ReGeo ISSN: 2177-3246

PROTÓTIPO DE FERRAMENTA PARA RECOMENDAÇÃO DE FUNGICIDAS BASEADO EM ANÁLISES FOLIARES DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

PROTOTYPE TOOL FOR FUNGICIDE RECOMMENDATION BASED ON FOLIAR ANALYSIS OF CORN (*Zea mays* L.)

HERRAMIENTA PROTOTIPO PARA LA RECOMENDACIÓN DE FUNGICIDAS BASADA EN EL ANÁLISIS FOLIAR DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)

https://doi.org/10.56238/revgeov17n8-044

Data de submissão: 06/07/2026 **Data de publicação:** 06/08/2026

Gabriel Henrique Tres
Graduado em Ciência da Computação
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)
E-mail: gabrielhtres@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0009-0003-8881-3849

Sandro Silva de Oliveira
Doutor em Tecnologia e Gestão da Inovação
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)
E-mail: silva@unochapeco.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9638-5149

Éttore Guilherme Poletto Diel
Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)
E-mail: ettorepoletto77@gmail.com.
Orcid: https://orcid.org/0009-0001-7107-7537

Cristiano Reschke Lajús
Doutor em Agronomia
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)
E-mail: clajus@unochapeco.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3847-9793

Ruan Carlos da Silveira Marchi
Doutor em Agronomia
Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO)
E-mail: ruan.marchi@uenp.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5009-7643

Aline Vanessa Sauer
Doutora em Agronomia
Instituição: Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO)
E-mail: aline.sauer@uenp.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3164-9710

Magdalena Reschke Lajús Travi
Doutora em Agronomia
Instituição: Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)
E-mail: magdalena@unochapeco.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0001-6662-7303

RESUMO
A agricultura é uma das atividades mais antigas e essenciais para a segurança alimentar, aprimorada ao longo do tempo. Desde os primórdios, doenças causadas por fungos impulsionaram o desenvolvimento e o uso de fungicidas como principal forma de controle. Embora eficazes, seu uso inadequado pode causar fitotoxicidade, danos à fauna e contaminação do solo e da água. Ainda assim, são indispensáveis frente ao aumento da incidência de doenças nas lavouras. Este trabalho busca subsidiar o uso seguro e eficiente desses insumos por meio da sistematização de dados de análises foliares, identificação precisa de doenças e quantificação de contaminação com apoio de escalas diagramáticas, além de fornecer recomendações técnicas para escolha e aplicação adequada dos fungicidas. Para modelar os protótipos, seguindo recomendações da Linguagem de Modelagem Unificada, foi realizada a elicitação de requisitos, criação de diagramas e wireframes. Em seguida, realizou-se a raspagem de dados no Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) para obtenção de informações sobre doenças e fungicidas, seguido do desenvolvimento dos protótipos de três aplicações, sendo uma aplicação de back-end utilizando o ambiente de desenvolvimento Node.js e o banco de dados PostgreSQL, uma aplicação mobile utilizando a biblioteca React Native e bibliotecas auxiliares e uma aplicação web utilizando a biblioteca React juntamente com o framework Next.js e bibliotecas auxiliares. Os protótipos permitem o uso de escalas diagramáticas para análises, armazenamento das informações sobre análises, fases e doenças, recomendação de fungicidas corretos e inclusão de novas escalas para consulta.

Palavras-chave: Agricultura. Fungicidas. Protótipo. Tecnologia.

ABSTRACT
Agriculture is one of the oldest and most essential activities for food security, having been improved over time. Since the earliest days, diseases caused by fungi have driven the development and use of fungicides as the main form of control. Although effective, their improper use can cause phytotoxicity, harm to fauna, and contamination of soil and water. Even so, they are indispensable in the face of increasing disease incidence in crops. This work seeks to support the safe and efficient use of these inputs through the systematization of foliar analysis data, precise disease identification, and contamination quantification with the support of diagrammatic scales, as well as providing technical recommendations for the proper selection and application of fungicides. To model the prototypes, following recommendations from the Unified Modeling Language, requirements elicitation was carried out, along with the creation of diagrams and wireframes. Subsequently, data scraping was performed in the Phytosanitary Pesticide System (AGROFIT) to obtain information on diseases and fungicides, followed by the development of prototypes for three applications: a back-end application using the Node.js development environment and the PostgreSQL database; a mobile application using the React Native library and auxiliary libraries; and a web application using the React library along with the Next.js framework and auxiliary libraries. The prototypes allow the use of diagrammatic scales for analyses, storage of information on analyses, stages, and diseases, recommendation of the correct fungicides, and inclusion of new scales for user consultation.

Keywords: Agriculture. Fungicides. Prototype. Technology.

RESUMEN

La agricultura es una de las actividades más antiguas y esenciales para la seguridad alimentaria, la cual se ha perfeccionado con el tiempo. Desde sus inicios, las enfermedades fúngicas han impulsado el desarrollo y uso de fungicidas como principal método de control. Si bien son efectivos, su uso inadecuado puede causar fitotoxicidad, daños a la fauna silvestre y contaminación del suelo y el agua. Sin embargo, son indispensables ante la creciente incidencia de enfermedades en los cultivos. Este trabajo busca apoyar el uso seguro y eficiente de estos insumos mediante la sistematización de datos de análisis foliar, la identificación precisa de enfermedades y la cuantificación de la contaminación mediante escalas diagramáticas. También proporciona recomendaciones técnicas para la selección y aplicación adecuadas de fungicidas. Para modelar los prototipos, siguiendo las recomendaciones del Lenguaje Unificado de Modelado, se realizó la elicitación de requisitos y la creación de diagramas y wireframes. A continuación, se extrajeron datos del Sistema Integrado de Agroquímicos Fitosanitarios (AGROFIT) para obtener información sobre enfermedades y fungicidas. A continuación, se desarrollaron tres prototipos: una aplicación back-end con el entorno de desarrollo Node.js y la base de datos PostgreSQL, una aplicación móvil con la biblioteca React Native y sus bibliotecas auxiliares, y una aplicación web con la biblioteca React junto con el framework Next.js y sus bibliotecas auxiliares. Los prototipos permiten el uso de escalas diagramáticas para el análisis, el almacenamiento de información sobre análisis, fases y enfermedades, la recomendación de fungicidas adecuados y la inclusión de nuevas escalas para consulta.

Palabras clave: Agricultura. Fungicidas. Prototipo. Tecnología.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura surgiu da necessidade humana por alimentos e evoluiu com o sedentarismo (Castanho; Teixeira, 2017). Com o tempo, o uso intensivo do solo favoreceu o surgimento de doenças, exigindo fungicidas para controlar perdas. Embora eficazes, seu uso inadequado pode causar riscos à saúde e ao ambiente (Schiesari, 2012).

O milho é uma cultura essencial para o Brasil e o mundo, tanto na alimentação humana quanto animal. As perdas na produção da cultura podem ser superiores a 60% em situações de ambiente favorável e de uso de cultivares suscetíveis, enfrentando assim diversos desafios fitossanitários, sendo o manejo adequado o ponto fundamental para redução desses percentuais. Entre as técnicas estão a rotação de culturas, o uso de sementes tratadas, a adubação correta, o controle de pragas e o uso de cultivares resistentes, e a aplicação pontual de fungicidas (Da Costa; Cota, 2009).

Entre as principais doenças foliares da cultura pode-se destacar: antracnose, helmintosporiose, cercosporiose, macrospora, ferrugem comum, ferrugem polissora e os enfezamentos pálido e vermelho, que variam em severidade conforme clima, região e cultivar. O monitoramento constante é essencial para reduzir perdas.

A Revolução Verde trouxe fertilizantes, pesticidas e mecanização, aumentando a produtividade e os desafios ambientais (Silveira Jr., 2024). Para atender à demanda crescente por alimentos de forma sustentável, surgiram a agricultura de precisão e a agricultura digital, que integram sensores, dados geoespaciais, inteligência artificial e automação, otimizando decisões e reduzindo impactos (Basso et al., 2019; Bezerra et al., 2023).

A agricultura de precisão se define como o uso em conjunto de práticas agrícolas, tecnologias de informação e ferramentas de mecanização e automação, considerando a variabilidade do tempo e do espaço sobre a produtividade das culturas, podendo ser entendida como um ciclo que inicia com a coleta dos dados e se estende para análises e interpretação dos dados, geração de recomendações, aplicação das recomendações nas culturas e análise dos resultados (Bezerra *et al*. 2023). A automação se refere à utilização de máquinas e dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais para monitorar, controlar e executar os processos de produção agrícola visando ampliar a capacidade de trabalho humano (Basso et *al.*, 2019).

Ferramentas como o AGROFIT, disponibilizado pelo Ministério da Agricultura (MAPA) (MAPA, 2024), auxiliam na escolha segura de defensivos. Softwares modernos, baseados em frameworks como React, Node.js e PostgreSQL, viabilizam sistemas capazes de recomendar fungicidas com base em dados de campo, doenças observadas e análises foliares. Esses sistemas usam design moderno, UML para modelagem e plataformas como Visual Studio Code e GitHub para

versionamento e colaboração.

Através da agricultura digital e do aporte computacional disponível aos usuários, foi possível introduzir nos processos de produção tecnologias como robótica, sensoriamento remoto, processos estatísticos e geoprocessamento. Além disso, é importante destacar o grande poder gerado com o surgimento da internet das coisas, que possibilitou que objetos sejam controlados de maneira remota por uma rede, criando uma integração entre o mundo físico e os sistemas de computação. A utilização dos conceitos de internet das coisas na área agrícola apresenta grande potencial de crescimento devido à acessibilidade e o baixo custo cada vez maior de tecnologias como Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) e de Identificação por Frequência de Rádio (Radio Frequency Identification, RFID). Dessa forma, surgem as fazendas inteligentes ou *smart farms* (Basso et *al.*, 2019).

O mercado de desenvolvimento de software evolui constantemente durante os anos e traz consigo novas mudanças de tecnologias e paradigmas de programação. Alinhado a essas necessidades, surgem questionamentos em relação à utilização de design patterns e frameworks que possibilitem criar aplicações modernas e com grande poder de escalabilidade, mantendo uma boa estrutura organizacional e codificação limpa. Portanto, se faz necessária a utilização de frameworks e bibliotecas que se mantenham atualizadas conforme as mudanças do mercado e que acompanhem os novos design patterns e práticas de programação desenvolvidos (Farias, 2022).

Em vista do exposto, a presente pesquisa buscou desenvolver protótipo de aplicação web e mobile com persistência de dados para recomendação de fungicidas através da análise foliar baseada em escalas diagramáticas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (Gramineae/Poaceae) ocupa cerca de 20 milhões de hectares e produz mais de 110 milhões de toneladas no Brasil, consolidando-se como um dos principais produtos agrícolas do país e do mundo. É essencial para a alimentação humana, compõe a base de rações para aves, bovinos e suínos e também é matéria-prima para biocombustíveis, etanol e diversos derivados.

Sua relevância inclui impacto socioeconômico, sustentando milhares de produtores e movimentando cadeias de insumos, transporte e exportações. A produção ocorre em duas épocas: safra de verão, no período chuvoso, e safrinha, após o plantio da soja, destacando a ampla adaptação e a elevada capacidade de geração de renda da cultura (IBGE, 2024; Cruz et al., 2013).

2.2 AS DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO

Desde o final da década de 1990, houve aumento da incidência e severidade de doenças foliares no milho, que podem causar perdas superiores a 80% (Pinto, 2004). O plantio direto, a ausência de rotação de culturas, o uso de cultivares suscetíveis e a irrigação inadequada favorecem a evolução dos patógenos (Pereira et al., 2005).

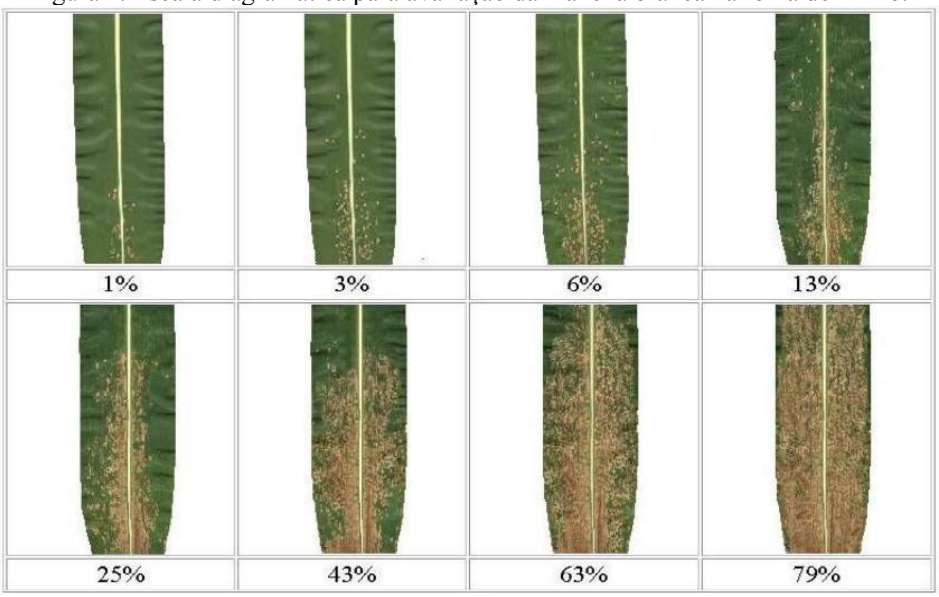
Entre as principais doenças da cultura do milho existentes, pode-se destacar a mancha branca (*Pantoea ananatis*), a mancha de antracnose (*Colletotrichum graminicola*), a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), a mancha de macrospora (*Stenocarpella macrospora*), a ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), a ferrugem polissora (*Puccinia polysora* Underw) e os enfezamentos pálido e vermelho (*Spiroplasma kunkelli*) (Casela; Ferreira; Pinto, 2006).

Essas doenças variam em importância conforme a região e a época de cultivo, podendo reduzir a fotossíntese, comprometer o enchimento de grãos e elevar os custos de produção. O manejo preventivo aliado ao monitoramento constante é essencial para minimizar perdas. Práticas como rotação de culturas, uso de sementes de qualidade e aplicação pontual de defensivos ajudam a prolongar a durabilidade genética e reduzir a pressão de patógenos (Filho et al., 2016).

2.3 ESCALAS DIAGRAMÁTICAS PARA AVALIAÇÃO DAS DOENÇAS DO MILHO

Através dessa ferramenta, é possível descrever de maneira clara e sucinta, geralmente com imagens, qual é o nível de contaminação da planta de acordo com cada doença. Graças à sua padronização quanto a estrutura, pode-se construir escalas das mais diversas formas, das mais diversas doenças, com os mais diversos métodos de comparação entre os estágios da doença (Sachs *et al*., 2011). Na Figura 1 é possível observar exemplo de escala diagramática.

Figura 1. Escala diagramática para avaliação da mancha branca na folha do milho.



Fonte: Sachs *et al*., 2011.

2.4 FUNGICIDAS NA CULTURA DO MILHO

O uso de fungicidas se intensificou a partir dos anos 2000, proporcionando ganhos médios de produtividade de 25 a 30 sacas/ha (Harlapur et al., 2009; Juliatti et al., 2007). Em 2009, já havia 13 produtos registrados pelo MAPA, sendo a maioria triazóis e estrobilurinas (Da Costa; Cota, 2009). Atualmente, a gama de produtos disponíveis aumentou significativamente, incluindo novas moléculas e combinações de ingredientes ativos, ampliando as opções de manejo e reduzindo a resistência dos patógenos.

A decisão de aplicação depende da severidade da doença, da suscetibilidade do genótipo e das condições ambientais favoráveis. Também influenciam a época de plantio, a densidade populacional, o histórico da área e outras práticas culturais. Apesar da eficiência comprovada, ainda há dúvidas sobre a frequência ideal de aplicação, os impactos à saúde humana e os efeitos ambientais de longo prazo. Além disso, o uso contínuo de determinados grupos químicos pode favorecer o surgimento de resistência fúngica.

Nesse contexto, a rotação de princípios ativos, a associação com práticas agronômicas sustentáveis e o monitoramento constante tornam-se estratégias fundamentais. Assim, a escolha do fungicida deve considerar critérios técnicos, o custo-benefício, o contexto fitossanitário e os riscos de resistência dos patógenos.

2.5 SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS (AGROFIT)

O AGROFIT, lançado pelo MAPA em 2016, disponibiliza informações sobre fungicidas e

produtos registrados, incluindo indicações, classificação toxicológica e ambiental. Essa ferramenta auxilia no uso correto e seguro dos defensivos, prevenindo aplicações inadequadas e reduzindo riscos de resistência e resíduos acima dos limites permitidos (Agrofit, 2023).

Além disso, o sistema representa um importante instrumento de consulta para técnicos, agricultores e pesquisadores, pois permite acesso a dados atualizados sobre ingredientes ativos, marcas comerciais e culturas recomendadas. Seu uso fortalece a rastreabilidade e a transparência no setor agrícola.

2.6 A TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

O avanço tecnológico tem papel central na produtividade e sustentabilidade da agricultura. A agricultura de precisão integra coleta e análise de dados, sensores e automação para otimizar decisões e reduzir impactos ambientais (Gebbers; Adamchuk, 2010; Basso et al., 2019). Essa abordagem amplia a eficiência do uso de insumos, melhora a gestão do solo e da água e contribui para a mitigação dos impactos ambientais, sendo considerada um dos pilares da modernização agrícola.

Basso et al. (2019) ressaltam que a agricultura de precisão deve ser entendida como um ciclo contínuo que inicia na coleta de informações, avança pela análise e interpretação de dados e culmina na recomendação e aplicação de medidas de manejo, avaliando posteriormente os resultados obtidos. Para os autores, essa integração tecnológica representa um salto qualitativo no processo produtivo, pois permite ajustar práticas de forma localizada, reduzindo desperdícios e aumentando a rentabilidade com menor impacto ambiental.

Já a agricultura digital, baseada em internet das coisas e computação em nuvem, permite o desenvolvimento das smart farms, ampliando eficiência e integração dos processos produtivos (Wolfert et al., 2017).

Tecnologias como drones, imagens de satélite, sensores de campo e softwares especializados têm possibilitado tomadas de decisão em tempo real, favorecendo a sustentabilidade econômica e ambiental. Dessa maneira, a tecnologia na agricultura não apenas contribui para ganhos de produtividade, mas também fortalece a sustentabilidade, a rastreabilidade e a segurança alimentar.

2.6.1 Linguagem de Modelagem Unificada (UML)

A UML é uma linguagem gráfica criada com intuito de visualizar, especificar, construir e documentar artefatos de sistemas complexos de aplicações que define padrões para o projeto de planos de arquitetura de sistemas, permitindo padronização de processos e reutilização de componentes (Booch, 2006).

2.6.2 Bibliotecas React e React Native

O React é uma biblioteca de código aberto criada em 2011 pelo Facebook para atender as necessidades da empresa e logo se tornou popular entre os desenvolvedores Front-end web, se tornando a mais popular nos dias de hoje. Baseada em JavaScript, a biblioteca React mistura HTML e CSS com JavaScript para gerar os componentes JSX, facilitando o desenvolvimento das aplicações e otimizando as aplicações com essa tecnologia. Sua premissa se baseia na componentização para organizar cada parte da aplicação (React, 2023).

O React Native, assim como o React, foi criado pelo Facebook como uma ferramenta de código aberto para atender as necessidades da empresa, porém em 2015. A principal diferença entre as duas tecnologias é que o React Native facilita o desenvolvimento de aplicações mobile, utilizando componentes nativos de cada plataforma por baixo dos panos. O React Native se mostra uma ferramenta fantástica pois possibilita o desenvolvimento de aplicações mobile utilizando apenas um código também baseado em elementos JSX e utilizando JavaScript.

2.6.3 Ferramenta Node.js

O Node.js é uma plataforma de código aberto criada em 2009 por Ryan Dahl, baseada no V8 do Google. Permite executar JavaScript fora do navegador, tornando o desenvolvimento mais flexível e produtivo. Com ampla comunidade de suporte, possibilita criar aplicações de back-end usando a mesma linguagem do front-end (Node, 2023).

2.6.4 Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL

O PostgreSQL é um SGDB objeto-relacional de código aberto, reconhecido por sua robustez e popularidade. Oferece recursos como consultas complexas, chaves estrangeiras, integridade transacional, concorrência multiversão, gatilhos, visões e linguagem procedural. Sua constante atualização garante segurança e novos recursos para o desenvolvimento (PostgreSQL, 2023).

2.6.5 Editor de Códigos Visual Studio Code

O Visual Studio Code é um editor de códigos gratuito que suporta várias linguagens de programação em um único ambiente. Possui extensões que aumentam a produtividade, auxiliam na detecção de erros e oferecem integração com Git. Altamente personalizável, permite ajustar estilo visual, atalhos e funcionalidades, tornando-se uma das ferramentas mais populares entre desenvolvedores (Visual, 2023).

2.6.6 Versionador de Código Git e Repositório Github

O Git é um sistema de gerenciamento de versões de código aberto, eficaz para projetos de qualquer porte. É fácil de usar e oferece recursos como ramificação local, áreas de preparação e fluxos de trabalho flexíveis (Git, 2023). O GitHub complementa o Git como plataforma de desenvolvedores, permitindo criar repositórios online para controle de versões, colaboração em equipe e disponibilização de software seguro (GitHub, 2023).

2.6.7 Ambiente de Desenvolvimento Integrado Android Studio

O Android Studio é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) oficial para criação de aplicativos Android. Oferece editor de código, depurador, emulador e ferramentas de design de interface. Integra-se facilmente ao ecossistema Android, garantindo desenvolvimento eficiente e aplicações de alta qualidade. No uso com React Native, é útil para emulação e depuração de apps durante o desenvolvimento (Android, 2023).

3 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica a fim de contextualizar o cenário da agricultura, conhecer as principais doenças e fungicidas presentes nas culturas do milho e entender escalas de avaliação e análise validadas a serem utilizadas como modelo na aplicação. Posterioremente foi realizada uma modelagem da aplicação, buscando seguir ao máximo os padrões da Linguagem de Modelagem Unificada (UML), realizando elicitação de requisitos a fim de identificar os principais requisitos funcionais e não-funcionais da aplicação, diagrama de casos de uso para nomear os agentes e suas principais funções na aplicação, diagramas de fluxo de usuário e de usuário administrador com o intuito de identificar o fluxo de utilização da aplicação, diagrama de classes do sistema buscando criar entidades que auxiliem no desenvolvimento da aplicação de back-end e banco de dados e, por fim, a criação de wireframes de modo a padronizar e orientar o desenvolvimento front-end das aplicações.

Também foram desenvolvidas as aplicações front-end e back-end, sendo que para o desenvolvimento das aplicações front-end foram utilizadas as bibliotecas React e React Native, juntamente com frameworks e bibliotecas auxiliares, com intuito de desenvolver uma aplicação web e outra aplicação mobile de maneira eficaz e produtiva. Já para o desenvolvimento da aplicação de back-end foi utilizado o ambiente de desenvolvimento Node.js em conjunto com bibliotecas auxiliares e com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB) PostgreSQL, de modo a garantir a manipulação e persistência segura e eficiente dos dados.

O processo de desenvolvimento dos protótipos se iniciou com a raspagem de dados no Sistema

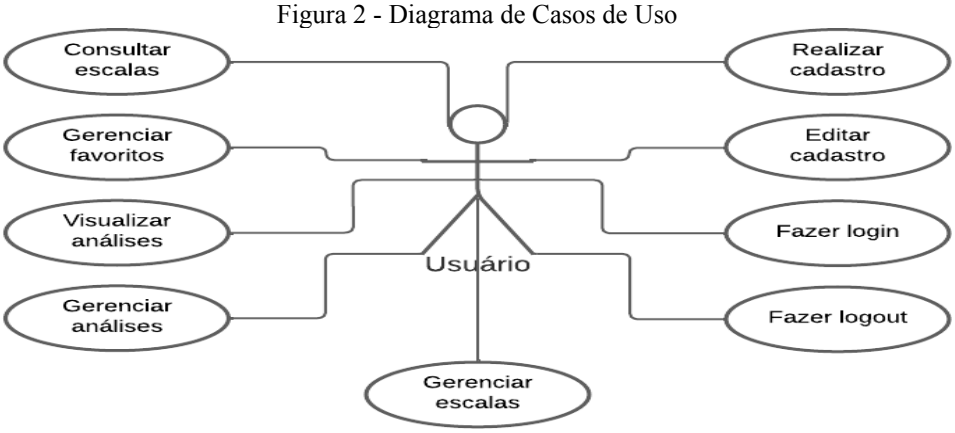
de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) a fim de buscar os dados referente às doenças encontradas na cultura do milho e os fungicidas que devem ser utilizados para o manejo dessas doenças. Após a aquisição dos dados, foi então realizado o desenvolvimento do protótipo de back-end, onde foram desenvolvidos os códigos referente às funções de manipulação e armazenamento das informações, além do banco de dados a ser utilizado futuramente para o protótipo. Posterior ao desenvolvimento do protótipo de back-end, foi desenvolvido o protótipo mobile seguido do protótipo web, onde foram desenvolvidas as interfaces de usuário capazes de coletar e exibir as informações que serão armazenadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de criar uma aplicação que atenda a todas as necessidades e que seja simples e intuitiva, foram realizados procedimentos de modelagem baseados nos padrões da Linguagem de Modelagem Unificada (UML). Um dos processos realizados foram o levantamento e registro dos requisitos funcionais e não-funcionais, onde foram criadas aplicações para o registro de diversos requisitos aos usuários que poderão serem capazes de acessar a aplicação utilizando e-mail e senha cadastrados, editar seu cadastro já realizado para ajustar seus dados de contato e senha, encerrar sua sessão no aplicativo, adicionar novas análises a serem acompanhadas, editar e remover análises já cadastradas e consultar o histórico de informações registradas em cada análise, pesquisar e filtrar análises cadastradas conforme preferência de visualização, consultar a lista de escalas a fim de auxiliá-los na correta análise, de incluir, editar e remover as escalas que serão exibidas aos usuários na aplicação, ainda poderão remover e adicionar análises.

Para identificar as principais possíveis ações dos usuários nas aplicações e orientar o desenvolvimento, foi criado o diagrama de casos de uso (Figura 2), tendo o usuário como ator dos casos.

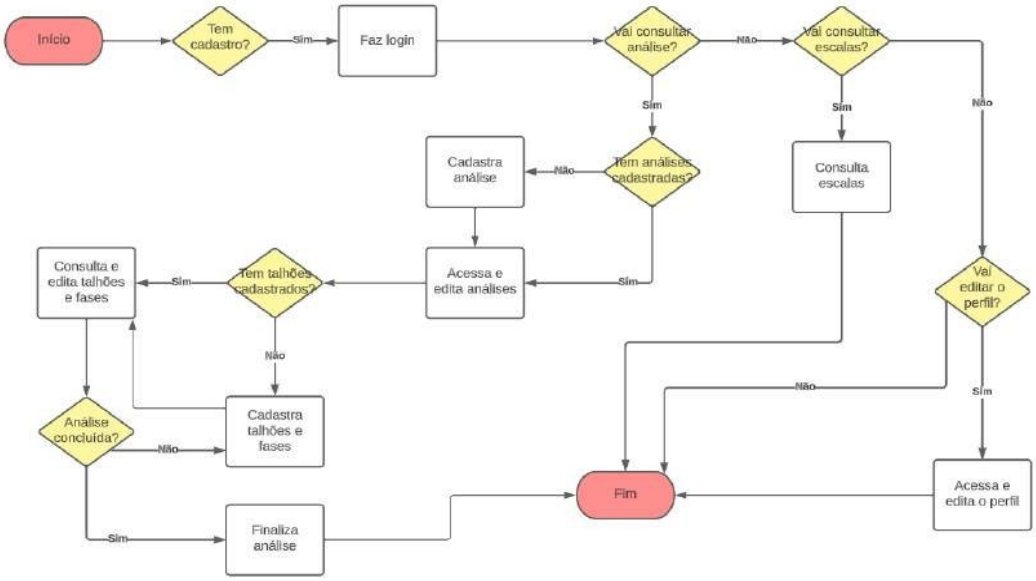
Figura 2 - Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

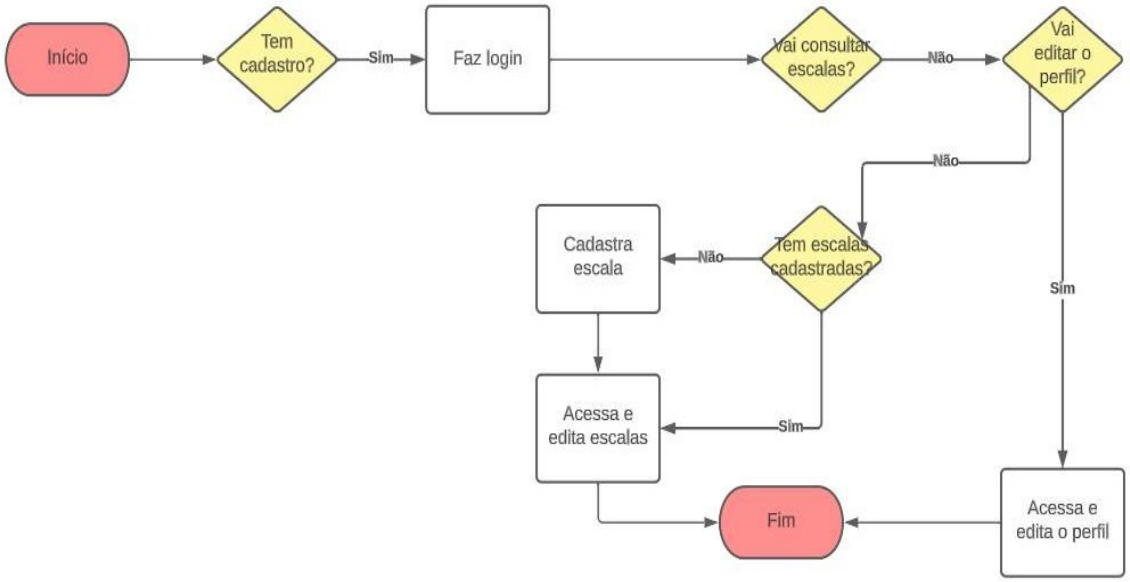
Para entender o fluxo de utilização das aplicações e como elas devem se orientar frente às divergências durante a execução foram criados os diagramas de fluxo de usuário e de administrador (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Diagrama de Fluxo de Usuário no fluxo principal da aplicação



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

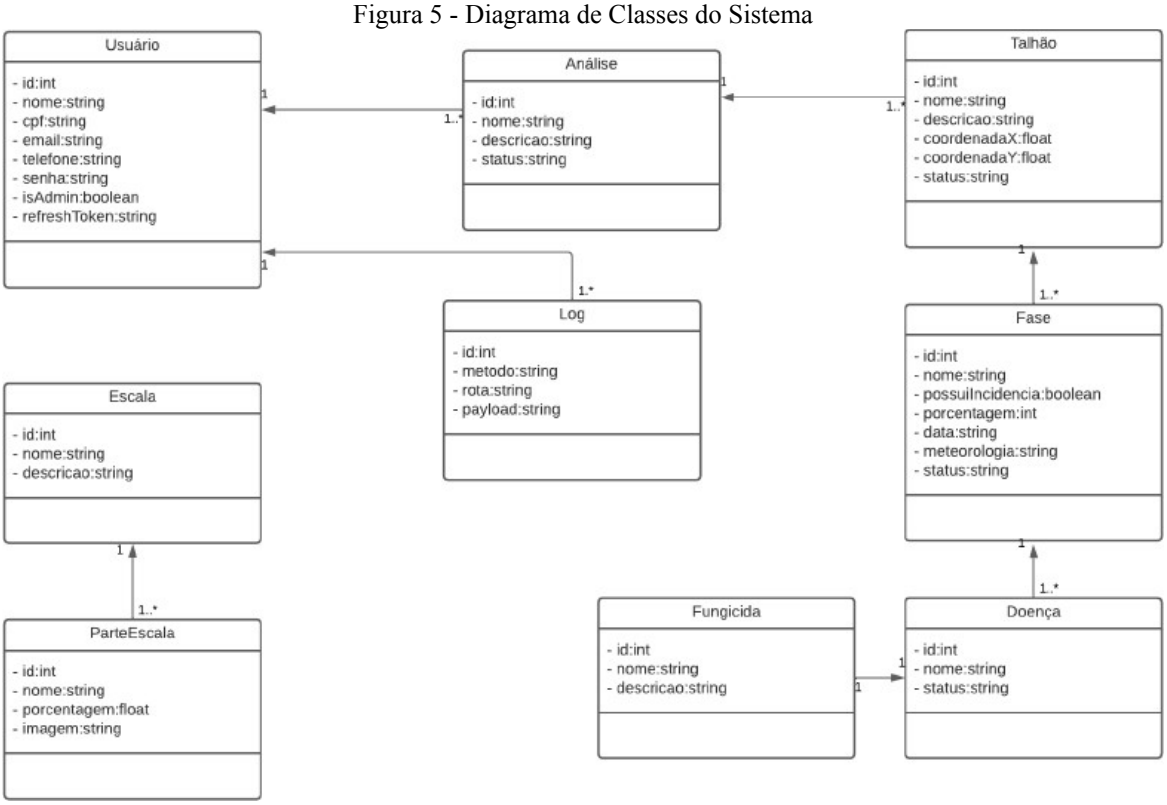
Figura 4 - Diagrama de Fluxo de Usuário administrador



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Já para orientar o desenvolvimento a nível de estrutura de código e banco de dados, foi desenvolvido o diagrama de classes do sistema (Figura 5), de modo a representar as entidades existentes na aplicação e quais são seus atributos.

Figura 5 - Diagrama de Classes do Sistema

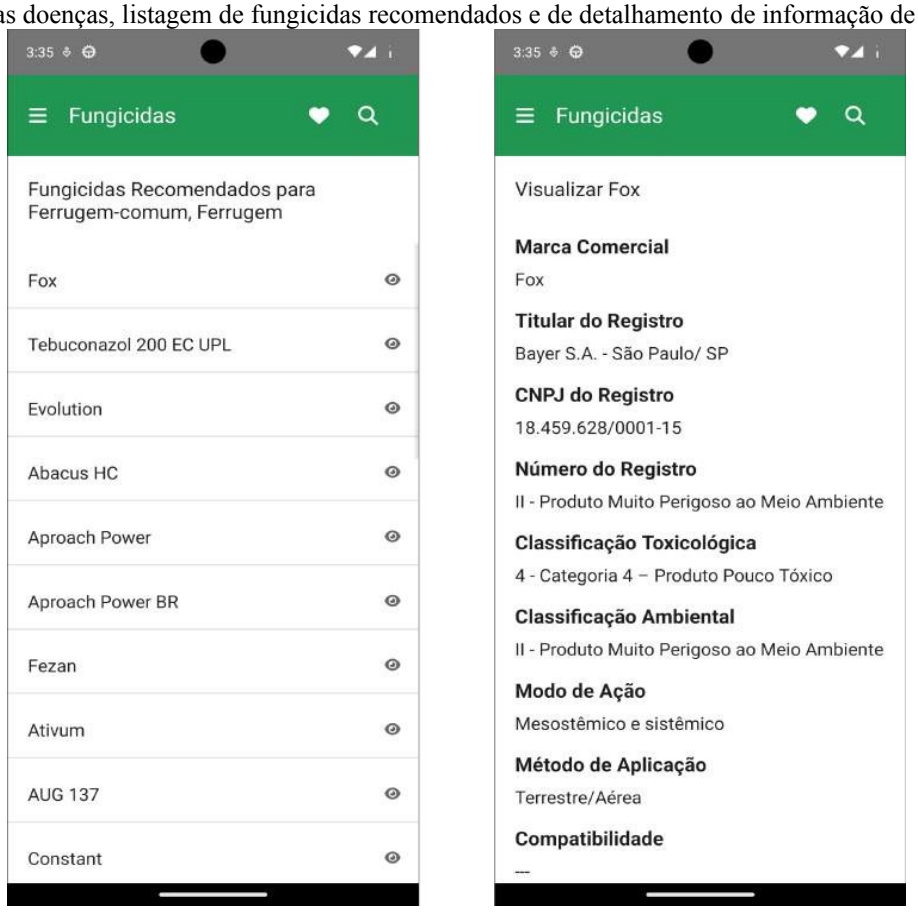


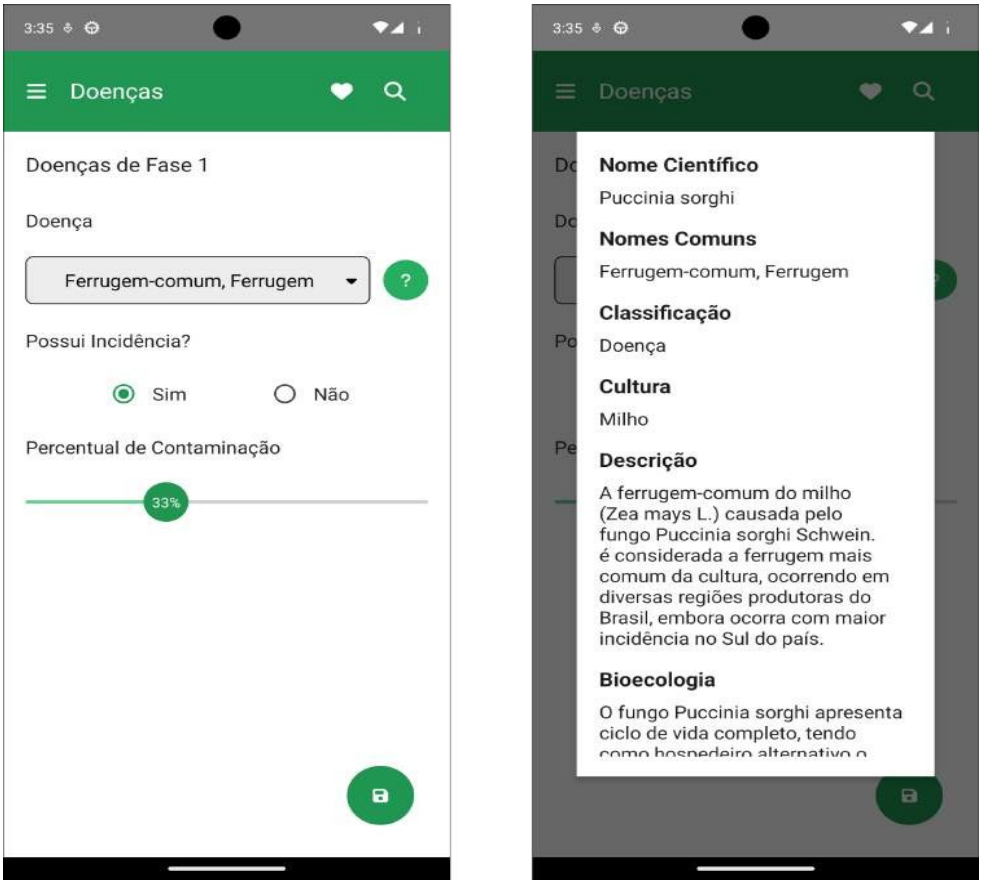
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A fim de guiar o desenvolvimento das interfaces, foram criados os modelos de wireframes, buscando criar interfaces simples, intuitivas e amigáveis aos usuários e administradores com facilidade de acesso, onde foram criadas interfaces assim relacionadas: inicial com listagem de análises, inicial com menu aberto do protótipo mobile de listagem de talhões e da adição/edição de um talhão do protótipo mobile, de listagem de talhões e de adição/edição de um talhão do protótipo mobile, de listagem de doenças e adição/edição de uma doença do protótipo mobile, de listagem de doenças e de adição/edição de doenças do protótipo mobile, de listagem de etapas e da adição/edição de uma etapa do protótipo mobile, de listagem de etapas de uma doença e de adição/edição de etapas em uma doença do protótipo mobile, de recomendação de um fungicida do protótipo mobile, de listagem de escalas e visualização de uma escala do protótipo mobile, modelagem referente à interface de login do protótipo web, interface de cadastro do protótipo web, interface de listagem de escalas do protótipo web, interface de adição/edição de uma escala do protótipo web.

Como exemplo da aplicação na Figura 6 é possível visualizar as interfaces de cadastro de uma doença, de detalhamento de informações das doenças coletadas no AGROFIT, e da listagem de fungicidas recomendados e de detalhamento de informação de um fungicida.

Figura 6 - Desenvolvimento do protótipo da aplicação web, interfaces de cadastro de uma doença, detalhamento de informações das doenças, listagem de fungicidas recomendados e de detalhamento de informação de um fungicida.



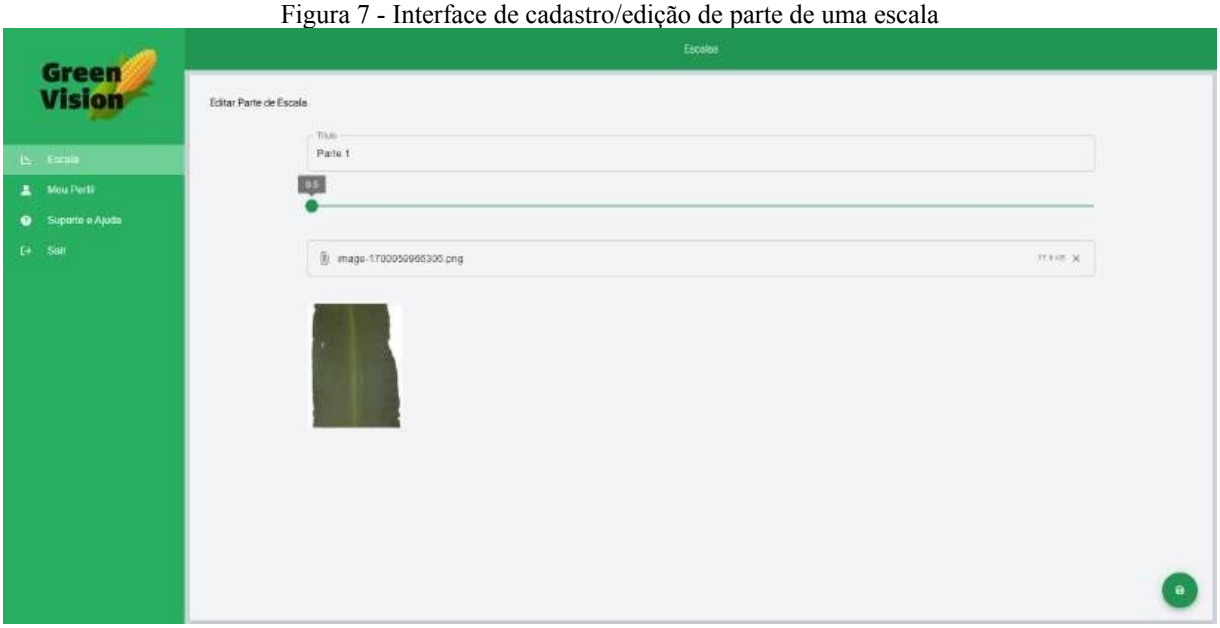


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com o desenvolvimento do protótipo web, em conjunto com o protótipo de back-end já desenvolvido, foi possível criar a interface do usuário, de modo a aplicar um fluxo que inicia com a autenticação do usuário, limitando o acesso a usuários cadastrados e com permissão de administrador, com posterior acesso às informações de escalas diagramáticas cadastradas, sem qualquer acesso à análises e dados de outros usuários. Além disso, também foi possível criar formulários de cadastro das informações em conformidade com a estrutura de dados especificada na modelagem e desenvolvida no protótipo de back-end. Por fim, foi possível criar uma estrutura para alimentação contínua de novas escalas diagramáticas para auxílio das análises.

Por fim, na Figura 7 é possível visualizar a interface de cadastro/edição de uma parte de uma escala.

Figura 7 - Interface de cadastro/edição de parte de uma escala



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Da mesma forma que o presente estudo, outros trabalhos aplicaram a informática para auxiliar a agricultura. Pozzebon et al. (2003) apresentaram um sistema especialista baseado em regras para apoiar decisões no desenvolvimento de projetos. Santos et al. (2021) desenvolveram um aplicativo para assistência técnica à agricultura familiar, com interfaces específicas para técnicos e agricultores, validado por testes de usabilidade.

Silva et al. (2021) propuseram o protótipo de um robô cartesiano para agricultura, atuando de forma autônoma nos três eixos para identificar plantas com necessidades de irrigação. Já, Gabriel (2018), descreveu um robô de cabos para agricultura de pequeno porte, controlado por aplicativo, que reduz a exposição dos agricultores a insumos.

Queiros; Shiratsuchi; Vinhal (2005), desenvolveram um sistema para integrar hardwares e softwares em pulverizadores, associando a altura de plantas de algodão a coordenadas geográficas coletadas por gps.

5 CONCLUSÃO

Foram criadas as estruturas necessárias para auxiliar na recomendação de fungicidas baseado em análises foliares utilizando escalas diagramáticas na avaliação, por meio do protótipo desenvolvido foi possível alcançar com sucesso a implementação da estrutura para implementação de tabelas e escalas com imagens, possibilitando aos usuários com permissão de administrador cadastrar cada vez mais a aplicação com novas escalas desenvolvidas, além de realizar a manutenção nas escalas já existentes, proporcionando aos usuários a consulta das escalas para auxiliar em suas avaliações.

Além disso, foi possível atender ao objetivo de armazenar o histórico de avaliações, graças à estrutura implementada em ambos os protótipos, garantindo ao usuário um legado de informações referente às suas análises ao longo do tempo e que pode ser utilizado para futuras análises aprofundadas e visualização da evolução das produções.

Em relação aos fungicidas, foi possível criar a estrutura necessária para recomendar os fungicidas corretos a serem utilizados, apresentando ao usuário as informações referente a cada fungicida e possibilitando que o mesmo escolha o que se adequa melhor ao contexto.

Sugere-se estudos futuros de métodos de avaliação de doenças com aprendizagem de máquina utilizando imagens de doenças ou ainda imagens obtidas através de sensores que captam o nível de reflectância das plantas para aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI).

REFERÊNCIAS

ANDROID Studio. Disponível em: https://developer.android.com/studio. Acesso em: 07 novembro 2023.

BASSO, Luís Henrique et al. **Agricultura de precisão e agricultura digital**. 2019.

BEZERRA, Gabriel Vidal; COSTA, Gabriel Santana da; SILVA, David Antonio Fehlberg da. **A Linha do Tempo e a Evolução dos Meios de Produção Industrial**. 2023. Trabalho de Graduação em Gestão Empresarial, São Paulo, 2023.

BOOCH, Grady. **UML: guia do usuário**. Elsevier Brasil, 2006.

CASELA, Carlos Roberto; FERREIRA, Alexandre da Silva; PINTO, Nicésio Filadelfo J. de Almeida. **Doenças na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2006, 14p. (EMBRAPA, Circular Técnica, 83).

CASTANHO, Roberto Barboza; TEIXEIRA, Matheus Eduardo Souza. A evolução da agricultura no mundo: da gênese até os dias atuais. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 8, n. 1, p. 136-146, 2017.

CRUZ, José Carlos et al. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

DA COSTA, Rodrigo Véras; COTA, Luciano Viana. **Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2009, 11p. (EMBRAPA, Circular Técnica, 125).

FARIAS, Luis Henrique Catunda Rodrigues. **Estudo comparativo da utilização de design patterns no desenvolvimento de aplicação web utilizando frameworks front-end**. 2022.

FILHO, et al. **Pragas e doenças do milho**. Florianópolis: EPAGRI, 2016, 88p. (EPAGRI, Boletim Técnico, 170).

GABRIEL, Leandro Carlo. **ROBOT CABLE: protótipo de um robô de cabos controlado por smartphone aplicado em agricultura de pequeno porte**. Engenharia da Computação, 2018.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.

GIT. Disponível em: https://git-scm.com/. Acesso em: 22 maio 2023.

GITHUB. Disponível em: https://github.com/. Acesso em: 22 maio 2023.

HARLAPUR, S. I.; KULKARNI, M. S.; SRIKANT KULKARNI PATIL, B. C. Assessment of crop loss due to turcicum leaf blight caused by Exserohilum turcicum (Pass.) Leonard and Suggs in maize. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v. 62, n. 2, p. 144-154, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola**. Brasília, DF: IBGE, 2024.

JULIATTI, F. C.; ZUZA, J. L. M. F.; SOUZA, P. P.; POLIZEL, A. C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 34-41, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Brasília, DF: MAPA, 2003. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20 nov. 2024.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 477-488.

PINTO, Nicésio Filadelfo Janssen de Almeida. Controle químico de doenças foliares em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 01, 2004.
POZZEBON, Eliane et al. **Aplicação da informática para auxiliar a agricultura**. 2003.

POSTGRESQL: The World's Most Advanced Open Source Database. Disponível em: https://www.postgresql.org/. Acesso em: 22 maio 2023.

QUEIROS, Leonardo Ribeiro; SHIRATSUCHI, Luciano Shozo; VINHAL, Cássio Dener Noronha. Desenvolvimento de um sistema protótipo para o mapeamento da altura de plantas de algodão. **3 Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão**, p. 16-19, 2005.

REACT Native - Learn once, write anywhere. Disponível em: https://reactnative.dev/. Acesso em: 22 maio 2023.

SACHS, Paula Jimena Diniz et al. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha branca em milho. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 202-204, 2011.

SANTOS, Lucas Domingos dos et al. **Maneje chat: projeto de um aplicativo de assistência técnica à agricultura familiar**. 2021.

SCHIESARI, Luis. **Defensivos Agrícolas**. São Paulo: IPAM, 2012.

SILVA, Isa Paula et al. **Protótipo de um robô cartesiano para a aplicação em agricultura**. 2021.

SILVEIRA JUNIOR, Danilo Fernandes da. **Agricultura 5.0 – sustentabilidade e eficiência através de tecnologias avançadas**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Informática para Negócios) – Faculdade de Tecnologia de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2024.

WOLFERT, S., et al. Big data in smart farming – a review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69-80, 2017.