinho e Gabriela Vieira por toda ajuda, toda parceria e cumplicidade, em especial ao Josemar Júnior por estar ao meu lado num momento crítico.

Agradeço a minha namorada, Ana Caroline Sales, por sempre estar ao meu lado e me incentivar a ser uma pessoa melhor.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Adaptação de Mahlein et al., (2012) ilustrando a detecção de espigas de trigo infectadas por *Fusarium* (a), termograma de ampla faixa (b), termograma em faixa estreita. 15
- Figura 2.** Adaptação de Mahlein et al., (2012) ilustrando o efeito do desenvolvimento de lesão causada por *Ventura inaequalis* em folhas de macieira (a), termograma em ampla faixa ilustrando uma diminuição da temperatura na área infectada. 15
- Figura 3.** Ilustração de Mahlein et al. (2012) comparando folhas saudáveis de beterraba (a, b) com folhas infestadas por míldio (c, d) utilizando NDVI para visualização, na qual a regiões demonstradas pela coloração vermelha e lilás estão infectadas pelo fungo. 16
- Figura 4.** Gráfico obtido do trabalho de Lost Filho (2019) ilustrando o comportamento espectral de foliar de plantas de soja em função dos níveis de infestação por *Bemisia tabaci* biótipo B, em parte da região visível da luz (450-650 nm). Níveis de infestação: Baixo < 50 ninfas por planta; Média 51-100 ninfas por planta; Alto > 101 ninfas por planta. 19
- Figura 5.** Mecanismo liberador de capsulas fixado no VANT; Fonte: Vieira (2020). 22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Obtida do trabalho de Lost Filho (2019) mostrando a matriz de confusão para validação cruzada dos resultados de classificação em classes de infestações em função do comportamento espectral das plantas de soja infestadas por ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B. 19
- Tabela 2** Obtida do trabalho de Jorge & Inamasu (2014), ilustrando tipos de sensores embarcados e suas respectivas aplicações. 20
- Tabela 3** Adaptação de Jorge & Inamasu (2014) demonstrando um exemplo de resolução para uma imagem de 10Mpixel. 20

Sumário

1. RESUMO.....	10
2. INTRODUÇÃO	11
3. METODOLOGIA.....	13
4. REVISÃO LITERATURA	14
4.1. O surgimento da agricultura	14
4.2. Modernização da Agricultura	15
4.3. Agricultura de precisão no manejo de pragas e doenças	16
4.3.1 Sensoriamento remoto	17
4.3.1.1 Utilização de imagem para identificação de danos	18
4.3.1.2 Utilização de imagens para tomada de decisão	21
4.3.2 VANT para o controle fitossanitário	22
4.3.2.1 Pulverização com VANTs	25
4.3.2.2 O uso de VANTs para controle biológico	26
5. CONCLUSÃO.....	28
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	29

1. RESUMO

No decorrer da história da humanidade a agricultura vem se modernizando cada vez mais, uma vez que há uma constante necessidade de ferramentas que possam melhorar a vida do ser humano, ocorrendo assim com o domínio do fogo e dos metais. E devido as constantes descobertas, justamente com o desenvolvimento do mundo capitalistas, algumas culturas foram ganhando destaque no cenário social e econômico, como o milho, a soja e a cana-de-açúcar. Concomitantemente, o efeito dos danos de pragas e doenças é um grande problema da agricultura moderna gerando uma grande necessidade por sistemas e manejos mais eficientes e que compactuem com a sustentabilidade no sistema agrícola. Logo, com a evolução do Sistema de Posicionamento Global (GPS), das tecnologias voltadas ao Geoprocessamento e da informática, emerge a Agricultura de Precisão (AP), condicionando o aumento da produtividade, reduzindo custos e favorecendo o meio ambiente através do uso racional de insumos agrícolas e preservação dos recursos naturais. Desta maneira a utilização da agricultura de precisão tende a trazer benefícios para as unidades produtivas, auxiliando na minimização dos problemas causados por pragas e doenças, condicionando uma produtividade mais sustentável. Sendo assim o presente trabalho objetiva-se a realização de uma revisão bibliográfica sobre a Agricultura de precisão no manejo de pragas e doenças, haja vista que a AP favorece o manejo de pragas e doenças pois atua de maneira mais específica no controle fitossanitário.

Palavras-chave: Modernização, Agricultura de precisão, Veículos aéreos não tripulados (VANTS), sensoriamento remoto.

2. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, a agricultura vem se modernizando cada vez mais, de modo que a cada dia novas descobertas vem norteando o mundo em prol de uma agricultura mais desenvolvida. Tudo isso teve início através dos pacotes tecnológicos trazidos pela Revolução Verde, na qual plantas geneticamente modificadas, defensivos, fertilizantes e maquinários agrícolas andavam em constante sintonia.

Como visto no trabalho de Matos et al. (2011), a década de 60 foi o marco do início da Revolução Verde, tendo como base a utilização abundante de defensivos e fertilizantes sintéticos, visando o combate de pragas e doenças e a nutrição das plantas, contribuindo assim para altos índices de produtividade.

De fato, a proposta trazida por esta linha de modernização com safras mais produtivas e diminuição da fome e pobreza do mundo foi de suma importância, de modo que todas as descobertas decorrentes destes desenvolvimentos agrícolas são utilizadas até hoje. Todavia existem dois pontos cruciais que a Revolução Verde não levou em consideração: preservação ambiental e a utilização irresponsável de recursos naturais finitos.

Pozzetti et al. (2021) caracteriza a Revolução Verde como um retrocesso ao meio ambiente, caracterizando como inconsistente a ideia de supremacia do ser humano perante ao restante dos seres vivos gera uma ideia de consumo sem consequências. Devendo desta maneira buscar constantemente por um desenvolvimento sustentavelmente equilibrado, haja vista que a agricultura lida diretamente com recursos naturais e é fundamental para a manutenção da vida.

Diante deste contexto, a agricultura moderna se depara com a necessidade de produzir mais e de forma sustentável, diante da crescente demanda populacional, introduzindo assim conceitos como o manejo integrado de pragas e doenças, que visa a execução de um controle fitossanitário através de diferentes métodos que levam em consideração fatores econômicos, sociais e ambientais.

Além disso, uma excelente ferramenta que vem ajudando a aumentar as produtividades é a Agricultura de Precisão (AP), pois garante uma minuciosa análise sobre determinado espaço da unidade produtiva, identificando pontos que necessitam de um cuidado maior, seja do ponto de vista nutricional ou fitossanitário, garantindo uma aplicação mais econômica de insumos e em pontos específicos.

Esse tipo de atividade, aliado ao manejo integrado de pragas e doenças condiciona múltiplos benefícios às unidades produtivas como economia de defensivos através da sua otimização, melhorias no controle fitossanitário e maior conservação do agroecossistema devido a minimização dos impactos ambientais.

No âmbito atual a população do planeta vem crescendo de maneira exponencial, ultrapassando a marca de 7 bilhões de habitantes, com estimativas que ultrapassam 9 bilhões até o ano de 2050. Desta maneira, com o passar dos anos será preciso elevar a produção mundial de alimentos, de modo que para que tal fato ocorra novas tecnologias de produção deverão surgir, atentando-se sempre ao fornecimento de alimentos saudáveis e de boa qualidade (FERRER, 2021).

Dentro desta perspectiva, o progresso tecnológico desempenha um grande papel dentro da agricultura, não somente do ponto de vista de subsistência, mas também do ponto de vista econômico, haja vista que fatos históricos evidenciam que a modernização agrícola trouxe benefícios econômicos e sociais para população mundial (YANG & ZHU, 2013).

Todavia, ervas daninhas, insetos-praga e patógenos, causam significativas perdas de produtividade em todo o mundo, que se alternam de acordo com o contexto inserido, influenciando negativamente em pontos como segurança alimentar, diminuição da pobreza e estabilidade comercial, de modo que as perdas com problemas fitossanitários podem representar uma quantidade de alimento necessário para alimentar mais de 1 bilhão de pessoas (PRETTY & BHARUCHA, 2015).

As perdas causadas por problemas fitossanitários na agricultura geram uma grande necessidade por sistemas e manejos mais eficientes e que compactuem com a sustentabilidade do sistema agrícola. Logo, com a evolução do Sistema de Posicionamento Global (GPS), das tecnologias voltadas ao Geoprocessamento e da informática, emerge a Agricultura de Precisão (AP), condicionando o aumento da produtividade, reduzindo custos e favorecendo o meio ambiente através do uso racional de insumos agrícolas e preservação dos recursos naturais (GUERREIRO et al., 2012).

Logo a utilização da agricultura de precisão tende a trazer benefícios para às unidades produtivas, ajudando cada vez mais a elevar as produtividades de maneira mais sustentável. Sendo assim o presente trabalho objetiva-se a realização de uma revisão bibliográfica sobre a Agricultura de precisão no manejo de pragas e doenças, haja vista

que a AP favorece o manejo de pragas e doenças pois atua de maneira mais específica no controle fitossanitário (Lost Filho, 2019).

3. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido conforme a metodologia descrita por Gil (2008), os preceitos do estudo exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica, é desenvolvido a partir de material elaborado, constituído de livros e artigos científicos.

Consultou-se bibliografia de várias literaturas relativas ao assunto em estudo, publicações como artigos científicos, teses, que possibilitarão o desenvolvimento do trabalho.

A pergunta norteadora para a revisão sistemática foi a seguinte: “A agricultura de precisão garante mesmo um controle mais eficiente de pragas e doenças?”. A busca por estas pesquisas ocorrerá no período de 10 de setembro ao dia 10 de novembro de 2021.

Localização do estudo

A seleção dos estudos foi baseada fundamentalmente em periódicos indexados na Plataforma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bem como a bases de dados: GOOGLE SCHOLAR, SCIELO, SCOPUS, SCIENCE DIRECT, UNEB, DSPACE, UNESP.

Publicações de todos os anos nas bases de dados foram consideradas. Para cada base de dados será utilizado palavras chaves com seguintes descritores: “Agricultura de precisão”, “MIP”, “VANT”, “Controle de pragas e doenças”, “Sustentabilidade”.

Avaliação crítica dos estudos

A seleção dos estudos foi feita de acordo com as informações encontradas nas bases de dados, estabelecendo-se critérios de inclusão e exclusão para delimitar apenas os artigos que investigam a agricultura de precisão no controle de pragas e doenças. Como critérios de inclusão foram adotadas as análises do título, resumo e palavras-chaves se são igualitários ao objetivo da pesquisa, e como critério de exclusão, foram eliminados aqueles que não abordaram agricultura de precisão; revisão literatura, livros e enciclopédias.

Os artigos passaram por avaliações de dados estruturais tais como resumo, introdução, metodologia, resultados e discussão, conclusão e referências bibliográficas atualizadas.

4. REVISÃO LITERATURA

4.1. O surgimento da agricultura

O desenvolvimento do ser humano passa por diversos tipos de mudanças, coexistindo de maneira harmoniosa com a natureza, porém sempre caminhando evolutivamente. Até a era do *homo neanderthalensis*, o homem era considerado como caçador-coletor, sobrevivendo em locais, se alimentando de frutas, sementes e outros animais e à medida que os suprimentos alimentares iam reduzindo devido a crescente populacional, o homem passa a buscar novos espaços para suportar suas novas necessidades (FELDENS, 2018).

Neste constante processo de realocação territorial na busca de melhores condições de sobrevivência, o homem percebeu que as plantas davam origem a sementes e estas, por sua vez, davam origem a novas plantas quanto em boas condições de desenvolvimento, surgindo assim a agricultura primitiva, tendo relatos em várias partes distintas do mundo, como Egito (6.000 anos a.C), Mesopotâmia (4 a 5.000 anos a.C) e babilônios (FELDENS, 2018).

A partir daí constantes evoluções foram ocorrendo na agricultura através do domínio do fogo e dos metais, condicionando assim diferentes técnicas de acordo com as necessidades, passando assim do nomadismo para sedentarismo, surgindo assim os primeiros núcleos sociais. E devido as constantes descobertas, justamente com o desenvolvimento do mundo capitalista, algumas culturas foram ganhando destaque no cenário social e econômico, como o milho, a soja e a cana-de-açúcar (CASTANHO & TEIXEIRA, 2017).

Mas sem sombra de dúvidas o desenvolvimento do capitalismo, bem como a Revolução Verde contribuíram para as maiores descobertas da agricultura, concomitantemente ao incremento econômico em alguns países, uma vez que a agricultura é a base de muitos sistemas produtivos (MATOS et al., 2011).

A cultura do milho (*Zea Mays* L.) possui um grande destaque no desenvolvimento mundial, haja vista que no decorrer dos anos alcançou o patamar de commodity devido a sua utilização como base na alimentação animal e humana, produção de combustíveis, bebidas e plásticos, além da sua viabilidade de cultivo e por ser um alimento de baixo custo, tendo grande destaque na economia de alguns países como China, Estados Unidos

da América (EUA), Brasil, Índia e África do Sul (BARROS & CALADO, 2014; GALVÃO et al., 2014; CONTINI et al., 2019).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2020) a soja é um dos grãos mais produzidos no mundo, representando uma área de 125,6 milhões de hectares, com uma produção de 358,6 milhões de toneladas na safra 2018/2019, sendo uma das principais commodities mundiais tendo a China como maior importador, que compra 82% da soja produzida no Brasil, que o maior exportador dessa commodity.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) vem sendo cultivada desde o período da Pré-história, com destaque na área açucareira e sendo uma grande alternativa para o setor de biocombustíveis, tendo uma produção de 654.527 mil toneladas e uma área de 8.616 mil hectares, no Brasil, de acordo com a safra 2020/2021 (CONAB, 2021).

4.2. Modernização da Agricultura

Desde a disponibilidade dos sistemas GPS para toda a população mundial, a agricultura de precisão tornou-se acessível para todos os produtores, fornecendo informações de acordo com a variação espacial, gerando assim mapas que trazem informações valiosas, como o monitoramento através de sensores, caracterização dos atributos do solo e recomendação de adubação, gessagem e calagem (BERNARDI et al., 2015).

Todavia, como visto no trabalho de Pötter (2014) existem algumas desvantagens na utilização da AP, sendo o alto custo financeiro um dos principais entraves, restringindo a acessibilidade dessa tecnologia para um ponto de vista econômico, haja vista que o alto custo dos equipamentos e necessidade de mão de obra especializada e limitada à grandes produtores.

Segundo o levantamento de Bernadi e Inamasu (2014), o perfil dos produtores e administradores de propriedades rurais que utilizam a AP cultivam grandes extensões de terras, com média de 2357 há; possuem um bom grau de instrução; são jovens, média de 35,5 anos; e conscientes sobre os benefícios de novas tecnologias e da informática.

Como um dos objetivos da agricultura de precisão é o uso racional dos recursos, essa finalidade se adequa perfeitamente ao do sistema de irrigação, coletando informações

através de sensores físicos e interligando-as a um único sistema capaz de realizar a gestão da água nas unidades agrícolas (ROLEDO, 2018).

Ligado a esse mesmo segmento, a agrometeorologia de precisão pode ser um grande aliado, haja vista que os fatores microclimáticos específicos de cada área podem interferir no desenvolvimento das plantas, podendo assim correlacionar diferentes informações para auxiliar no manejo das plantas através da relação solo, água, planta e atmosfera (DALMAGO et al., 2014).

De acordo com Jobim (2017) a AP é também uma ótima ferramenta na tecnologia de aplicação, podendo minimizar os efeitos ambientais que podem interferir na pulverização, como o vento, temperatura, umidade relativa do ar, através de inovações envolvendo piloto automático, mapas de aplicação, computadores de bordo e sensores de alvos biológicos.

Ainda neste seguimento uma das grandes alternativas que vem ganhando cada vez mais destaque é a utilização dos veículos aéreos não tripulados (VANT), que mesmo estando em sua fase embrionária, apresenta um grande potencial na tecnologia de aplicação, bem como no sensoriamento remoto das lavouras para um monitoramento mais efetivo (JORGE & INAMASU, 2014).

4.3. Agricultura de precisão no manejo de pragas e doenças

O aumento do rendimento das safras é o ponto almejado por todos os produtores, favorecendo assim o desenvolvimento econômico de determinadas regiões. Todavia as interferências ambientais podem ameaçar os sistemas produtivos, tendo os problemas fitossanitários como principais focos de perda de produção (PRETTY & BHARUCHA, 2015).

Visando o controle de pragas e doenças, a agricultura convencional não considera a variação espacial, realizando a utilização majoritária de pesticidas sintéticos para realização do controle fitossanitário, realizando aplicações uniformes em toda a área, causando danos a todo agroecossistema (NATIKAR et al., 2020).

Em contra partida, a AP aliado ao manejo integrado de pragas e doenças (MIPD) visa realizar o monitoramento e controle levando em consideração a variabilidade de pragas e doenças em pontos específicos da área, utilizando como base o Sistema de informações geográficas (SIG), o GPS, sensoriamento remoto e taxa de variação. Desta

maneira efetuando o controle químico somente quando necessário, e com doses adequadas. (NATIKAR et al., 2020; CARVALHO & BARCELLOS, 2012).

4.3.1 Sensoriamento remoto

Detecção remota ou sensoriamento remoto (SR) é o termo utilizado para designar um conjunto de técnicas destinado a obtenção de informações sobre um determinado ponto, local ou objeto, à longas distâncias ou não, isto é, sem que haja algum contato físico com os mesmos. Com o passar dos anos o SR foi se desenvolvendo e tornando-se cada vez mais disponível, principalmente na agricultura, na qual esta ferramenta possui aplicações que podem indicar variáveis como produtividade, estresse hídrico, biomassa das plantas e estágio fenológico (SHIRATSUCHI et al, 2014).

Nos princípios, os primeiros equipamentos utilizados para medição do SR eram ligados à foguetes, pipas, pássaros e até balões. Hoje em dia, com o desenvolvimento tecnológico, é possível obter imagens detectadas remotamente através de veículos aéreos não tripulados (VANTs), maquinários agrícolas, satélites, aviões, entre outros (SHIRATSUCHI et al, 2014).

Em seu trabalho, Naue et al., (2011) discutem sobre a utilização do sensoriamento remoto como uma excelente ferramenta no manejo de doenças, haja vista que este método pode ser utilizado como forma de quantificação e identificação de plantas infectadas através da radiação refletida das folhagens das plantas.

4.3.1.1 Utilização de imagem para identificação de danos

Quando as plantas são expostas a ataques de pragas e doenças há uma formação de diferentes respostas fisiológicas que interferem na ação fotossintética, condicionando um aumento na temperatura das plantas, bem como uma elevação na fluorescência (BARROS et al., 2021). Mahlein et al., (2012) em seu trabalho ilustra a mensuração da fluorescência SSatravés de termogramas (Figura 1 e 2).

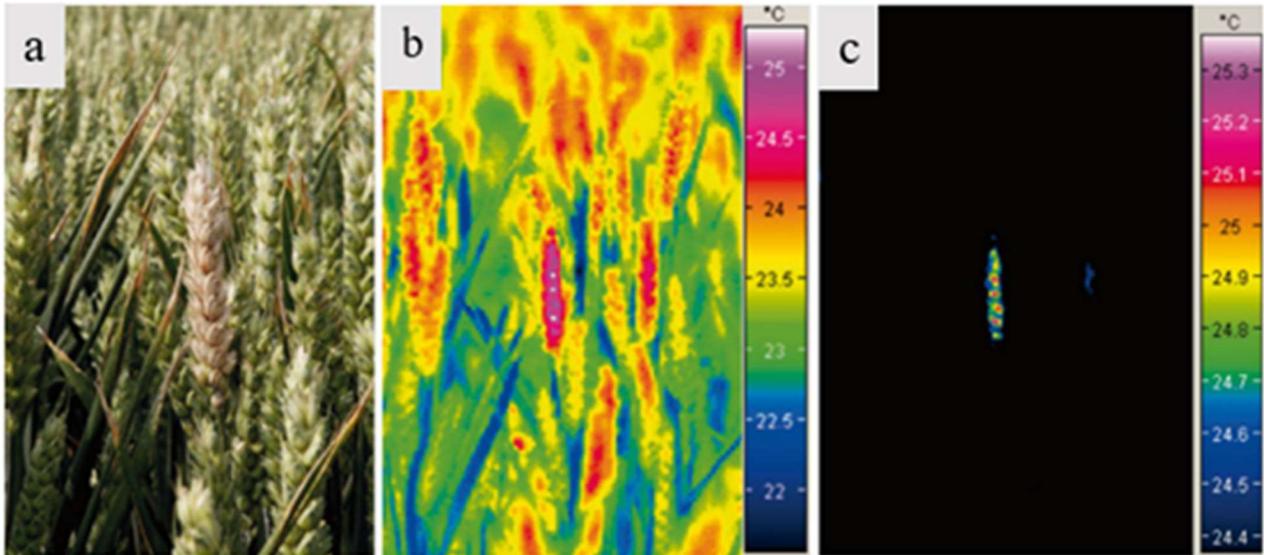


Figura 1. Adaptação de Mahlein et al., (2012) ilustrando a detecção de espigas de trigo infectadas por *Fusarium* (a), termograma em ampla faixa (b) e termograma em faixa estreita(c).

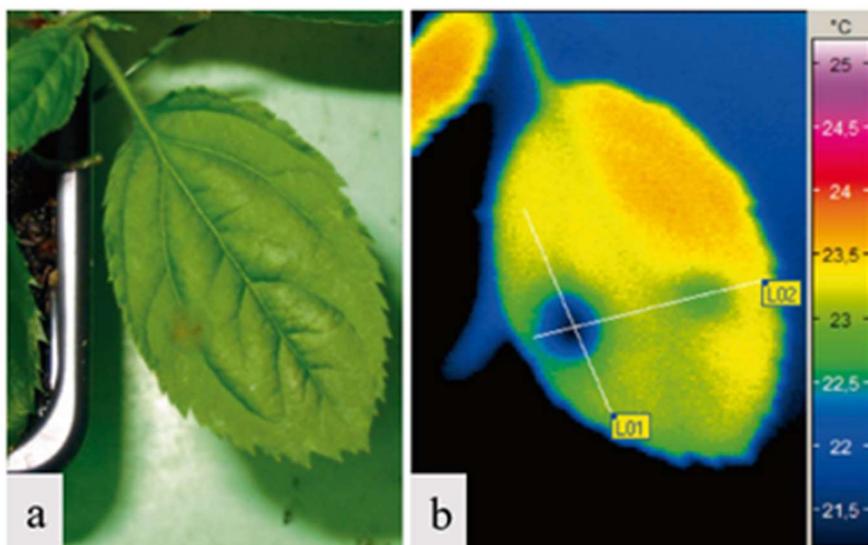


Figura 2. Adaptação de Mahlein et al., (2012) ilustrando o efeito do desenvolvimento de lesão causada por *Venturia inaequalis* em folhas de macieira (a), termograma em ampla faixa ilustrando uma diminuição da temperatura na área infectada.

Elliot et al., (2007) utilizou o SR no trigo para monitoramento de diferentes injúrias causadas pelo pulgão *Diuraphis noxia*, através de um sistema que utiliza 3 bandas no sistema, verde, vermelho e infravermelho próximo. (NANSEN, 2012) também demonstrou a utilização do sensoriamento remoto com imagens hiperespectrais para distinguir espécies de parasitoides através de ovos parasitados.

Dados hiperespectrais é um tipo de metodologia muito favorável para coleta de dados no ramo agrícola, haja vista que possui um alto potencial para distinguir diferentes comprimentos de luz e alta capacidade de receber espectros de luz que vão do ultra-violeta ao infra-vermelho (Lost Filho, 2019).

Kumar et al., (2010) avaliou plantas de mostarda (*Brassica nigra*) infestadas e não infestadas de pulgão (*Lipaphis erysimi*), verificando assim diferença significativa entre elas na região do infravermelho-próximo, além disso foi constatado que os espectros mais viáveis para identificar a infestação de pulgão em plantas de mostarda são o verde (550-560 nm) e o vermelho/infravermelho-próximo (700-1250/1950-2450 nm).

Neste mesmo sentido, para o monitoramento de ácaros da família *Tetranychidae*, bandas nos valores de reflectância (porcentagem dos raios solares refletidos pelas plantas) de 731 nm e 715 nm, indicaram anormalidades de estresse na cultura do milho (*Zea mays* L.) (NANSEN, 2012) e na cultura do algodoeiro (*Gossypium* L.), bandas nos valores de 550 nm, 560 nm, 680 nm e 740 nm foram cruciais para identificar infestações desta praga (LAN et al., 2013).

De acordo com Wang et al., (2016) citato por El-Ghany et al., (2020) demonstrou a viabilidade do uso de imagens hiperespectrais, para classificação de insetos. O autor classificou sete espécies diferentes de cigarrinhas do gênero *Burderia*, sendo identificadas com uma base de dados que analisa o DNA mitocondrial e características morfológicas utilizando 37 tipos de bandas espectrais, variando de 411 e 870 nm, verificando um grau de 91% de precisão para distinguir as espécies.

Através do Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Lemes (2017) foi capaz de diferenciar seringais infestados e não infestados pelo nematoide das galhas (*Meloidogyne exigua*) pelo índice de espectral da vegetação, obtida por de imagens de satélites. Em plantas de beterraba, Mahlein et al., (2012) utilizou o NDVI para visualização de folhas infectadas por míldio (Figura x).

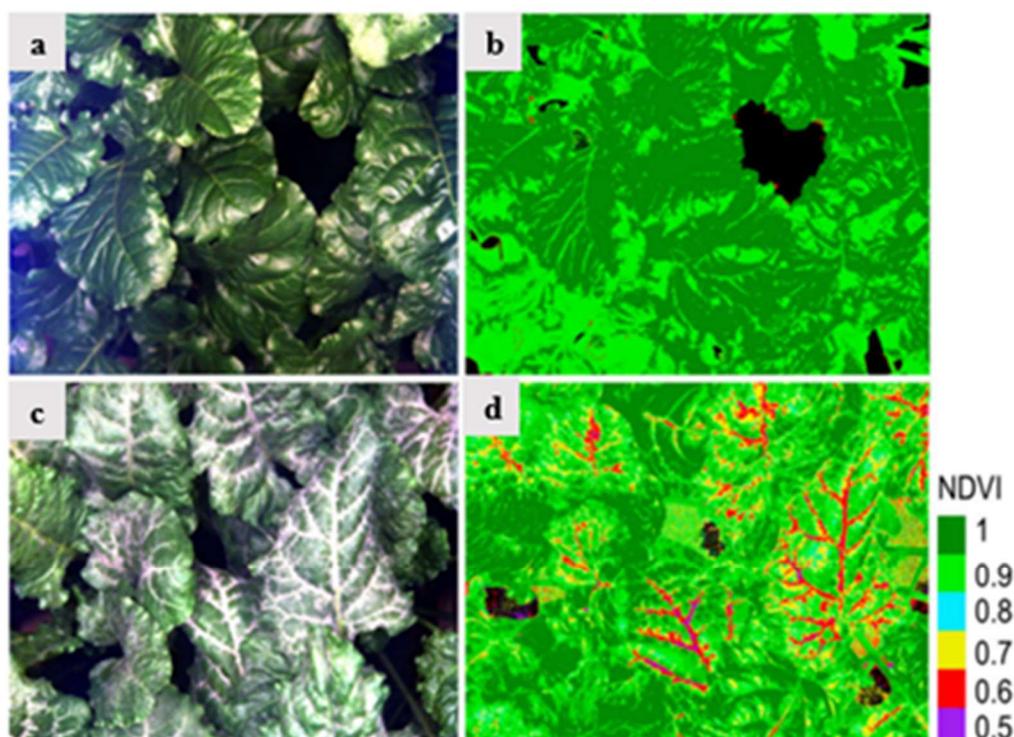


Figura 3. Ilustração de Mahlein et al., (2012) comparando folhas saudáveis de beterrabas (a, b) com folhas infestadas por míldio (c, d), utilizando o NDVI para visualização, no qual as regiões demonstradas pela coloração vermelha e lilás estão infestadas pelo fungo.

Naue et al., (2011) analisa que o sensoriamento remoto contribui para uma melhor produtividade, correlacionando aspectos que variam entre respostas com menor espaço de tempo, maior precisão em relação ao olho humano e dispensa coleta de amostras para laboratório.

Silva et al., (2009) utilizaram o sensoriamento remoto para correlacionar a eficiência de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja (*Glycine max* L.), observando que a reflectância de bandas próximos do infravermelho se mostraram eficientes, pois garantem informações mais precisas sem que haja contato físico com a planta, sendo um método rápido de detecção para grandes áreas.

Para detecção de mancha-angular e mofo-branco na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Boechat, (2011), foi possível analisar o comportamento do dessas duas doenças, bem como seus diferentes índices de severidade, através do sensoriamento remoto.

4.3.1.2 Utilização de imagens para tomada de decisão

Para que o manejo de pragas e doenças seja bem sucedido é necessário um levantamento de informações básicas como os níveis de danos, níveis de infestações, plantas hospedeiras e dados sobre o inseto-praga. Dessa maneira, a tecnologia do sensoriamento remoto fornece dados que auxiliam na tomada de decisão para o para realização do MIPD, através do monitoramento e mapeamento das atividades, através de GPS, atuando com maior rapidez e eficiência, garantindo assim padrões mais sustentáveis para agricultura (EL-GHANY et al, 2020).

Segundo Acharya & Thapa (2015) baseado em resultados de pesquisa sobre algumas pragas e doenças, a utilização do sensoriamento remoto se mostra muito viável haja vista que pode ser utilizado para obtenção de informações que condicionam uma melhor tomada de decisão e melhor planejamento do MIPD como por exemplo previsão e detecção precoce e identificação de pontos quentes de infestação.

Como visto em Lost Filho (2019) o sensoriamento remoto pode, sim, ser empregado no programa de manejo fitossanitário, pois em seu trabalho realizando o monitoramento em plantas de soja, foi possível analisar infestações já estabelecidas de *Bemisia tabaci* (figura 4), assim como a susceptibilidade de plantas de soja a essa praga, obtendo assim 91,98% de precisão na classificação dos níveis de infestação (tabela 1), demonstrando assim a viabilidade desta técnica para efetividade no controle fitossanitário.

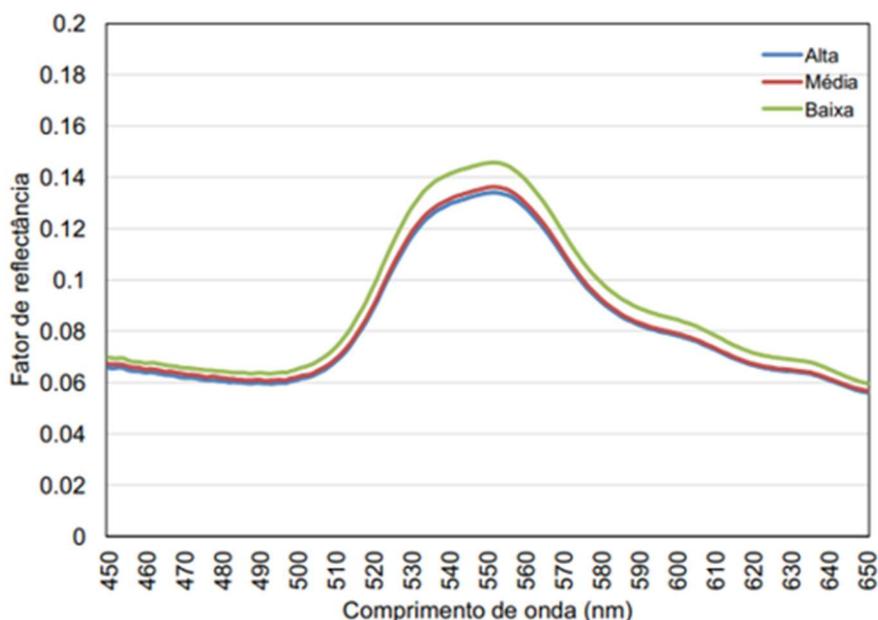


Figura 4. Gráfico obtido do trabalho de Lost Filho (2019) ilustrando o comportamento espectral foliar de plantas de soja em função dos níveis de infestação por ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B, em parte da região visível da luz (450-650 nm). Níveis de infestação: Baixa < 50 ninfas por planta; Média 51-100 ninfas por planta; Alto >101 ninfas por planta.

Tabela 1. Obtida do trabalho de Lost Filho (2019) ilustrando a matriz de confusão para validação cruzada dos resultados de classificação em classes de infestação em função do comportamento espectral da planta de soja infestada por ninfas de *Bemisia tabaci* biótipo B.

De / Para	Alta ¹	Baixa ¹	Média ¹	Total	% Corretos
Alta	15,79	0,00	0,88	16,67	94,74
Baixa	1,85	14,81	0,00	16,67	88,89
Média	1,28	0,00	15,28	16,67	91,31
Total	18,92	14,81	16,26	50,00	91,98

¹Baixa < 50 ninfas por planta; Média 51-100 ninfas por planta; Alta > 101 ninfas por planta.

4.3.2 VANT para o controle fitossanitário

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) tiveram sua origem com finalidade militar, todavia com o passar do tempo, foi verificado que devido a sua múltipla capacidade de utilização e por ser um equipamento de baixo custo, poderia auxiliar a AP (JORGE & INAMASU, 2014), pois podem auxiliar no monitoramento das unidades produtivas através da sua conexão com o SIG, utilização no sensoriamento remoto,

captura de imagens e até mesmo na pulverização (FERREIRA et al, 2017; SLONGO et al, 2017).

Por atuar de maneira rápida e sustentável os VANT são excelentes instrumentos para coletas de informações quando associados ao SR, podendo atuar na estimativa de produtividade e surgimentos de problemas fitossanitários através de imagens de alta resolução com base em pontos georreferenciados (SHIRATSUCHI et al, 2014; FERNANDES, 2016).

De acordo com Jorge & Inamasu (2014), a utilização de VANT na AP possui um maior foco na utilização de sensores baseados na reflexão da radiação eletromagnética (REM), de modo que cada comprimento de onda da REM possui uma especificidade de acordo com o material incidente, sendo um resultado direto das interações químicas e físicas, propícios a trazer informações quanto a saúde e estágio fenológico das plantas. Para isso diferentes sensores podem integrar os VANT de acordo com a finalidade adequada (tabela 2).

Mesmo sendo de grande valia par a AP as imagens multiespectrais via satélite, a utilização desta tecnologia possui uma desvantagem, que é a dependência do céu limpo, isto é, com ausência de nuvens, podendo se perder muito tempo até que boas condições de leitura sejam condicionadas, interferindo assim na detecção rápida de fitopatógenos. Desta maneira a utilização de VANTs reduz a dependência dos satélites, sendo fundamental para o monitoramento rápido (MORIYA, 2015).

Ainda dentro desta comparação, os satélites são possíveis de detectar imagens mais abrangentes, todavia os drones são capazes de obter imagens mais precisas sobre determinadas áreas, necessitando assim de uma sobreposição de imagens para uma melhor representatividade, de modo que a resolução da câmera e a altura do VANT estarão diretamente ligados a cobertura desejada (tabela 3) (Jorge & Inamasu, 2014).

Tabela 2. Obtida do trabalho de Castro & Inamasu (2014), ilustrando tipos de sensores embarcados e suas respectivas aplicações

Aplicações	Sensores
<p>Câmeras RGB: detecção falhas de plantio, desenvolvimento da cultura, formação da planta, modelo de elevação do terreno. Olho do agricultor sobre a lavoura. (Visível - VIS - 0.4-0.7 μm)</p>	
<p>Câmeras Térmicas: Detecção de estresse hídrico/irrigação (Short Wave Infrared - SWIR - 1.3-2.5 μm)</p>	
<p>Cameras Multiespectrais: Detecção de estresse nutricional, para determinação de índices indicadores fisiológicos, e estrutura da copa, como NDVI, EVI e outros. (Infravermelho Próximo - NIR - 0.7-1.3 μm)</p>	
<p>Cameras Hiperespectrais: estão sendo desenvolvidos novos índices e métodos visualizando assinatura do espectro refletido e geração de índices espectrais combinados. Usadas para calibração de bandas multi a serem usadas. (NIR + SWIR)</p>	
<p>Sensores ativos: detecção de reflectância, NDVI e outros.</p>	

Tabela 3. Adaptada de Jorge & Inamasu (2014) demonstrando um exemplo de resolução para uma imagem de 10Mpixel

Altitude (m)	Resolução (cm/pixel)	Cobertura no solo (m)
100	3.5	129
122	4.3	157
140	5	180
200	7.1	257
280	10	360
420	15	540
560	20	720

4.3.2.1 Pulverização com VANTs

No âmbito atual, em todo o mundo, as pulverizações convencionais com altos volumes com bicos grossos são uma das principais causas de baixa qualidade na pulverização, condicionando assim o desperdício de defensivos agrícolas, além disso, para realização desta atividade é necessário a presença de um operador, influenciando assim na maior exposição do mesmo. Porém com o constante desenvolvimento da agricultura, a utilização de VANTs para realização de pulverização vem ganhando cada vez mais espaço, devido a sua praticidade, economia, segurança e precisão (WANG et al., 2019).

Neste sentido, a deriva também é um problema do processo de pulverização, podendo afetar inimigos naturais, polinizadores, culturas sensíveis, contaminação ambiental e ameaça à saúde humana e animal (WANG et al., 2020).

Faiçal et al., (2014) avaliou a integração de rede de sensores sem fio juntamente com VANTs concluiu que a utilização interligada dessas duas ferramentas pode reduzir drasticamente o desperdício de defensivos, tanto pela diminuição do processo de deriva quanto pela aplicação adequada no local adequado.

Para esse tipo de pulverização Mogili & Deepak (2018) determinam a capacidade pulverização de pesticidas via VANTs, através do somatório das ferramentas de GPS e imagens multiespectrais (NDVI), de modo que os veículos aéreos podem navegar automaticamente de acordo com as coordenadas obtidas dos locais de infestação indicados pelo NDVI, passando por pontos determinados com velocidade alternada, pulverizando quantidades específicas de defensivos.

Segundo Bernardo et al., (2019) existem diversos tipos de VANTs para pulverização, todavia os principais são: Drone pelicano, DJI Agras MG-1, EleveSpray 150, AGL-20 e JT-Sprayer 15-608, com rendimento de até 4,5 há, capacidade de reservatório até 20 kg, e até 15 minutos de voo.

4.3.2.2 O uso de VANTs para controle biológico

O controle biológico pode ser definido como um método de controle visando a supressão de insetos vetores de doenças, bem como o controle de pragas, utilizando o que conhecemos como inimigos naturais, podendo ser bactérias, vírus, fungos, predadores, parasitoides e insetos benéficos (RÊGO & ALMEIDA, 1998). Podendo ser integrado à agricultura de precisão (PENA, 2019).

Vieira (2020) classifica como promissora, a utilização de VANTs para controle biológico, sendo uma alternativa de apoio ao controle de pragas e doenças, favorecendo a redução de aplicação de pesticidas químicos. Distribuindo assim os inimigos naturais em locais específicos, favorecendo a atuação dos agentes de biocontrole e por sua vez reduzindo custos.

Berner & Chojnacki (2017) propõe que alguns fungos, pulverizados de maneira convencional, utilizado no controle biológico de nematoides e insetos, podem ser muito bem adaptados para utilização em drones. Entretanto, como visto no trabalho de Vieira (2020) é necessário um sistema especial para liberação de capsulas contendo os inimigos naturais (figura 5).



Figura 5. Mecanismo liberador de capsulas fixado no VANT. Fonte: Vieira (2020)

Lost Filho et al., (2019) determina que o processo de dispersão de inimigos naturais via drone se concentrou em basicamente dois inimigos: o ácaro predador (*Phytoseiulus persimilis*) e vespas parasitoides do gênero *Trichogramma*.

Além da utilização do *Trichogramma*, usa-se também o *Cotesia flavipes* para controle da broca de cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), podendo ser utilizados também em outras pragas de lepidópteros (PARRA, 2014).

5. CONCLUSÃO

A modernização da agricultura juntamente com a evolução da AP no manejo de pragas e doenças vem trazendo inúmeros benefícios para a agricultura moderna, uma vez que esta é uma excelente ferramenta na busca pela sustentabilidade, trazendo benefícios do ponto de vista social, ambiental e econômico. Além disso, tratando-se do MIPD a utilização da AP é de fundamental importância, pois maximizam a eficiência no combate fitossanitário e minimizando a utilização de insumos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ACHARYA, M.; THAPA, R. Remote sensing and its application in agricultural pest management. **Journal of Agriculture and Environment**, v. 16, p. 43–61, 2015.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G.. A cultura do milho. 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 18 set. 2021

BERNARDO, R.; JUNIOR, V. M. C.; DENADAI, M. S. Uso de drones para aplicações de defensivos agrícolas. In: **VIII JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica**. 2019..

BERNER, B.; CHOJNACKI, J.. Influence of the air stream produced by the drone on the sedimentation of the sprayed liquid that contains entomopathogenic nematodes. **Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering**, v. 62, n. 3, 2017.

BOECHAT, L. T.; **Remote sensing techniques in detection of Mold-White and Stain-Angle bean**. 2012. 128 f. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produ) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

Conab. Boletim da safra de cana-de-açúcar. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 17 set. 2021.

BARROS, P. P. DA S.; ROSALEN, D. L.; IOST FILHO, F. H.; MARTINS, G. D.; DI LEO, N. Monitoramento Fitossanitário Utilizando Sensoriamento Remoto: Avanços e Desafios. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 489-515, 6 abr. 2021.

BRASIL. Elísio Contini. Embrapa. Milho – Caracterização e Desafios Tecnológicos. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.

CASTANHO, R. B.; TEIXEIRA, M. E. S. A evolução da agricultura no mundo. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, Ituiutaba, v. 8, n. 1, p. 136-146,. 2017.

DALMAGO, G. A.; da CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; SANTI, A.; FOCHESSATO, E. Potencial de aplicação da Agrometeorologia em Agricultura de Precisão para produção de grãos. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

ELLIOT, N. C.; MIRIK, M.; YANG, Z.; DVORAK, T.; RAO, M.; MICHELS, J.; WALKER, T.; CATANA, V.; PHOOFOLO, M.; GILES, K.; ROYER, T. Airborne multi-spectral remote sensing of Russian wheat aphid injury to wheat. *Southwestern Entomologist*, v. 32, n. 4, p. 213-219, 2007.

FAIÇAL, B. S.; COSTA, F.G.; PESSIN, G.; UHEYAMA, J.; FREITAS, H.; COLOMBO, A.; FINI, P. H.; VILLAS, L.; OSÓRIO, F. S.; VARGAS, P. A.; BRAUN, T. The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides. *Journal of Systems Architecture*, v. 60, n. 4, p. 393-404, 2014.

FELDENS, L. Homem a Agricultura a História. **Lajeado: Univantes**, 2018.

FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (Zea Mays L.) através de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado**. 2016. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agricultura de Precisão, Unversidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

FERREIRA, Ronierison et al. Identificação de pragas na agricultura com auxílio de vants. *Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia*, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2017.

FERRER, A. A. Agriculture for all: advancing fair trade in agriculture. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/352488028_Agriculture_for_all_advancing_fair_trade_in_agriculture. Acesso em: 17 set. 2021.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. *Revista Ceres*, [S.L.], v. 61, n. , p. 819-828, dez. 2014.

JOBIM, L. dos S. A avaliação de diferentes técnicas de pulverização com base na agricultura de precisão. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Agricultura de Precisão, Unversidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

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

KUMAR, J.; VASHISTH, A.; SEHGAL, V.; GUPTA, V. Identification of aphid infestation in mustard by hyperspectral remote sensing. **Journal of Agricultural Physics**, v. 10, p. 53-60, 2010.

LAN, Y.; ZHANG, H.; HOFFMANN, W.; LOPEZ, J. J. D. Spectral response of spider mite infestat cotton: mite density and miticide rate study. **International Journal os Agricultural and Biological Engineering**, v. 6, n. 1, p. 48-52, 2013.

LEMES, E. M.; **Sensoriamento remoto para detecção de seringais infestados por *Meloidogyne exigua***. 2017. 79 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

LOST FILHO, F. H.; HELDENS, W. B.; KONG, Z.; LANGE, E. S. de. Drones: Innovative Technology for Use in Precision Pest Management. **Journal Of Economic Entomology**. Oxford, p. 1-26. fev. 2020.

MAHLEIN, A. K.; OERKE, E. C.; STEINER, U.; DEHNE, H. W. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. **Euro Journal Plant Pathol**. Bonn, p. 197-208. set. 2012.

MATOS, A. K. V. Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, v. 10, n. 12, p. 1-17, 2011.

MOGILI, U. R.; DEEPAK, B. B. V. L. Review on application of drone systems in precision agriculture. **Procedia computer science**, v. 133, p. 502-509, 2018.

MORIYA, E. A. S. **Identificação de bandas espectrais para detecção de cultura de cana-de-açúcar sadia e doente utilizando câmeda hiperespectral embarcada em VANT**. 2015.

NANSEN, C. Use of variogram parameters in analysis of hyperspectral imaging data acquired from dual-stressed crop leaves. **Remote Sensing**, v. 4, n. 1, p. 180-193, 2012.

NAUE, C. R.; MARQUES, M. W.; LIMA, N. B.; GALVÍNCIO, J. D. Sensoriamento remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 190-195, 2011.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PENA, Ismael da Silva. **Arquitetura de Controle para Gestão de Recursos na Agricultura de Precisão**. 2019. 93 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Matemática, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2019.

PÖTTER, M. B.; **Análise comparativa entre amostragem de solo convencional e amostragem de solo para agricultura de precisão**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

POZZETTI, V. C.; MAGNANI, M. C. B. F.; ZAMBRANO, V. Revolução verde e retrocesso ambiental. **Revista Catalana de Dret Ambiental**, v. 12, n. 1, 2021.

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. Integrated Pest Management for Sustainable Intensification of Agriculture in Asia and Africa. *Insects*, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 152-182, 5 mar. 2015. GUERREIRO, J. C.; OTOBONI, C. E. de M.; CARLOS, B. A.. A agricultura de precisão no contexto do Manejo Integrado de Pragas. In: BRANDEL, Maria de Lourdes. *Tópicos em Entomologia V*. Jaboticabal: Fcav/Unesp, 2012. Cap. 13. P. 135-150.

RÊGO, M. C. F.; ALMEIDA, C. M. Controle biológico. 1998.

ROLEDO, L. B. Plataforma baseada em serviços web para controle e monitoramento de transdutores em agricultura de precisão para irrigação automática. Monografia (Graduação)- Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

SLONGO, A.G., MORAES, D.D., MANTOVANI, L.Q., VENTURINI, M.S. Definição de Requisitos de Projeto para um VANT para Pulverização Agrícola. II Congresso Aeroespacial Brasileiro. Santa Maria, 2017.

SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDÃO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VILELA, M. F. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na agricultura de precisão. **Embrapa Agrossilvipastoril-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

SILVA, A. J. da; CANTERI, M. G.; SANTIAGO, D. C.; HIKISHIMA, M., SILVA, A. L. da. A refletância na estimativa do efeito de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Summa Phytopathologica*, v. 35, n. 1, p. 53-56, 2009.

USDA, United States Department Of Agriculture -. Oilseeds: world markets and trade Retrieved in 2020. 2020. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>. Acesso em: 18 set. 2021.

WANG, G.; HAN, Y.; LI, X.; ANDALORO, J.; CHEN, P.; HOFFMANN, H. C.; HAN, X.; CHEN, S.; LAN, Y. Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer. **Science of The Total Environment**, Volume 737, 2020.

WANG, G. LAN, Y.; QI, H. CHEN, P.; HEWITT, A.; HAN, Y. Field evaluation of an unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer: effect of spray volume on deposition and the control of pests and disease in wheat. **Pest management science**, v. 75, n. 6, p. 1546-1555, 2019.

YANG, D. T.; ZHU, X. Modernization of agriculture and long-term growth. *Journal of Monetary Economics*. Volume 60, Issue 3, 2013, pages 367-382.