INSTITUTO FEDERAL
Rondônia

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia

***Campus* Colorado do Oeste**
Coordenação do Curso Pós-Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento

DIEINY AMARAL

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO DE *APHELENCHOIDES* EM LAVOURA DE ALGODÃO

COLORADO DO OESTE
2025

DIEINY AMARAL

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO DE *APHELENCHOIDES* EM LAVOURA DE ALGODÃO

Trabalho de Conclusão de Curso entregue ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento, junto ao Curso Pós-Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento, sob a orientação do professor Valdir Moura.

COLORADO DO OESTE
2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Amaral, Dieiny.
Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento A*phelenchoides* em lavoura de algodão / Dieiny Amaral. - Colorado do Oeste, 2025.
13 f.

Orientador(a): Prof. Valdir Moura.

Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2025.

1. Nematoide. 2. Análise espacial. 3. Impacto econômico. I. Moura, Valdir (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Roseni Santos Rodrigues, CRB-11/916

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geoprocessamento, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - *Campus* Colorado do Oeste, como parte das exigências para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento

Autor: Dieiny Amaral

Orientador: Valdir Moura

Situação: (X) Aprovado ( ) Reprovado

Aprovado em: 07/03/2025.

*Trabalho de Conclusão de Curso aprovado conforme Parecer nº 07/2025 do Conselho Escolar (2753065) disponível no Processo SEI 23243.010940/2025-16.

_____

Valdir Moura

_____

Willian Mota

_____

Calina Grazielli Dias Barros

gov.br Documento assinado digitalmente
RAPHAEL DOS SANTOS GOMES
Data: 25/11/2025 10:57:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Raphael dos Santos Gomes
Coordenador de Curso
PORTARIA Nº 1200/COLORADO DO OESTE/IFRO, DE 25 DE JUNHO DE 2025

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO DE *APHELENCHOIDES* EM LAVOURA DE ALGODÃO

RESUMO: A cultura do algodoeiro consolidou-se como uma das principais commodities brasileiras, especialmente no cerrado. No entanto, o cultivo de plantas suscetíveis favorece o aumento populacional de fitonematoides, como Aphelenchoides besseyi, que afeta a produtividade. Esse nematoide causa sintomas característicos nas plantas, incluindo atrofiamento, distorções foliares e prolongamento do ciclo vegetativo, resultando em perdas significativas na produção. Este estudo avaliou o impacto do nematoide na produtividade do algodão utilizando sensoriamento remoto. A pesquisa foi conduzida em uma fazenda de Vilhena, Rondônia, onde imagens do satélite Sentinel 2L2A foram analisadas para identificar padrões de reflectância associados à infestação. Os dados de produtividade foram interpolados por geoestatística, revelando correlação entre áreas de menor produtividade e altos valores de NDVI, indicando vegetação persistente devido à infestação. O resultado mostrara redução média de produtividade nas áreas afetadas. O sensoriamento remoto demonstrou ser ferramenta eficiente para monitoramento agrícola, possibilitando detecção precoce da infestação e orientando estratégias de manejo mais eficazes. Estudos futuros podem aprimorar essa abordagem, ampliando a aplicação da tecnologia para diferentes estágios fenológicos e outras culturas afetadas por nematoides.

PALAVRAS-CHAVE: nematóide; análise espacial; impacto econômico.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro tornou-se nos últimos anos uma das principais commodities brasileiras, avançando no cerrado (ARAÚJO, 2017). O cultivo do algodoeiro ocorre no período de “segunda safra” ou “safrinha”, após a colheita de soja (LAMAS et al., 2017). Entretanto sequências de culturas suscetíveis atuam no aumento populacional de fitonematoides, conforme demonstrado por NOEL; EDWARDS (1996) para a associação soja x *H. glycines* e ASMUS; ISHIMI (2009) para a associação algodoeiro x *R. reniformis*.

Dessa forma, os nematoides têm se tornado cada vez mais relevantes no sistema produtivo e no cenário agrícola brasileiro, sendo considerados um dos principais problemas fitossanitários da sojicultura, com potencial para inviabilizar algumas áreas de cultivo (GRIGOLLI e ASMUS, 2014).

Mais de 4.100 espécies de nematoides parasitas de plantas foram descritas, sendo responsáveis pela diminuição do rendimento e da produção de uma variedade de culturas, incluindo grãos, frutas, vegetais e sementes oleaginosas (DECRAEMER & HUNT, 2006; NICOL et al., 2011). Uma vez infectadas, as plantas de algodão apresentam sintomas característicos, como atrofiamento, perda de brotos florais, distorções nas folhas e espessamento dos nós (FAVORETO et al., 2018).

Devido ao seu impacto econômico, *Aphelenchoides besseyi* foi listado entre os 10 principais nematoides parasitas de plantas (JONES et al., 2013). Embora seja um patógeno emergente, ele ainda é frequentemente negligenciado no Brasil, onde pode causar grandes perdas em culturas como feijão, soja e algodão e, em sistemas de cultivo intensivo com sucessão de plantas suscetíveis, o desafio é agravado pela escassez de ferramentas eficazes para seu manejo (SOUZA et al., 2022). As plantas de soja infectadas não amadurecem e permanecem verdes devido à retenção foliar (Favoreto & Meyer, 2019), possibilitando diferenciá-las das plantas saudáveis.

Nesse contexto, o avanço da tecnologia na agricultura de precisão torna-se cada vez mais indispensável, especialmente no uso do Sensoriamento Remoto (SR) para o monitoramento agrícola, permitindo a detecção de doenças e insetos vetores em diversas culturas (DENG et al., 2020).

O uso combinado de SR e do Sistema de Informação Geográfica (GIS) permite a criação de variáveis espaciais de interesse, que podem ser aplicadas em diversos

campos, como o monitoramento do crescimento de culturas e a detecção de estresse nas plantas (KINGRA et al., 2016).

Além disso, o SR, por meio da interação da radiação eletromagnética planta – sensor, apresenta elevado potencial para identificação das condições dos cultivos agrícolas, com avaliação não destrutiva, rápida e de baixo custo (CRUSIOL et al., 2017).

Testes de SR para monitorar a mosca-branca em soja mostraram que a reflectância das plantas varia conforme a infestação. A validação cruzada confirmou 91,98% de precisão na classificação (IOST FILHO, 2019).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de *A. besseyi* na produção de algodão via SR, testando as hipóteses de que: (i): a de que a presença do nematoide *Aphelenchoides besseyi*, exerce um impacto negativo significativo sobre o potencial produtivo da cultura de algodão; (ii) infestações resulta em desenvolvimento vegetativo anômalo levando a uma redução na produção da cultura. Para isso, o sensoriamento remoto e as ferramentas e métodos da geotecnologia darão suporte nas análises para alcance dos objetivos propostos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em Vilhena, Rondônia (12°51'24.09"S e 60° 7'15.64"O), em área focada no cultivo de soja e algodão, e foi selecionada devido à relevância da presença de *Aphelenchoides besseyi* nestas culturas, impactando a produtividade das lavouras. A área estudada abrange 266 hectares, com o plantio de algodão geralmente iniciado em meados de janeiro.

O Município possui o clima do tipo Aw - tropical chuvoso (KÖPPEN). Sendo quente durante todo o ano, com pequena amplitude térmica anual, e grande amplitude térmica diária, com período seco bem definido durante a estação de inverno. (GODINHO et al., 2002).

Os dados de produtividade que datam de 07 a 09 de agosto de 2021, foram extraídos do analisador de trabalho da plataforma Operations Center, que coleta informações dos monitores das máquinas agrícolas, e gera relatórios de colheita com dados de produtividade e coordenadas geográficas dos fardos de algodão. Esses da-

dos foram importados para o QGIS, aplicando-se a interpolação pelo método geoestatístico Krigagem Ordinária por variograma modelo linear, utilizando o plugin SmartMap. Para a renderização da banda, foram considerados valores de 4250 a 5000 kg/ha de algodão em caroço, correspondendo a produtividades de 283 e 333 @/ha, classificadas como médias baixas e excelentes, respectivamente.

Para a análise via sensoriamento remoto, foram utilizadas imagens do sensor MSI, a bordo do satélite Sentinel 2L2A, datadas de 5 de agosto de 2021, com resolução espacial de 10 metros e correção atmosférica, adquiridas gratuitamente na plataforma Copernicus Browser. As imagens coincidem com o final do ciclo da cultura na região e o período de colheita de algodão. Nesse estágio, as plantas doentes se destacam das saudáveis por continuarem em fase vegetativa.

Destaca-se que a escolha dos dados referentes ao ano de 2021 deve-se ao fato de ter sido um período marcado pelo pico de infestação do nematoide *Aphelenchoides* na área, o que possibilitou uma avaliação mais consistente e representativa dos impactos da praga sobre a produtividade.

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse et al., 1974) foi aplicado, visando gerar informações sobre a cultura.

Equação 1.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

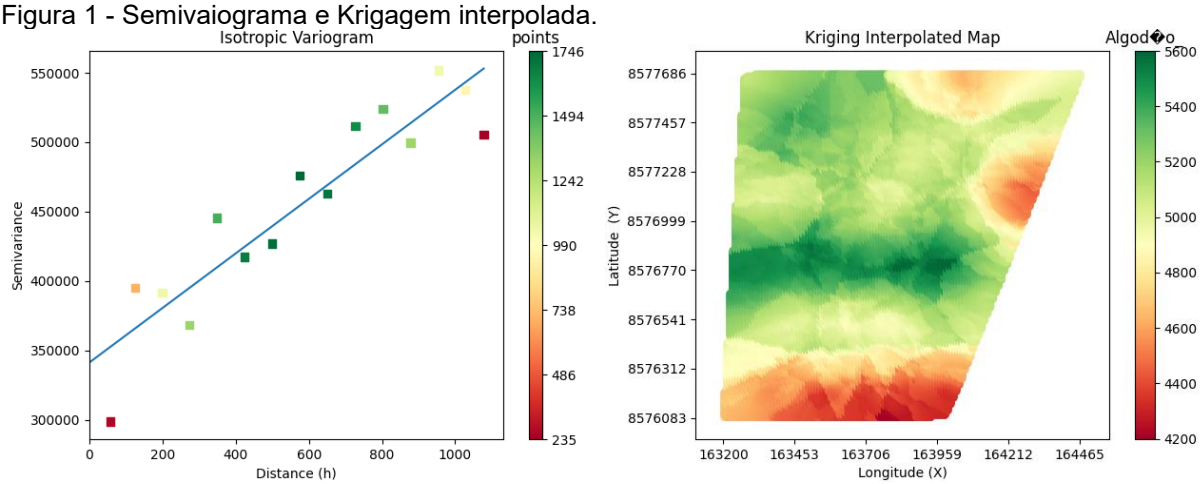
Fonte: Pereira (2013).

Onde NIR representa a reflectância no vermelho próximo e *RED* no vermelho visível, variando de -1 a 1. Valores próximos de -1 indicam água, neve, nuvens ou áreas sem vegetação; 0 solo exposto, áreas urbanas ou vegetação escassa; e 1, vegetação densa e saudável.

O raster de NDVI foi convertido em vetor (polígonos) no QGIS, e conjuntos de pixels com valores iguais foram mesclados em polígonos distintos, permitindo quantificar a extensão da vegetação mais densa, correspondente às áreas infestadas por *A. besseyi*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

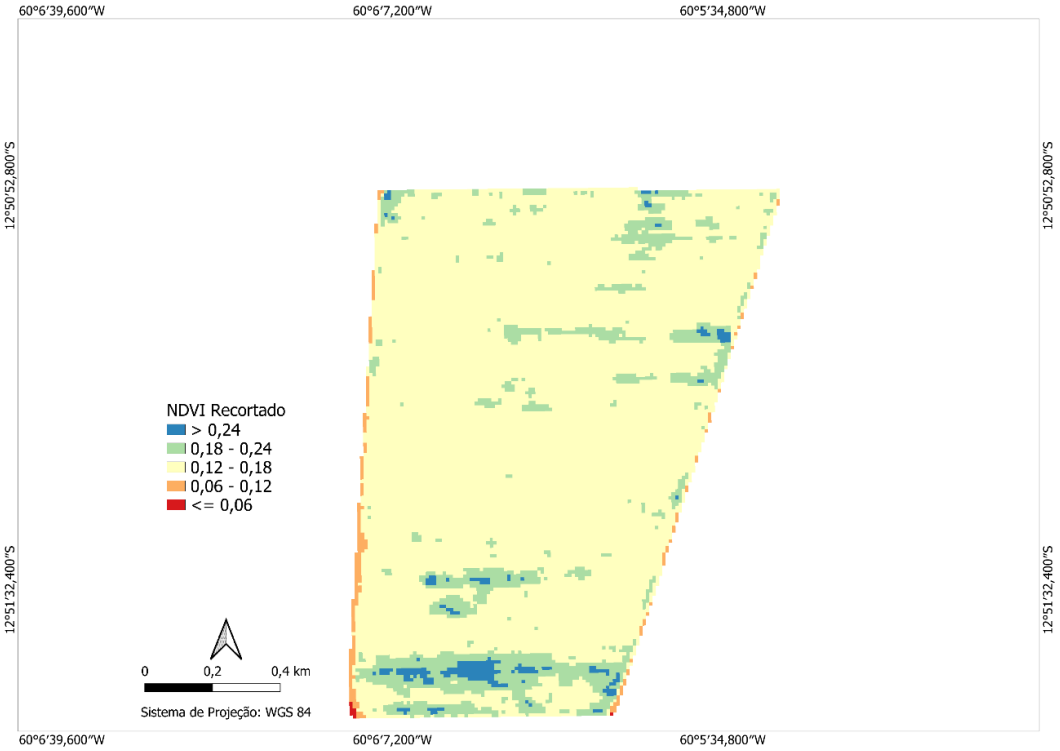
Figura 1 - Semivaiograma e Krigagem interpolada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme é possível observar no mapa de krigagem (figura 1), a variação de produtividade de algodão em caroço varia de 4200 a 5600 kg/ha. Já no mapa de produtividade renderizado (figura 2). a variação considerada foi entre 4250 e 5000 kg/ha de algodão em caroço ou 283 e 333@/ha.

Figura 2 - NDVI.

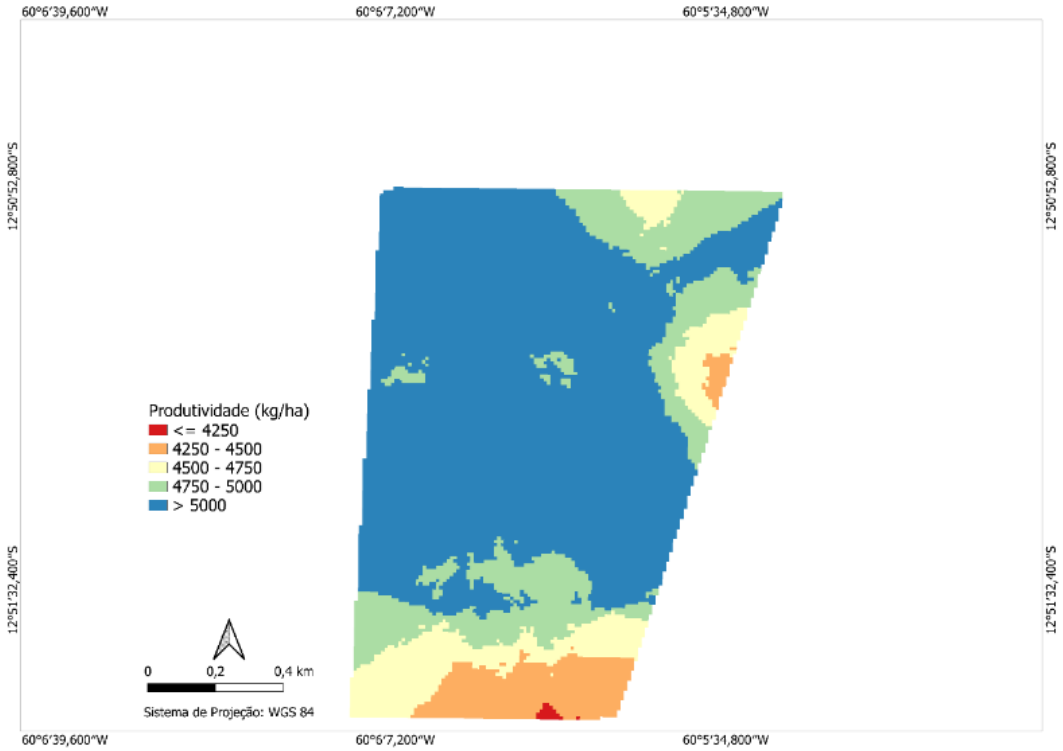


Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas infestadas por *A. besseyi* concentraram-se em regiões com produtividade abaixo de 4.500 kg/ha, totalizando 21,07 hectares, correspondentes a 7,92% da área de estudo. A produção média de outras áreas da fazenda considerando mesmo período e mesmas condições de solo, manejo e variedade, variou entre 278 e 340 @/ha. Assim, o potencial máximo de 340 @/ha não foi totalmente atingido, resultando em uma redução de aproximadamente 18% na produtividade. O mapa de NDVI indica que regiões de menor produtividade coincidem com locais onde as plantas permaneceram em estágio vegetativo até o final do ciclo, sendo a presença de *A. besseyi* a provável causa desse desempenho reduzido.

O mapa de NDVI indica valores médios variando de <= 0,06 até >0,24 (Figura 3), sendo que as áreas em que o NDVI apresentou valores acima de 0,18, somam em torno de 24 hectares. Corroborando com a visualização da presença de *Aphelenchoides* nas áreas afetadas, uma vez que as plantas saudáveis, nesse estágio, apresentaram valores de NDVI entre <=0,06 e 0,18. devido à senescência natural e desfolha.

Figura 3 - Produtividade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, as áreas com maior produtividade (> 5000 kg/ha, em azul) correspondem às áreas de menor NDVI, ou seja, regiões onde as plantas completaram seu

ciclo natural e foram colhidas no momento adequado, sem a interferência dos nematoides. Esses resultados indicam que, nas áreas não infestadas, as plantas seguiram seu ciclo fenológico esperado, refletindo em uma produção mais elevada. Condizendo com o resultado encontrados em Koenning et al., 1999; Lilley et al.,2011, nos quais o nematoide foi supostamente responsável por até 60% de perda de colheitas em alguns casos.

A análise comparativa entre os mapas de NDVI e produtividade demonstra uma correlação inversa significativa: onde o NDVI foi maior, indicando vegetação persistente devido à infestação de *Aphelenchoides*, a produtividade foi menor. Podendo ser explicado pelo fato de que a infestação do nematoide afeta o equilíbrio fisiológico da planta, prolongando seu crescimento vegetativo, o que compromete o desenvolvimento adequado dos frutos e resulta em uma colheita menos produtiva.

Esse comportamento está de acordo com os resultados relatados na literatura, como os apresentados por Favoreto et al. (2018), que relataram a ocorrência de *Aphelenchoides* em culturas de algodão no Mato Grosso, com sintomas semelhantes, como atrofiamento, distorção foliar e prolongamento do ciclo vegetativo. Tais sintomas são acompanhados por redução substancial na produtividade, em concordância com os dados deste estudo.

Os dados indicam que o sensoriamento remoto, por meio do NDVI, pode contribuir para a detecção das áreas afetadas, oferecendo uma ferramenta útil para o monitoramento e a gestão integrada de pragas. Corroborando com o resultado obtido por Riedell et al., 2005, que comprovaram eficácia do uso de sensoriamento remoto na identificação de pragas e doenças na aveia, a partir das características do dossel e diferenças de reflectância espectral no dossel.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de sensoriamento remoto e índices espectrais, como o NDVI, mostrou-se eficiente na detecção de áreas infestadas por *Aphelenchoides*, permitindo avaliar os impactos da praga sobre a produtividade e reforçando sua importância no apoio ao manejo integrado de pragas em culturas de algodão.

A partir dessa abordagem, recomenda-se a aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto em diferentes fases do ciclo da cultura, possibilitando acompanhar a

evolução da infestação e seu efeito em cada estágio de desenvolvimento das plantas. Os dados obtidos podem orientar medidas corretivas mais precisas, como o uso racional de nematicidas, a adoção da rotação de culturas ou a implementação de estratégias de controle biológico. Além disso, o uso de mapeamento detalhado favorece intervenções localizadas, que reduzem custos, otimizam recursos e minimizam os impactos ambientais associados ao controle químico. Por fim, destaca-se a importância de ampliar estudos que integrem análises espaciais e dados de campo, de modo a fortalecer o monitoramento e a prevenção de infestações por nematoides.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. O QNP e as dificuldades de construção do objeto de ensino. **Revista Delta**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1–23, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/delta/a/WQW7zNGPVBXSVghmTggvJvy/?format=pdf. Acesso em: 18 set. 2025.

ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. Flutuação populacional de Rotylenchulus reniformis em solo cultivado com algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 51–57, 2009.

CRUSIOL, L. G. T.; NANNI, M. R.; FURLANETTO, R. H.; SILVA, G. F. C.; SILVA, M. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; MERTZ-HENNING, L. M.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do déficit hídrico na cultura da soja. In: **XII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja**, 2017, Londrina, PR. p. 119. Embrapa Soja, 2017.

DECRAEMER, W.; HUNT, D. J. Structure and classification. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds.). **Plant Nematology**. Wallingford, Oxfordshire, Reino Unido: CAB International, 2006. p. 3–32.

DENG, X. L.; ZHU, Z. H.; YANG, J. C.; et al. Detection of Citrus Huanglongbing based on multi-input neural network model of UAV hyperspectral remote sensing. **Remote Sensing**, v. 12, p. 2678, 2020.

FAVORETO, L.; FALEIRO, V. O.; FREITAS, M. A.; BRAUWERS, L. R.; GALBIERI, R.; HOMIAK, J. A.; et al. Primeiro relato de *Aphelenchoides besseyi* infectando a parte aérea de plantas de algodão no Brasil. **Plant Disease**, v. 102, p. 2662–2667, 2018.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. O nematoide da haste verde. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 11 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 147).

GODINHO, V. P. C.; UTUMI, M. M.; SILVA, M. J. G. da. Aspectos agroclimáticos do município de Vilhena-RO. Porto Velho, RO, 2002. ISSN 0103-9865.

GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. In: **Tecnologia e Produção: Soja 2013/2014. Nematoides da soja**, 2014. p. 194. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/985986/1/cap.9.pdf. Acesso em: 23 out. 2024.

IOST FILHO, F. H. Sensoriamento remoto para monitoramento de mosca branca, *Bemisia tabaci* biótipo B (*Hemiptera: Aleyrodidae*) em soja. 2019. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. doi:10.11606/D.11.2019.tde-14052019-164149.

JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G.; et al. Os 10 principais nematoides parasitas de plantas em patologia molecular de plantas. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, p. 946–961, 2013.

KINGRA, P. K.; MAJUMDER, D.; SINGH, S. P. Application of remote sensing and GIS in agriculture and natural resource management under changing climatic conditions. **Agricultural Research Journal**, v. 53, n. 3, p. 295–302, 2016.

KOENNING, S. R.; OVERSTREET, C.; NOLING, J. W.; DONALD, P. A.; BECKER, J. O.; FORTNUM, B. A. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States in 1994. **Journal of Nematology**, v. 31, p. 587–618, 1999.

LAMAS, F. M.; BARCELLOS, A. C. de; SOFIATTI, V. Cultura do algodão no Cerrado. In: **Sistema de Produção**, 2. ed. p. 11. Embrapa Algodão, 2017. ISSN 1678-8710.

LILLEY, C. J.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. Culturas GM resistentes a nematoides em países industrializados e em desenvolvimento. In: JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. (Eds.). **Genômica e genética molecular de interações planta-nematoide**. Springer, 2011. p. 517–541. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_24. Acesso em: 14 out. 2024.

NICOL, J. M.; TURNER, S. J.; COYNE, D. L.; DEN NIJS, L.; HOCKLAND, S.; MAAFI, Z. T. Current nematode threats to world agriculture. In: JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. (Eds.). **Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions**. Springer, 2011. p. 21–43.

NOEL, G. R.; EDWARDS, D. I. Population development of *Heterodera glycines* and soybean yield in soybean-maize rotations following introduction into a non-infested field. **Journal of Nematology**, v. 28, n. 3, p. 335–342, 1996.

RIEDELL, W. L.; OSBORNE, L. E.; HESLER, L. S. Canopy reflectance spectra of oats damaged by greenbugs, Russian wheat aphids, and barley yellow dwarf virus. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 4, p. 1168-1176, 2005. DOI: https://doi.org/10.2134/agronj2004.0224

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. NASA SP-351, Vol. 1, p. 309–317, 1974.

SOUZA, V. H. M.; PHILADELPHI, S. M.; GALBIERI, R.; SONAWALA, U.; EVES-VAN DEN AKKER, S. An emergent plant-parasitic nematode in Brazil: *Aphelenchoides besseyi*. Current status and research perspectives. **Journal of Nematology**, v. 54, e2022-68, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.21307/jofnem-2022-068. Acesso em: 14 out. 2024.