

MonitoraOeste – Mobile App com alerta de ocorrência de pragas e doenças na soja e algodão e indicadores agrometeorológicos

MonitoraOeste – Mobile App with alert on the occurrence of pests and diseases in soybeans and cotton and agrometeorological indicators

MonitoraOeste – App Móvil con alerta sobre ocurrencia de plagas y enfermedades en soja y algodón e indicadores agrometeorológicos

DOI: 10.55905/oelv22n5-022

Receipt of originals: 04/02/2024

Acceptance for publication: 04/22/2024

Janice Freitas Leivas

Doutora em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: janice.leivas@embrapa.br

Antônio Heriberto de Castro Teixeira

Doutor em Ciências Ambientais pela Wageningen University Holanda

Instituição: Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Endereço: São Cristóvão, Sergipe, Brasil

E-mail: heriberto@academico.ufs.br

Celina Maki Takemura

Doutora em Ciências da Computação pela Universidade de São Paulo (USP)

Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: celina.takemura@embrapa.br

Júlio Cesar Bogiani

Doutor em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista (FCA - UNESP)

Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)

Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil

E-mail: julio.bogiani@embrapa.br

Paulo Augusto Vianna Barroso

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP)
Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)
Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: paulo.barroso@embrapa.br

Edlene Aparecida Monteiro Garçon

Graduada em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP)
Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)
Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: edlene.garcon@embrapa.br

Davi de Oliveira Custódio

Graduado em Tecnologia e Processamento de Dados pelo Centro Universitário Uniesp
Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)
Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: davi.custodio@embrapa.br

Fernando Paim

Graduado em Tecnologia em Processamento de Dados pela Universidade de Uberaba
(UFU)
Instituição: Embrapa Territorial (CNPM – EMBRAPA)
Endereço: Campinas, São Paulo, Brasil
E-mail: fernando.paim@embrapa.br

RESUMO

O MonitoraOeste é um aplicativo desenvolvido para monitorar e emitir alertas sobre o avanço da ferrugem da soja e da mancha de ramulária do algodão em lavouras do Oeste da Bahia. Os alertas emitidos apontam os locais de ocorrência, trazendo informações atualizadas em tempo real e revelam se as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento de pragas e doenças, com informações sobre a presença e a dispersão de esporos. No app mobile também estão disponibilizados índices agrometeorológicos, como evapotranspiração, biomassa, NDVI e eficiência no uso da água. Com o MonitoraOeste, os produtores agrícolas e os tomadores de decisão tem acesso a informações complexas, de forma simplificada. A tecnologia auxilia na segurança fitossanitária das lavouras de soja e algodão da região, possibilitando a redução do custo de produção e o impacto ambiental das culturas, considerando as condições climáticas e permitindo um melhor monitoramento das lavouras durante seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Fitossanidade, Ferrugem Asiática, Bicudo-do-Algodoeiro, Monitoramento Agrícola.

ABSTRACT

MonitoraOeste is a system developed to monitor and issue alerts on soybean rust and Ramularia leaf spot in cotton crops at Western Bahia, Brazil. Its mobile app features spectral agrometeorological indices such as evapotranspiration, biomass, NDVI and water-use efficiency. Its warnings are issued to disclose locations of occurrence and real-time / up-to-date information to reveal if weather conditions are favorable for the development of plagues and diseases, and to provide users with information on the presence and dispersion of spores. Farmers and decision makers have access to complex information which are offered in a simple form, in order to aid phytosanitary measures for the region's soybean and cotton crops. By considering the local weather conditions, these crops' production costs and environmental impacts are reduced and their development is better monitored. Keywords - phytosanity, soybean rust, Ramularia leaf spot, agricultural monitoring.

Keywords: Fitossanidade, Ferrugem Asiática, Mancha Ramulária, Monitoramento Agrícola.

RESUMEN

MonitoraOeste es una aplicación desarrollada para monitorear y emitir alertas sobre la propagación de la roya de la soja y la mancha de ramularia del algodón en cultivos del oeste de Bahía. Las alertas emitidas señalan los lugares de ocurrencia, brindan información actualizada en tiempo real y revelan si las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de plagas y enfermedades, con información sobre la presencia y dispersión de esporas. La aplicación móvil también proporciona índices agrometeorológicos, como evapotranspiración, biomasa, NDVI y eficiencia en el uso del agua. Con MonitoraOeste, los productores agrícolas y tomadores de decisiones tienen acceso a información compleja de forma simplificada. La tecnología coadyuva en la seguridad fitosanitaria de los cultivos de soja y algodón de la región, permitiendo reducir los costos de producción y el impacto ambiental de los cultivos, considerando las condiciones climáticas y permitiendo un mejor seguimiento de los cultivos durante su desarrollo.

Palabras clave: Sanidad Vegetal, Roya Asiática, Picudo del Algodón, Seguimiento Agrícola.

1 INTRODUÇÃO

A mesorregião Extremo Oeste Baiano, é um polo de produção agrícola de grande importância nacional, onde encontram-se extensas áreas de produção de soja e algodão (CONAB, 2022). As doenças fúngicas são consideradas um grande problema para a

estabilidade produtiva dessas culturas. Na soja, a ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é uma das mais importantes doenças da cultura no Brasil e no mundo, por sua severidade e ampla distribuição (Richetti et al., 2010; Godoy et al., 2016; Mello et al, 2021). Esta doença causa desfolha precoce da planta, comprometendo a formação e o enchimento das vagens, e prejudicando a produtividade com redução de 10% a 90% nas diversas regiões geográficas onde foi relatada (Yorinori et al.2005; Hartman et al, 2015). No algodão, a mancha de ramulária é atualmente a doença mais comum nas principais regiões produtoras do Brasil. As perdas na produção decorrentes da mancha de ramulária podem ser expressivas se intervenções de controle não forem adotadas em tempo hábil (Chitarra et al., 2005).

Nos últimos anos, no oeste da Bahia, as culturas irrigadas substituíram a vegetação natural rapidamente. Essa mudança no uso da terra destaca a importância do desenvolvimento e ferramentas para quantificação de aplicações de parâmetros de produtividade da água em larga escala, permitindo a análise dinâmica de agro-ecossistemas mistos (Teixeira et al., 2015).

Considerando os efeitos das mudanças no uso da terra nos perímetros de irrigação, é importante o desenvolvimento e a aplicação de ferramentas para quantificar parâmetros agrometeorológicos, avaliando a dinâmica de sistemas agrícolas, acompanhando o desenvolvimento das lavouras, como as áreas irrigadas no oeste da Bahia.

Diante disso, foi construído o mobile app *MonitoraOeste*, visando monitorar e emitir alertas sobre o avanço da ferrugem da soja e da mancha de ramulária do algodão em lavouras do Oeste da Bahia, assim como informações sobre a dinâmica da vegetação natural e das culturas irrigadas ao longo do ciclo da cultura, como evapotranspiração (ET), biomassa (BIO), produtividade da água (PA) e NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). A metodologia utilizada foi o algoritmo SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) para obtenção de indicadores agrometeorológicos espectrais. Para a aplicação do modelo são necessários dados de estações meteorológicas, disponibilizados pelo INMET, e imagens do satélite MODIS, com resolução espacial de 250m e temporal de 16 dias.

A tecnologia está disponível em versões para dispositivos móveis - nas lojas da Apple e da Google - e para Web - na página da Embrapa. Dentro do sistema, os dados estão organizados em mapas, tabelas, gráficos e registros das doenças. Os alertas emitidos apontam os locais de ocorrência - trazendo informações atualizadas em tempo real por uma rede de colaboradores itinerantes, e revelam se as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento da ferrugem e da mancha de ramulária, com informações sobre a presença e a dispersão de esporos.

O aplicativo apresenta funcionalidades como ocorrências e alertas de doenças, apresentados em gráficos e mapas, localização de armadilhas para esporos e bicudo, favorabilidade para doenças e índices agrometeorológicos espectrais.

Tecnologia emite três níveis de alerta: ocorrências de doenças, condições climáticas favoráveis para as ocorrências e ocorrências e dispersão de esporos no ar. O usuário pode filtrar resultados por municípios, regiões, tipo de doença e safra.

Agressivas, as enfermidades impactam a produtividade das propriedades agrícolas provocando perdas estimadas em 30%, na cotonicultura, e de até 80%, na sojicultura.

O bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) é considerada uma das principais pragas da cotonicultura brasileira devido aos danos causados à dificuldade de seu controle, causando queda ou até mesmo a quebra da produção (Braga Sobrinho e Lukefahr, 1983). É considerado uma praga-chave à cotonicultura brasileira pois pode causar perdas de 100% da produção, caso as medidas de manejo não sejam adequadas (Praça *et al.*, 2007). Como o algodão é uma cultura importante economicamente, sendo os estados do Mato Grosso e Bahia os responsáveis por mais de 89% da produção nacional e 80% da exportação nacional, o monitoramento e predição da distribuição da praga bicudo-do-algodoeiro, tem grande valia para os produtores rurais.

A referida praga assumiu em 2015 o status de uma das oito pragas de maior risco fitossanitário das principais culturas agrícolas nacionais (Fonseca *et al.*, 2008; MAPA, 2015). Os danos causados por *A. grandis* são observados principalmente nos botões florais e maçãs devido aos orifícios deixados pelos adultos durante alimentação e oviposição. Depois de eclodirem, as larvas migram para dentro do botão ou da maçã, nas quais destroem as fibras e as sementes, tornando-as enegrecidas (Praça *et al.*, 2007).

Além da alta capacidade reprodutiva, *A. grandis* apresenta diapausa, estado fisiológico no qual ocorre uma paralisação do sistema reprodutivo e acumulação de lipídeos no corpo, com objetivo de sobreviver durante a entressafra frente a situações climáticas desfavoráveis (Guerra, 1986; Gabriel, 2016). Sendo assim, a destruição parcial, e não total, dos restos de cultura é um dos principais fatores que permitem a sobrevivência do inseto nesse período. De acordo com IMAMT (2015), apesar de ter preferência por plantas do gênero *Gossypium*, *A. gradis* é capaz de desenvolver-se em outras 104 espécies de plantas da família Malvaceae. Tal problema foi intensificado após a introdução do algodão geneticamente modificado, o qual apresenta uma maior dificuldade na eliminação no campo após a colheita, por ser mais resistente quando comparado ao convencional, o que acarreta na rebrota de plantas de algodão transgênicas em meio às lavouras das seguintes culturas, impedindo o vazio sanitário e, consequentemente, a eliminação de pragas (Alves *et al.*, 2012).

O atual desafio do cotonicultor brasileiro é conviver com a praga de maneira a obter o mínimo de dano econômico manejando as pragas de modo economicamente viável, dentro da filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (IMAMT, 2015).

O objetivo da plataforma é disponibilizar informações adequadas para que o possa racionalizar e reduzir o uso de defensivos agrícolas, assim como uso racional da água, diminuindo custos e impactos ambientais, através do acompanhamento da dinâmica da vegetação ao longo do ciclo das culturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o oeste da Bahia (Figura 1). Segundo a classificação de Koeppen, o clima da área de estudo é Aw, típico da savana, com inverno seco e temperatura média do ar no mês mais frio acima de 18 ° C e precipitação de 1800 mm .

O mapa de favorabilidade foi construído a partir de modelo matemático [8] baseado em dados meteorológicos históricos e visa prever as condições favoráveis para ocorrência de pragas (como o bicudo do algodão). Com base nos dados meteorológicos, que são atualizados diariamente, o modelo prevê se as condições são propícias para ocorrência da referida praga. Com isso, o produtor pode otimizar as práticas agrícolas, visando economia de insumos e práticas conservacionistas, com menor consumo de insumos na lavoura.

REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA, Curitiba, v.22, n.5, p. 01-20. 2024.

da água (PA), em larga escala. Os parâmetros calculados por sensoriamento remoto para entrada nos modelos foram o albedo da superfície (α_0), a temperatura da superfície (T_s) e o NDVI. A ET é obtida pela aplicação do algoritmo SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) (Teixeira, 2012). A linguagem de programação Python é usada para processar o modelo, assim como para emissão de alertas para pragas e doenças (ramulária e ferrugem asiática), sendo disponibilizadas via app mobile ou WebGIS.

O MonitoraOeste foi implementado em linguagem Python, através de script que permite a verificação e download da última imagem MODIS disponível, na USGS, assim como extração das bandas infravermelho e visível, utilizando a ferramenta gdalwarp (<https://gdal.org/programs/gdalwarp.html>), para o cômputo dos valores de NDVI e albedo, servindo de entrada no modelo SAFER. O script também busca de dados de todas as estações automáticas disponíveis no INMET, via API (<https://portal.inmet.gov.br/manual/manual-de-uso-da-api-esta%C3%A7%C3%B5es>), para composição de 16 dias, referentes à imagem MODIS coletada. É realizado o pré-processamento dos dados brutos (precipitação, pressão atmosférica, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento). É realizada a filtragem de dados espúrios e estações com dados faltantes. Com esses dados, é calculada a evapotranspiração (ET), pelo método de Penman Monteith. Após essas análises, o script processa o modelo agrometeorológico espectral SAFER, sendo os parâmetros agrometeorológicos disponibilizados em aplicativo para celular. O App mobile MonitoraOeste está sendo disponibilizado nas plataformas IOS e Android.

Para fins de atualização do sistema, foram obtidas correlações entre a distribuição e ocorrência da praga bicudo-do-algodoeiro com os dados do INMET e modelo Global de Previsão Climática do Centro Europeu para Previsão do Tempo de Médio-Prazo (ECMWF), através de condições termohídricas e agrometeorológicas, do oeste da Bahia. Foram obtidos dados de 518 armadilhas do bicudo-do-algodoeiro, na região produtora de algodão, do período de 2019 a 2022, disponibilizadas pela Associação Baiana de Produtores de Algodão (ABAPA). Os dados meteorológicos e de registro das armadilhas foram processados em linguagem Python, sendo obtidas correlações e probabilidades de ocorrência da praga. Os resultados são preliminares, já que a série de dados de ocorrência

da praga é muito curta (3 anos de dados de armadilha em campo) para elaboração de Modelo de Distribuição de Espécie (MDE).

Foram utilizados dados meteorológicos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de reanálise do Modelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), como temperatura do ar, umidade relativa, precipitação pluvial, pressão atmosférica, radiação solar e velocidade do vento. Também foram obtidas imagens do satélite MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer), referente aos produtos índices de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e EVI (Enhanced Vegetation Index).

Dados de armadilhas de bicudo-do-algodoeiro, como ocorrência, local e ausência da praga, foram disponibilizadas pela Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA). A instalação de armadilhas para registrar a ocorrência de bicudo-do-algodoeiro começou em 2019, sendo instaladas até 2022, 518 armadilhas. O período de dados obtidos através de armadilhas para o bicudo do algodoeiro foi de janeiro de 2019 a janeiro de 2023.

O monitoramento das armadilhas para o bicudo-do-algodão começa no início do vazio sanitário, em 1º de setembro e finaliza no dia 20 de novembro, de cada safra. Os registros são semanais, totalizando 11 anotações da quantidade de insetos capturadas.

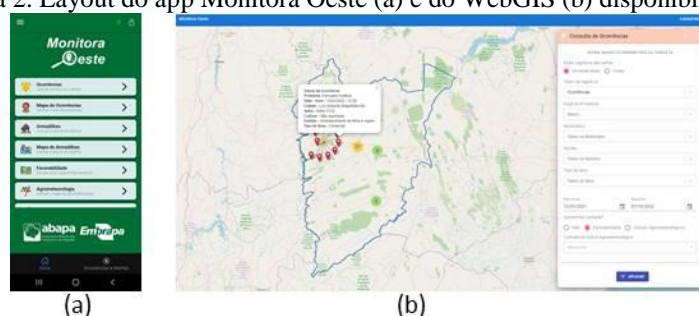
Como os dados de ocorrência do bicudo do algodoeiro são semanais, os dados meteorológicos foram organizados em base semanal, para coincidir com a base temporal das armadilhas, sendo calculados dados médios, acumulados, máximos e mínimos, das seguintes variáveis meteorológicas e agrometeorológicas espectrais.

Foram realizadas correlações entre os dados de ocorrência de bicudo-do-algodoeiro, registradas pelas armadilhas instaladas em áreas de lavoura de algodão, com dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET, assim como as saídas do modelo global de clima ECMWF, disponibilizadas em uma grade de 2,5° por 2,5° (cerca de 280 km). Também foram obtidas as probabilidades de ocorrência do bicudo-do-algodoeiro, baseado em dados de reanálise do modelo climático ECMWF. O processamento dos dados foi realizado em linguagem de programação Python.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

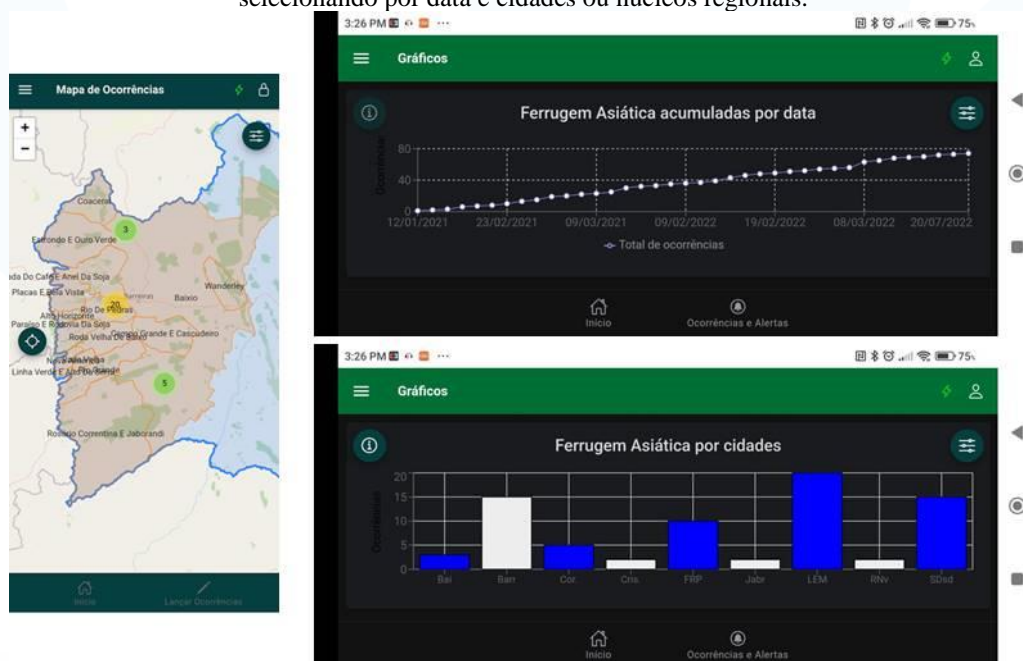
Nas Figuras 2, 3 e 4, são apresentados os layouts do AppMobile MonitoraOeste, disponível para plataformas Android e IOS, assim como WebGIS, disponível na página da Embrapa (https://mapas.cnpm.embrapa.br/apps/monitora_oeste/#/home)

Figura 2. Layout do app Monitora Oeste (a) e do WebGIS (b) disponibilizados.



Fonte: Autores

Figura 3. Layout do alerta de ocorrência de ferrugem asiática, distribuídos espacialmente e por gráfico, selecionando por data e cidades ou núcleos regionais.



Fonte: Autores

Na Figura 3, são apresentados os alertas para ocorrência de doenças, georreferenciados, no app Monitora Oeste. Os alertas estão organizados em três níveis: ocorrências de doenças, condições climáticas favoráveis para as ocorrências e condições climáticas favoráveis para a dispersão de esporos no ar. O primeiro nível mostra onde foram identificadas plantas infectadas. Os dados são expressos em mapas e gráficos. O levantamento das informações em campo segue o método tradicional de observação, com o monitoramento realizado por uma rede de colaboradores já atuante na região. As equipes são formadas por produtores locais, técnicos da Abapa, da Embrapa e de parceiros, que percorrem as lavouras dos municípios e dos núcleos regionais do oeste baiano, e verificam se há a presença de doenças nas plantas. Os núcleos regionais foram criados pela Abapa em seu programa fitossanitário. São zonas produtivas delimitadas com o intuito de facilitar o trabalho de monitoramento das lavouras, tendo em vista a vasta extensão dos municípios do oeste baiano. Cada um dos 16 núcleos possui uma equipe própria responsável por rondar as propriedades agrícolas. Ao identificar focos das doenças, eles fazem o registro e lançam no sistema, chegando ao celular do usuário instantaneamente. O mapa de armadilhas é sobreposto sobre a informação de favorabilidade. O mapa de favorabilidade é explicitado de duas maneiras: alta favorabilidade (em amarelo) e baixa favorabilidade (verde)

Os técnicos cadastrados atualizam semanalmente as armadilhas, coletando material para averiguação em laboratório e registrando a ocorrência das pragas, nos locais georreferenciados em que foram instaladas as armadilhas.

Figura 4. Layout do mapa de favorabilidade para ocorrência de pragas e doenças para a soja e algodão, no oeste da Bahia.



Fonte: Autores

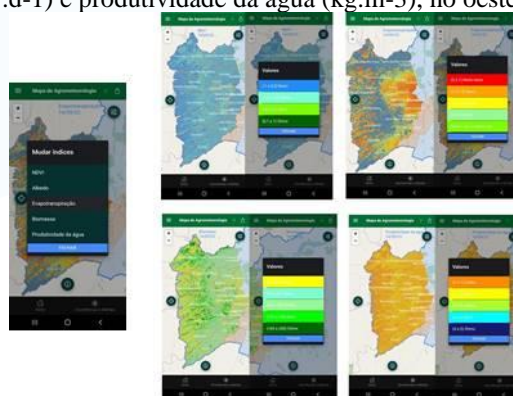
Na Figura 4, observa-se o mapa de favorabilidade para o surgimento e para o desenvolvimento das doenças. O filtro favorabilidade mostra sobre o mapa se existe alto ou baixo risco de proliferação dos agentes causadores da mancha de ramulária e da ferrugem asiática pelas plantações de acordo com as condições do clima. Para esse nível de alerta, o aplicativo utiliza o banco de dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia ([Inmet](#)), com atualização diária e em tempo real. Ressalta-se que as condições meteorológicas que propiciam a dispersão e ocorrência de doenças na soja e algodão são umidade e molhamento foliar. Porém para que os esporos obtenham sucesso na dispersão pela região, é necessário haver tempo seco, condições meteorológicas recorrentes no oeste baiano (dias secos e noites úmidas).

O sistema também reúne dados da presença de esporos na região a partir de 44 armadilhas georreferenciadas, distribuídas pelos núcleos regionais.

Semanalmente, uma equipe coleta as lâminas das armadilhas e levam-nas ao laboratório para análise. Salienta-se que a dispersão dessas partículas na lavoura, com condições meteorológicas favoráveis, facilita a germinação e infecção das plantas, acarretando prejuízos aos produtores, com diminuição de produtividade. Dentro do sistema, os

mapas das armadilhas são sobrepostos ao mapa da favorabilidade climática, facilitando ao usuário compreender o risco de disseminação.

Figura 5. Layout dos indicadores agrometeorológicos espectrais obtidos como NDVI, ET (mm), biomassa (Kg.ha⁻¹.d⁻¹) e produtividade da água (kg.m⁻³), no oeste da Bahia.



Fonte: Autores

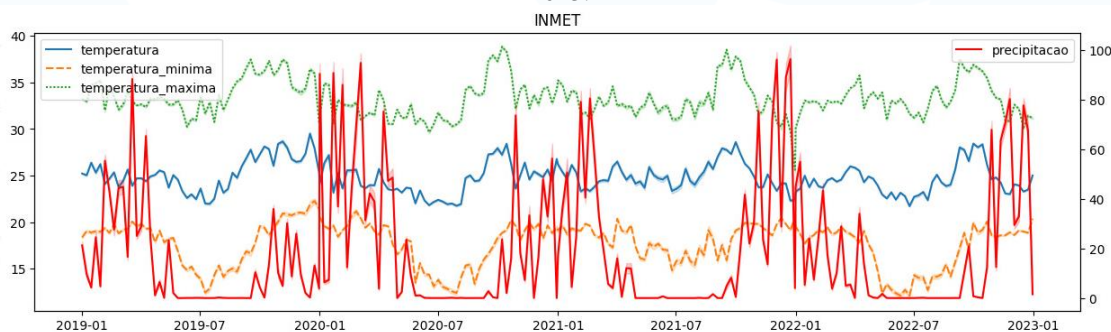
Na Figura 5, são apresentados os índices agrometeorológicos espectrais obtidos através do processamento do modelo SAFER, junto com imagens do satélite MODIS e dados meteorológicos do INMET, como o NDVI, evapotranspiração (mm), biomassa (Kg.ha⁻¹.d⁻¹) e produtividade da água (kg.m⁻³), no oeste da Bahia. Observa-se que os indicadores agrometeorológicos apresentam valores baixos, devido ao início do ciclo das culturas, com período de plantio e emergência das culturas NDVI, sendo observado que os valores do índice variam de baixo (NDVI<0,2) a médio (0,2 a 0,4), indicando baixa cobertura vegetal, devido ao período de plantio e emergência das culturas de verão (predominantemente soja).

Na Figura 6, pode-se observar a série temporal de dados decendiais de temperatura média, máxima e mínima (°C), e precipitação pluvial (mm). No período de 2019 a 2023, observa-se que a temperatura média variou de 22 a 30°C, sendo que a temperatura mínima chegou a 15°C e a máxima de 38 °C, sendo o período mais quente entre início de setembro e fim de outubro. A precipitação concentrou-se no período entre os meses de novembro e fevereiro, com precipitação média decendial de 90 mm, devido ao verão chuvoso. Já no inverno, foram registrados índices pluviométricos muito baixos ou nulos, entre maio a setembro, com menores índices no mês de julho.

O desenvolvimento do bicudo e o crescimento de suas populações são influenciados por condições climáticas. A umidade relativa alta e temperatura entre 24 e 35°C são favoráveis ao desenvolvimento da praga, porém a baixa umidade é fator importante de mortalidade, principalmente para os estádios imaturos. A mortalidade de embriões é maior na faixa de temperatura de 25 a 30°C, havendo diminuição da viabilidade de larvas e pupas à medida que a temperatura aumenta, sendo que há uma queda brusca em temperaturas acima de 30°C, sendo considerado o limiar térmico superior de desenvolvimento de bicudo-do-algodoeiro (Greenberg et al. (2007).

No oeste da Bahia, as altas temperaturas registradas são ótimas para a sobrevivência do bicudo-do-algodoeiro. Com a ocorrência das chuvas, no período de novembro a janeiro, prejudica o uso de inseticidas para o controle do inseto. Se possível, seria recomendado adiar o plantio para fim de outubro, para evitar o período de emergência da praga, pois sem alimento disponível no campo, como botões florais, o bicudo não sobreviveria.

Figura 6 – Série temporal de dados meteorológicos disponibilizados pelo INMET, de janeiro de 2019 a 2023.



Fonte: Autores

Os resultados de acurácia médias e desvio-padrão, são apresentados na Tabela 1. As correlações obtidas entre os dados ambientais e de ocorrência de bicudo-do-algodoeiro, divididos em 5 treinamentos e 5 validações com a ocorrência da praga, para cada um dos algoritmos de classificação (Random Forest (RF), Extra Trees (et), XGB (xgb), LGBM (lgbm)), sendo consideradas 2 classes (ocorrência/não ocorrência), usando validação 5-folds. Observa-se que a acurácia dos modelos é considerada boa, com

crossvalidation de aproximadamente 85,48 e desvio-padrão de +/- 8,76. Como a série de dados de ocorrência é pequena, para elaboração de Modelo de Distribuição de Espécies (MDE), ao realizar a validação (cross validadion), deve ocorrer overfitting, ou seja, o modelo de aprendizado de máquina fornece previsões precisas para dados de treinamento, mas não para novos dados. Com uma série mais longa de registros de armadilhas, poderão ser realizadas novas relações das variáveis termohídricas e o registro da praga, sendo elaborado um modelo de distribuição do bicudo-do-algodoeiro.

Tabela 1 – Algoritmos de classificação de dados ambientais e de ocorrência do bicudo-do-algodoeiro

Classificador	Acurácia Média	Desvio-padrão
Random Forest (RF)	82,39	+/- 13,87
Extra Tree (et)	81,29	+/- 13,24
XGB (xgb)	84,39	+/- 9,89
LGBM (lgbm)	85,48	+/- 8,76

Fonte: Autores

Na Figura 7, observa-se a correlação entre as principais variáveis termohídricas e agrometeorológicas espectrais, que possuem interferência na manutenção e distribuição da praga, como temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho, precipitação, assim como índices de vegetação NDVI e EVI. As variáveis termohídricas possuem alta correlação entre si, devido à dependência e relação física entre elas. Porém, quando é calculada a correlação com dados de ocorrência de bicudo, observa-se valores menores que 0,4. Como a série de dados de armadilhas do inseto é muito curta para obtenção de valores estatísticos robustos, acredita-se que ampliando a série para períodos mais longos, em com a precipitação e fraca correlação com a temperatura. torno de 10 anos, será possível realizar o Modelo de Distribuição da Espécie (MDE), enfatizando as variáveis que possuem maior interferência no comportamento do bicudo-do-algodoeiro. Segundo Del Ponte e colaboradores (2006a e 2006b), as epidemias no Brasil têm uma forte correlação.

É importante ressaltar que os resultados encontrados são, naturalmente, afetados pela distância entre o local de registro da armadilha para o bicudo-do-algodoeiro e o local do ponto de grade mais próximo disponibilizado pelo modelo climático, já que a resolução do modelo ECMWF é de aproximadamente 285km.

Figura 7 – Correlação entre principais dados climáticos e ocorrência de bicudo-do-algodoeiro.

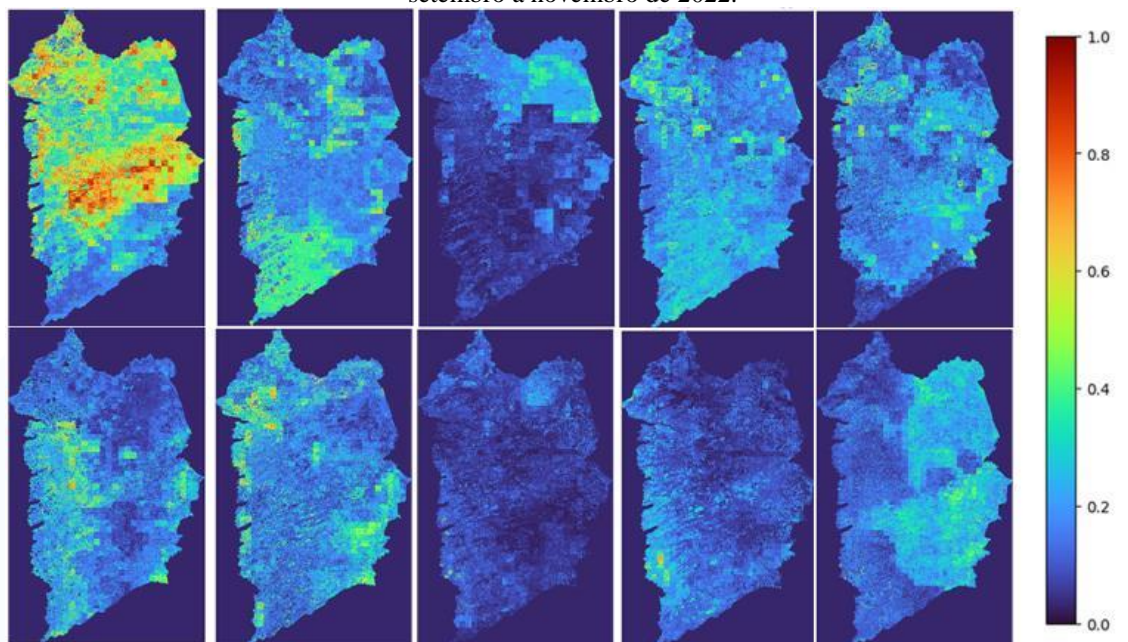


Fonte: Autores

Na Figura 8, observa-se a probabilidade de ocorrência da praga bicudo do algodoeiro, baseado nos dados meteorológicos observados, no período de registro da praga nas armadilhas. Observa-se que há baixa probabilidade de ocorrência, acredita-se que seja devido à pequena série de dados de ocorrência pois para gerar modelo de distribuição de espécie, sendo necessário uma série longa.

Apesar do monitoramento ser incipiente, apenas três anos de dados, infere-se que com o monitoramento mais longo da ocorrência de pragas, com a metodologia proposta seja possível realizar inferências robustas sobre a ocorrência do bicudo-do-algodoeiro.

Figura 8 – Probabilidade máxima de ocorrência de bicudo-do-algodoeiro, referente ao período de setembro a novembro de 2022.



Fonte: Autores

Importante salientar que o período de captura de insetos nas armadilhas ocorre no período de vazio sanitário, período em que os valores dos índices de vegetação NDVI e EVI são baixos, devido ao período de solo exposto ou palhada na lavoura. Importante que os restos culturais e plantas voluntárias de algodão (plantas tiguerras) sejam eliminadas, por período mínimo de 60 dias, evitando a sobrevivência e reprodução do bicudo. O vazio sanitário da cultura do algodão está compreendido entre o prazo final legal para a destruição de restos culturais e o início do calendário de semeadura da nova safra.

Os resultados são preliminares, já que a série de dados de ocorrência da praga é muito curta (3 anos de dados de armadilha em campo) para elaboração de Modelo de distribuição de espécie (MDE). Com o monitoramento de longo prazo, ampliando a série de dados, maiores correlações podem ser obtidas, permitindo realizar inferências sobre o controle da praga bicudo-do-algodoeiro, auxiliando na redução de prejuízos econômicos causados pelo inseto, nas lavouras.

A vantagem de usar imagens de satélite é que o produtor pode acompanhar o desenvolvimento das lavouras, em larga escala, podendo avaliar o vigor e uniformidade das plantas, de maneira remota, através de app, com facilidade de uso e de transporte, via

telefone celular. Com isso, o produtor pode realizar inferências sobre o pleno desenvolvimento das culturas, quanto à programação de fertilizantes, necessidades de irrigação, visando produtividade potencial da cultura.

Com os resultados obtidos e disponibilizados no app mobile MonitoraOeste para os produtores do oeste da Bahia, os agricultores podem monitorar o desenvolvimento das culturas, assim como pragas e doenças, auxiliando na tomada e gestão das decisões.

5 CONCLUSÕES

Com o uso de informações como a ocorrência de pragas e doenças, assim como parâmetros agrometeorológicos espectrais, atualizados conforme a disponibilidade de dados meteorológicos e imagens de satélite, foi possível gerar mapas que estimam a favorabilidade climática para a ocorrência e o desenvolvimento da ferrugem-asiática da soja e da mancha de ramulária do algodoeiro na mesorregião Extremo Oeste Baiano, visando o máximo rendimento e diminuição de aplicação de insumos nas lavouras, tornando mais sustentável ambientalmente.

REFERÊNCIAS

- Alves, L. R. A., Ikeda, V. Y., Osaki, M., Ribeiro, R. G., & Ferreira, J. (2012) “Cultivo de Algodão Geneticamente Modificado no Brasil: intensidade de adoção, estrutura de custos, rentabilidade e diferenciais com os cultivares convencionais—safra 2010/2011” in Anais do Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2012.
- Bogiani, J. C. , Kano, C., Barroso, P. A. V., Paim, F. A., Perina, F. J. Monitoramento de favorabilidade da mancha de ramulária do algodoeiro e ferrugem-asiática da soja no Extremo Oeste Baiano, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, v.37, 26p. 2021.
- Braga Sobrinho, R.; Lukefahr, M. J. (1983).“Bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman): Nova ameaça a cotonicultura brasileira-biologia e controle”. Embrapa Algodão-Documentos (INFOTECA-E).
- Chitarra, L. G. ., Meira, S. A; Menezes, V. L. Controle químico da mancha de Ramulária do algodoeiro, causada por *Ramularia areola*, em função da idade da planta e severidade da doença – Safra 2003/2004. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58), Embrapa Algodão, 16p., 2005.
- CONAB. Companhia Nacional do Abastecimento. Séries históricas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 13 de outubro de 2022.
- Fonseca, P.R.B. da; Bertonecello, T.F.; Ribeiro, J.F.; Fernandes, M.G.; Degrande, P.E. (2008).“Seletividade de inseticidas aos inimigos naturais ocorrentes sobre o solo cultivado com algodoeiro”. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.38, n.4, p.304-309.
- Gabriel, D.(2016) “O Bicudo Do Algodoeiro”. Documento Técnico, v. 25, p. 1-20.
- Godoy, C. V , Seixas, C. D. S, Soares, R. M. , Marcelino-Guimarães, F. C. , Meyer, M. C., Costamilan, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 5, p. 407-21, 2016.
- Guerra, A. A. Boll weevil movement: dispersal during and after the cotton season in the Lower Rio Grande Valley of Texas”. Southwest. Entomol. v.11, p.10-16, 1986.
- Greenberg, S.M.; Sparks Jr., A N.; Norman Jr., J.W.; Coleman, R.; Bradford, J.M.; Yang, C.; Sappington, T.W.; Showler, A. Chemical cotton stalk destruction for maintenance of host-free periods for the control of overwintering boll weevil in tropical and subtropical climates. Pest Management Science, v.63, p.372-380, 2007b. DOI: 10.1002/ps.1348.
- Hartman, G. L., Sikora, E. J., Rupe, J. C. Compendium of soybean diseases and pests. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

IMAMT (2015). “O bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* BOH., 1843) nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle”. Jean Louis Belot. Cuiabá (MT), 2015.

MAPA (2015). “Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no- 5, de 21 de agosto de 2015”. Departamento de Sanidade Vegetal.

Mello, F. E. D., Mathioni, S. M., Fantin, L. H., Rosa, D. D., Antunes, R. F., Filho, N. R. C., Duvaresch, D. L., Canteri, M. G. Sensitivity assessment and SDHC-I86F mutation frequency of *Phakopsora pachyrhizi* populations to benzovindiflupyr and fluxapyroxad fungicides from 2015 to 2019 in Brazil. *Pest Management Science*, v. 77, n. 10, p. 4331–4339, 2021.

Praça, L. B. P.; Conceição, R. D.; dos Santos, W. J.; Monnerat, R. (2007). “*Anthonomus grandis* Boheman”, 1843 (Coleoptera: Curculionidae). Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Richetti, A., Roese, D. Custo do controle químico da ferrugem-asiática da soja para a safra 2010/11. Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 161, 6p. 2010.

Teixeira, A. H. de C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agro-meteorological stations. *Remote Sensing and Hydrology*, IAHS Press, Wallingford, UK, 2012.

Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.