

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**AGROSYNC
PLANTAS DANINHAS NA AGRICULTURA: GESTÃO DE DADOS DE
MANEJO**

Gustavo Fubito Tang

Orientadora: Anita Maria da Rocha Fernandes, Dra. Eng.

São José, março/2025

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

AGROSYNC

**PLANTAS DANINHAS NA AGRICULTURA: GESTÃO DE DADOS
DE MANEJO**

Gustavo Fubito Tang
São José, março/2025

Orientador (a): Anita Maria da Rocha Fernandes, Dra.

Área de Concentração: Sistemas de Informação

Linha de Pesquisa: Sistemas de Informação Aplicados ao Meio Ambiente

Palavras-chave: Agricultura Digital, Plantas Daninhas, Gestão de Dados de Manejo

Número de páginas: 53

RESUMO

O controle de plantas daninhas é crucial para a produtividade agrícola, uma vez que podem reduzir a produção e a qualidade dos produtos colhidos. Tradicionalmente, esse controle é feito com herbicidas, considerando as populações antes e depois do plantio. No entanto, o uso de ferramentas digitais, como drones e ferramentas de aprendizado de máquina, está agilizando esse processo, reduzindo custos e permitindo uma tomada de decisão mais eficiente. A dinâmica das plantas daninhas é influenciada por várias variáveis, como solo, clima e práticas agrícolas anteriores. Por meio de análise de dados e visão computacional, é possível prever seu surgimento e desaparecimento, fornecendo suporte para recomendações de controle de forma mais precisa e racional. No entanto, é necessário contar com uma infraestrutura adequada para sustentar essas tecnologias, garantindo um desempenho adequado durante a rotina programada. Este trabalho visa contribuir com a criação de uma infraestrutura que dê suporte a gestão e manejo dos dados referentes a plantas daninhas. Para isto, será desenvolvido um sistema de informação que forneça uma infraestrutura de coleta e armazenamento de dados referentes às variáveis básicas do manejo, e que servirão de subsídio para as análises. O sistema será baseado nas necessidades da EMBRAPA Milho e Sorgo de Sete Lagoas, Minas Gerais. Atualmente o sistema encontra-se em fase de testes em campo, porém somente para dispositivos Android. Posteriormente serão feitos os ajustes necessários e depois uma versão para IOS. A execução deste projeto foi possível devido ao fomento da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) na chamada pública FAPESC N° 54/2022 – Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação de Apoio aos Grupos de Pesquisa da Associação Catarinense das Fundações Educacionais – ACAFE, através do projeto “Proposição e Desenvolvimento de um Modelo Preditivo baseado em Machine Learning para estudo de espécies invasoras de culturas ILP (Integração Lavoura Pecuária).

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

AGROSYNC

**PLANTAS DANINHAS NA AGRICULTURA: GESTÃO DE DADOS
DE MANEJO**

Gustavo Fubito Tang
São José, março/2025

Advisor: Anita Maria da Rocha Fernandes, Dr.

Concentration Area: Information Systems

Research line: Information Systems Applied to the Environment

Key-words: Pasture, Digital Agriculture, Weeds, Management of Weeds Data

Number of pages: 53

ABSTRACT

Weed control is crucial for agricultural productivity, as they can reduce the production and quality of harvested products. Traditionally, this control is done with herbicides, considering populations before and after planting. However, the use of digital tools such as drones and machine learning models is streamlining this process, reducing costs and enabling more efficient decision-making. Weed dynamics are influenced by several variables such as soil, climate and previous agricultural practices. Through data analysis and computer vision, it is possible to predict their emergence and disappearance, providing support for control recommendations in a more precise and rational way. However, it is necessary to have an adequate infrastructure to support these technologies, ensuring adequate performance during the scheduled routine. This work therefore aims to contribute to the creation of an infrastructure that supports the management and handling of data relating to weeds. To this end, an information system will be developed that provides an infrastructure for collecting and storing data relating to basic management variables, which will serve as a basis for analysis. The system will be based on the needs of EMBRAPA Corn and Sorgho in Sete Lagoas, Minas Gerais. The system is currently in the field testing phase, but only for Android devices. Subsequently, the necessary adjustments will be made, followed by the release of an iOS version. The execution of this project was made possible thanks to the support of the Foundation for Research and Innovation Support of the State of Santa Catarina (FAPESC), under the public call FAPESC No. 54/2022 – Science, Technology, and Innovation Program to Support Research Groups of the Santa Catarina Association of Educational Foundations (ACAFE), through the project “Proposition and Development of a Predictive Model Based on Machine Learning for the Study of Invasive Species in ILP (Crop-Livestock Integration) Systems.”

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da agricultura 1.0 para a Agricultura 5.0.....	14
Figura 2 - Comparação do mapa preditivo com a localização das plantas daninhas.	25
Figura 3 - Foto de Greg Stuart e seu mapa preditivo.	25
Figura 4 - Uso de diferentes tecnologias da Agricultura de Precisão em área de produção de milho no período de 2001 a 2016, nos Estados Unidos.	28
Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso.....	33
Figura 6 - Diagrama de Sequência de Cadastro de Usuário.....	25
Figura 7 - Diagrama de Sequência de Registro de Planta.	37
Figura 8 - Diagrama de Sequência de Consulta e Edição.	39
Figura 9 - Diagrama de Gerar Gráfico.	42
Figura 10 - Diagrama de Exportar PDF	44
Figura 11 - Imagem de planta salva no Cloud Firestore.	46
Figura 12 - Imagem do Firebase Auth... ..	47
Figura 13 - Dados do usuário salvos no Firebase.	48
Figura 14 - Diagrama MER do Banco de Dados	52
Figura 15 - Tela de Login.....	54
Figura 16 - Telas de Cadastro de Usuário.	55
Figura 17 - Telas de Cadastro de Usuário.	55
Figura 18 - Telas de Cadastro de Usuário.	55
Figura 19 - Tela Principal.....	57
Figura 20 - Tela Principal.....	57
Figura 21 - Tela de Registro de Planta... ..	59

Figura 22 - Tela de Consulta...	61
Figura 23 - Tela de Gerar Gráfico.	62
Figura 24 - Ícone “Exportar PDF”.	63
Figura 25 - Pasta “Downloads”.	63
Figura 26 - Arquivo PDF gerado... ..	64
Figura 27 - Comando de execução “flutter doctor”... ..	65
Figura 28 - Comando de execução “flutter run”	66
Figura 29 - Localização do arquivo de instalação... ..	66

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Strings de busca.....	21
Tabela 2 - Relação entre trabalhos e strings de busca.	23
Tabela 3 - Requisitos Funcionais.	30
Tabela 4 - Requisitos Não Funcionais.	31
Tabela 5 - Regras de Negócio.	31
Tabela 6 - Variáveis para Registro de planta.	50
Tabela 7 - Variáveis para Cadastro de Usuário.	51
Quadro 1 - Cadastro de Usuário.....	34
Quadro 2 - Registro de Planta.	36
Quadro 3 - Consultar Planta.	38
Quadro 4 - Editar Planta.....	40
Quadro 5 - Gerar gráfico personalizado.	41

	6
Quadro 5 - Exportar PDF	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Problema de Pesquisa.	10
1.1.1 Solução Proposta.	10
1.1.2 Delimitação de Escopo.	11
1.1.3 Justificativa.	11
1.2 OBJETIVOS.	11
1.2.1 Objetivo Geral.	11
1.2.2 Objetivos Específicos.	11
1.3 METODOLOGIA.	12
1.3.1 Metodologia de Pesquisa.	12
1.3.2 Procedimentos Metodológicos... ..	12
1.4 PLANO DE TRABALHO.	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 AGRICULTURA DIGITAL.....	13
2.2 GESTÃO DE DADOS NA AGRICULTURA.....	15
2.3 METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS.	18
2.3.1 Metodologia em Cascata.	18
2.3.2 Metodologia em V.....	18
2.3.3 Metodologias Ágeis.....	19
2.3.4 Metodologías Híbridas.	20
2.4 CONSIDERAÇÕES.	20

3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	21
3.1 DEFINIÇÕES DE BUSCA.....	21
3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO.	21
3.3 DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES A SEREM ANALISADAS.	22
3.4 RESULTADO DAS BUSCAS.	22
3.5 TRABALHOS SELECIONADOS.....	24
3.5.1 Predictive maps help weed control.....	24
3.5.2 Ferramentas Digitais Aplicadas à Experimentação Agrícola Em Larga Escala: Experimentação De Precisão... ..	29
3.5.3 Perspectivas da Agricultura 5.0 no Manejo de Plantas Daninhas.	26
3.5.4 Os Avanços da Agricultura de Precisão e sua Interface com a Agricultura 5.0... ..	27
4 DESENVOLVIMENTO	30
4.1 REQUISITOS DO SISTEMA.....	30
4.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO E SEQUÊNCIA.	32
4.3 ARQUITETURA.....	45
4.3.1 Flutter	45
4.3.2 Hive... ..	45
4.3.3 Firebase Firestore.	45
4.3.4 Firebase Authentication.	46
4.4 BANCO DE DADOS.....	48
4.5 IMPLEMENTAÇÃO.....	53
4.5.1 Página de Login.....	53
4.5.2 Página de Cadastro.	54

	9
4.5.3 Página Principal.....	56
4.5.4 Página Registro de Planta.....	58
4.5.5 Página Consulta de Plantas.....	59
4.5.6 Página Gráfico Personalizado.....	61
4.5.7 Exportar arquivo PDF	63
4.6 INSTALAÇÃO.....	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1 INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha um papel fundamental na sociedade humana, fornecendo alimentos, fibras e materiais essenciais para o desenvolvimento e a sobrevivência (DAL SOGLIO & KUBO, 2016). No entanto, o setor agrícola enfrenta desafios significativos no século XXI, incluindo o aumento da demanda por alimentos, a escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas (BERNADI et al., 2017; LAMAS, 2017). Para enfrentar esses desafios, a agricultura está passando por uma transformação radical impulsionada pela tecnologia digital e a revolução dos dados.

A Agricultura 4.0, inicialmente representada pela Agricultura Digital, consiste na utilização de tecnologias digitais na agricultura, visa aprimorar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade no campo (BEZERRA et al., 2023). Essa transformação, nascida da combinação da telemática e do gerenciamento de dados com o conceito de Agricultura de Precisão, está sendo rapidamente sucedida pela Agricultura 5.0 (MASSRUHÁ et al., 2020a). Esta última incorpora tecnologias avançadas como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*), drones, robótica e análise de dados (BEZERRA et al., 2023).

A Agricultura 5.0 é o uso avançado de Inteligência Artificial, robótica e entre outras inovações tecnológicas recentes, refletindo a necessidade do setor agrícola se adaptar e aproveitar as inovações tecnológicas para permanecer competitivo, prometendo aumentar a eficiência, produtividade e sustentabilidade na agricultura global (MASSRUHÁ et al., 2020a). No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, como acesso à tecnologia, integração de sistemas, segurança de dados e gerenciamento eficaz de dados (BEZERRA et al., 2023).

Embora a agricultura de precisão e outras tecnologias da Agricultura 4.0 e 5.0 ofereçam enormes vantagens, muitos agricultores brasileiros, especialmente aqueles em áreas remotas ou com recursos limitados, têm dificuldade em acessar essas tecnologias devido à falta de infraestrutura e suporte. Grande parte do território brasileiro ainda carece de infraestrutura de conectividade confiável, como internet de alta velocidade e cobertura de

rede celular. Isso dificulta a implantação e o uso eficaz de tecnologias agrícolas 4.0 que é a base de uso da Agricultura 5.0, ambas dependem de comunicação em tempo real e transferência de dados e é necessário que as tecnologias agrícolas 4.0 funcionem sem impedimentos.

Com isso acaba gerando uma falta de coleta adequada e gestão eficiente de dados em uma plantação. Muitos agricultores ainda não possuem sistemas robustos para coletar dados importantes, como condições do solo, umidade, temperatura e saúde das plantas. Além disso, mesmo que os dados sejam coletados, a falta de infraestrutura e conhecimento para gerenciá-los e analisá-los de forma eficaz limita a capacidade dos agricultores de tomar decisões informadas e otimizar suas práticas agrícolas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As áreas extensas dedicadas às pastagens tanto no Brasil quanto globalmente sofrem com a degradação, prejudicando a eficácia da pastagem pelo gado. Esta degradação é principalmente causada por práticas inadequadas de pastejo, a falta de reposição de nutrientes no solo e a infestação por plantas daninhas.

Para prevenir a degradação das pastagens, é essencial adotar medidas preventivas, como monitorar regularmente a densidade de animais por área de pasto, manter a fertilidade do solo por meio de manutenção periódica e controlar tanto as plantas daninhas quanto os insetos-pragas. Entre as plantas daninhas mais problemáticas para as pastagens estão as gramíneas invasoras, cuja semelhança morfológica, fisiológica e bioquímica com as gramíneas forrageiras dificulta seu controle.

Dentro deste contexto, é necessário ter a gestão dos dados relativos às variáveis envolvidas em todo o processo de manejo. Isto requer um sistema de informação que possa dar suporte ao processo de gerenciamento do manejo e forneça subsídios para as tomadas de decisão.

1.1.1 Solução Proposta

Diante desse problema, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta de gerenciamento e monitoramento utilizando dados gerados por profissionais da área de agronomia em seu trabalho de campo. A ferramenta será feita para dispositivos móveis e *web*,

cuja função é coletar dados em localizações remotas, essa solução visa auxiliar os agrônomos e produtores agrícolas no controle do nível de plantas daninhas e monitoramento da lavoura, permitindo um manejo mais assertivo contra essas plantas daninhas e a reposição adequada de nutrientes do solo.

1.1.2 Delimitação de Escopo

O escopo deste trabalho se limita ao desenvolvimento de um sistema de gerenciamento e monitoramento de pastagens degradadas. Não serão abordadas tecnologias específicas, como o aprendizado de máquina. O objetivo é criar uma estrutura computacional que sirva como base para o uso posterior de tais tecnologias.

1.1.3 Justificativa

A degradação das pastagens tem impactos negativos significativos na produtividade agrícola e na saúde ambiental. A falta de um sistema eficaz para informar os dados coletados nessas áreas dificulta a implementação de práticas de manejo adequadas. Portanto, este trabalho visa preencher essa lacuna, fornecendo uma ferramenta útil para os produtores agrícolas enfrentarem esse desafio.

1.2 OBJETIVOS

Esta seção formaliza os objetivos do trabalho, conforme descrito a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo de gerenciamento dos dados de manejo de plantas daninhas.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Definir os elementos ambientais a serem inseridos no banco.
2. Selecionar a metodologia adequada para o desenvolvimento da ferramenta.
3. Estabelecer a estrutura e construir o módulo de coleta de dados para a plataforma.
4. Implementar aplicativo capaz de realizar a coleta de dados mesmo *offline*.
5. Implementar a visualização de dados coletados.

6. Testar e validar os resultados obtidos pelo aplicativo.

1.3 METODOLOGIA

Nesta seção, será descrita a classificação deste trabalho, a metodologia adotada na pesquisa e serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

1.3.1 Metodologia de Pesquisa

Quanto à metodologia, a natureza do trabalho será pesquisa Aplicada, pois a ideia é desenvolver um sistema de gerenciamento capaz de gerenciar todos os processos necessários para o funcionamento de todo o conjunto do sistema, que tem como o objetivo a solução de um problema específico.

O trabalho seguirá a abordagem qualitativa, pois o problema possui aspectos não quantificados e conceituais, a falta de informação sobre o nível de infestação das pastagens. Será executado de forma experimental e com objetivo exploratório, pois o assunto é pouco explorado na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos relacionados ao uso de tecnologias da informação sobre ambientes na lavoura.

1.3.2 Procedimentos Metodológicos

O estudo da dinâmica das populações de plantas daninhas será realizado através da amostragem, gestão e monitoramento dessas espécies, sendo preenchido o formulário de coleta e enviado para o banco de dados.

Os dados serão obtidos a partir de profissionais nas lavouras coletando e inserindo os dados utilizando dispositivos com o aplicativo. A documentação do projeto, relatórios de execução e códigos fonte serão compartilhados em um repositório online, e um website será criado para divulgar os produtos e subprodutos do projeto à comunidade científica.

1.4 PLANO DE TRABALHO

O plano de trabalho foi estruturado em etapas sequenciais para garantir a execução eficiente e o alcance dos objetivos do projeto. Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica para embasar teoricamente o desenvolvimento, focando em pesquisas relacionadas a sistemas de informação e ao uso de tecnologia para a gestão de plantas daninhas.

Em seguida, as ferramentas e tecnologias para o desenvolvimento foram analisadas e selecionadas, levando em consideração critérios como precisão e adequação aos requisitos do sistema proposto.

Após a escolha das tecnologias, foi implementado um sistema de gerenciamento de tarefas para o monitoramento das plantas daninhas em campo, seguido da fase de testes e validação dos resultados obtidos. Por fim, os dados de desempenho do sistema foram analisados para avaliar a eficácia e adequação do sistema à gestão das plantas daninhas, visando confirmar a viabilidade e efetividade da solução desenvolvida.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados os conceitos e abordagens que fundamentam este trabalho, focando na evolução da agricultura com o auxílio da tecnologia, a fim de permitir uma melhor gestão de dados. Também apresenta-se as metodologias de desenvolvimento de software para este tipo de projeto.

2.1 AGRICULTURA DIGITAL

Diversos autores na literatura dividem a agricultura em cinco períodos de evolução tecnológica, desde a Agricultura 1.0 até a Agricultura 5.0 (MENDES et al., 2020). A Agricultura 4.0 é caracterizada pelo uso de dispositivos conectados em rede, como drones, sensores e sistemas de geolocalização, fornecendo precisão no monitoramento, controle e rastreabilidade de todo o processo em campo (SILVA et al., 2020). Além disso, é possível reduzir o consumo de água, fertilizantes e pesticidas por meio de práticas de manejo mais precisas e sustentáveis (BEZERRA et al, 2023). Já a Agricultura 5.0 faz o uso de diversas tecnologias para o gerenciamento dos dados coletados por drones e satélites, com o objetivo

de extrair as informações mais relevantes para a gestão da propriedade e condução de máquinas autônomas no campo (MASSRUHÁ et al., 2020).

A detecção de plantas daninhas é uma parte crucial da gestão agrícola moderna, pois essas plantas podem causar prejuízos significativos na produtividade agrícola (ANDRADE et al., 2012; NASCIMENTO, 2019). Reconhecer e controlar eficientemente essas plantas é essencial para garantir o sucesso das colheitas e reduzir os custos de produção (SOUZA et al., 2023; SANTOS et al., 2020).

Inicialmente representada pela Agricultura 4.0, ou Agricultura Digital, a transformação digital na agricultura visa aprimorar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade no campo. A Agricultura 4.0, nascida da combinação da telemática e do gerenciamento de dados com o conceito de Agricultura de Precisão, está sendo rapidamente sucedida pela Agricultura 5.0. Esta última incorpora tecnologias avançadas como Internet das Coisas (*IoT*), Inteligência Artificial (*IA*), Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*), drones, robótica e análise de dados (MASSRUHÁ et al., 2020a; BEZERRA et al., 2023).

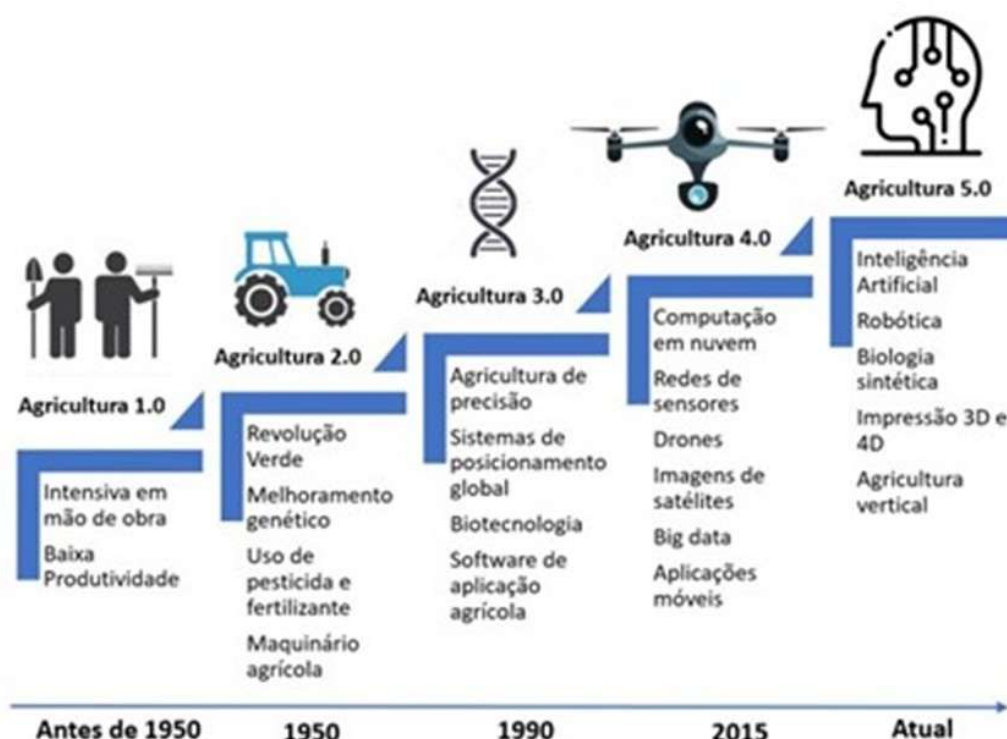


Figura 1 - Evolução da Agricultura 1.0 para a Agricultura 5.0.

Fonte: Mendes et. al. (2020)

A Agricultura 5.0 reflete a necessidade do setor agrícola se adaptar e aproveitar as inovações tecnológicas para permanecer competitivo, prometendo aumentar a eficiência, produtividade e sustentabilidade na agricultura global. No entanto, a falta de acesso a essas tecnologias, especialmente entre os agricultores em áreas remotas ou com recursos limitados, representa um obstáculo significativo. Essa disparidade no acesso pode agravar ainda mais as desigualdades socioeconômicas no setor agrícola. O acesso a tecnologias apropriadas é fundamental para promover sistemas agrícolas sustentáveis e resilientes, enfatizando a importância de políticas que incentivem a difusão e adoção dessas tecnologias em todas as regiões do país.

Além do acesso à tecnologia, a conectividade rural desempenha um papel crucial na implementação eficaz da Agricultura 4.0. A falta de acesso à internet de alta velocidade e à cobertura de rede celular em áreas rurais do Brasil é um desafio significativo para a adoção de tecnologias agrícolas avançadas. Essa falta de conectividade dificulta a comunicação em tempo real e a transferência de dados, aspectos essenciais para a eficácia das práticas agrícolas modernas. É importante ressaltar a importância da conectividade para o sucesso da Agricultura 4.0, destacando a necessidade de investimentos em infraestrutura de comunicação nas áreas rurais do país.

Para que a Agricultura Digital alcance sua potencialidade, é necessário que haja uma gestão de dados do dia a dia no campo. E para isto, sistemas de informação devem ser implementados.

2.2 GESTÃO DE DADOS NA AGRICULTURA

A gestão de dados é essencial para a agricultura moderna, especialmente nas fases mais avançadas, como a Agricultura 4.0 e 5.0. A coleta, processamento e análise de dados provenientes de drones, satélites e outros dispositivos conectados permitem extrair informações relevantes para a tomada de decisões e o gerenciamento eficiente das atividades agrícolas (MASSRUHÁ et al., 2020a; BEZERRA et al., 2023).

A falta de coleta e gestão eficiente de dados agrícolas, apontam que muitos agricultores brasileiros ainda não possuem sistemas robustos para coletar e gerenciar dados importantes, como condições do solo, umidade e saúde das plantas. Essa deficiência na coleta e gestão de dados limita a capacidade dos agricultores de tomar decisões informadas e

otimizar suas práticas agrícolas, dificultando a obtenção de maior eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, a gestão eficiente de dados tornou-se crucial para otimizar a produção agrícola, melhorar a tomada de decisões e aumentar a sustentabilidade (OLIVEIRA et al., 2019; BASSO & ANTLE, 2020).

Jha et al. (2019) apresenta que a gestão de dados na agricultura envolve a coleta, armazenamento, análise e utilização de informações provenientes de diversas fontes, como sensores de campo, drones, imagens de satélite e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estas tecnologias permitem monitorar em tempo real diversas variáveis agrícolas, incluindo umidade do solo, estado nutricional das plantas, presença de pragas e condições meteorológicas.

Wolfert et al. (2017) apresentam que o uso de sensores e tecnologias de Internet das Coisas (IoT) permite o monitoramento contínuo das condições do solo e das plantas. Isso possibilita a tomada de decisões precisas sobre irrigação, fertilização e controle de pragas, reduzindo o desperdício de recursos e aumentando a produtividade. Por exemplo, sistemas de irrigação inteligente podem ajustar automaticamente a quantidade de água aplicada com base nos dados de umidade do solo, promovendo a conservação de água.

Para Kamilaris, Kartakoullis e Prenafeta-Boldú (2017), a análise de dados históricos e atuais permite prever eventos climáticos, surtos de doenças e outras ameaças potenciais. Ferramentas preditivas baseadas em aprendizado de máquina e inteligência artificial ajudam os agricultores a planejarem atividades sazonais e a tomar medidas preventivas contra possíveis problemas. Essas ferramentas podem aumentar significativamente a eficiência e a resiliência das operações agrícolas.

Khanna e Zilberman (2017) apresentam que a rastreabilidade dos produtos agrícolas do campo à mesa é outra aplicação crucial da gestão de dados. Sistemas de rastreamento baseados em blockchain, por exemplo, podem registrar todas as etapas da cadeia de suprimentos, garantindo a transparência e a segurança alimentar. Isso não só ajuda a manter a qualidade dos produtos, mas também permite uma resposta rápida a eventuais problemas de contaminação ou recall de produtos.

Para Jha et al. (2019), a gestão de dados oferece inúmeros benefícios para o setor agrícola, que incluem:

- **Aumento da Produtividade:** A análise precisa de dados agrícolas permite otimizar o uso de insumos, resultando em colheitas mais abundantes e de melhor qualidade.
- **Sustentabilidade Ambiental:** Práticas agrícolas baseadas em dados ajudam a minimizar o uso de fertilizantes e pesticidas, reduzindo o impacto ambiental e promovendo a sustentabilidade.
- **Redução de Custos:** A eficiência operacional resultante da gestão de dados reduz os custos de produção, aumentando a lucratividade dos agricultores.
- **Melhoria na Gestão de Riscos:** O acesso a informações em tempo real e previsões precisas ajuda a mitigar riscos associados a condições climáticas adversas e pragas.

Os autores também apresentam que, apesar dos benefícios, a implementação da gestão de dados na agricultura enfrenta desafios significativos, tais como:

- **Integração de Dados:** A integração de dados provenientes de diversas fontes e formatos pode ser complexa e requer sistemas interoperáveis.
- **Segurança e Privacidade:** A proteção dos dados agrícolas contra acessos não autorizados e violações de privacidade é uma preocupação crescente.
- **Capacitação Técnica:** A falta de conhecimento técnico e treinamento adequado entre os agricultores pode dificultar a adoção de tecnologias avançadas de gestão de dados.
- **Infraestrutura:** Em regiões rurais, a falta de infraestrutura de comunicação e conectividade pode limitar a coleta e transmissão de dados em tempo real.

Wolfert et al. (2017) apontam que a gestão de dados na agricultura representa uma revolução que está transformando a forma como os alimentos são produzidos, processados e distribuídos. Ao capacitar os agricultores com informações precisas e em tempo real, é possível aumentar a produtividade, promover a sustentabilidade e melhorar a segurança alimentar. No entanto, para aproveitar plenamente os benefícios desta tecnologia, é necessário superar desafios técnicos e infraestruturais, além de garantir a proteção dos dados e a capacitação dos usuários. A integração eficaz da gestão de dados na agricultura tem o potencial de transformar o setor, garantindo um futuro mais sustentável e eficiente.

2.3 METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

O desenvolvimento de sistemas é uma tarefa complexa que requer planejamento cuidadoso, execução eficiente e monitoramento contínuo para garantir que os objetivos do projeto sejam alcançados. Diferentes metodologias foram desenvolvidas ao longo dos anos para gerenciar essa complexidade, cada uma com seus próprios princípios, práticas e áreas de aplicação específicas. A seguir tem-se as principais metodologias de desenvolvimento de sistemas, discutindo suas características, vantagens e desvantagens. Este levantamento foi necessário para estabelecer qual delas seria melhor para o desenvolvimento do sistema aqui proposto.

2.3.1 Metodologia em Cascata

A metodologia em cascata, introduzida por Royce em 1970, é uma abordagem linear e sequencial onde cada fase do desenvolvimento deve ser concluída antes de se passar para a próxima. As principais fases incluem levantamento de requisitos, design do sistema, implementação, testes, implantação e manutenção (BALAJI & MURUGAIYAN, 2012).

Como vantagens desta metodologia, tem-se a clareza no escopo e nas etapas do projeto, fácil gerenciamento devido à natureza sequencial, e a documentação detalhada em cada fase. Como desvantagem, tem-se o fato que se a inflexibilidade após o início pode levar a atrasos se problemas forem encontrados tardiamente. Este tipo de metodologia não é ideal para projetos onde os requisitos podem evoluir.

2.3.2 Metodologia em V

A metodologia em V é considerada na literatura como sendo uma extensão da ferramenta cascata, no qual, para cada fase de desenvolvimento tem-se uma fase de teste diretamente relacionada. Isso cria uma forma de V, onde as fases de desenvolvimento e testes são espelhadas (DOĞAN, BITIM & HIZIROĞLU, 2021).

Como vantagem desta ferramenta tem-se o foco intenso em testes, detecção precoce de defeitos, e maior garantia de qualidade. Como desvantagem, pode-se citar a inflexibilidade para mudanças tardias, o que pode ser demorado e custoso.

2.3.3 Metodologias Ágeis

Uma metodologia ágil é uma forma de gerir projetos, em que se busca a otimização dos processos. Em vez de seguir um plano rígido — como na gestão tradicional —, na metodologia ágil, é possível fazer ajustes e melhorias ao longo do desenvolvimento de projetos (MASSARI, 2014). A seguir são apresentadas as principais metodologias ágeis: Scrum, Kanban e XP.

Scrum é uma das metodologias ágeis mais populares, focada em entregas incrementais e iterativas de partes funcionais do sistema em *sprints*, que são ciclos de desenvolvimento curtos e fixos (geralmente de duas a quatro semanas). Equipes Scrum são auto-organizadas e multifuncionais, com papéis definidos como Product Owner, Scrum Master e membros do time de desenvolvimento (SABBAGH, 2013). Como vantagem da metodologia Scrum tem-se a flexibilidade para mudanças, entregas frequentes de incrementos funcionais, alta colaboração e comunicação dentro da equipe. Como desvantagem, a metodologia Scrum pode ser desafiadora para grandes equipes ou projetos muito complexos, exige disciplinas e compromisso com as práticas ágeis.

Kanban é uma da metodologia ágil que utiliza um sistema visual de gerenciamento de tarefas para otimizar o fluxo de trabalho e melhorar a eficiência. As tarefas são representadas em um quadro Kanban, e movidas através de diferentes estágios (como por exemplo: “a fazer”, “em progresso” e “concluído”) (REINERTSEN, ANDERSON & PINTO, 2011). As vantagens desta metodologia são a flexibilidade, a melhoria contínua, e o foco em limitar o trabalho em progresso para evitar sobrecarga. Como desvantagens, ela pode ser difícil de implantar sem uma cultura organizacional adequada, menos estruturada em termos de ciclos de desenvolvimento comparada ao Scrum.

eXtreme Programming (XP) é uma da metodologia ágil que enfatiza a excelência técnica e a melhoria contínua, com práticas como programação em par, desenvolvimento orientado a testes e integração contínua. Ela promove alta comunicação com o cliente e ajustes frequentes aos requisitos (TELES, 2014). Como vantagem desta metodologia, tem-se a alta qualidade do código, rápida adaptação a mudanças, e forte foco em testes. Como desvantagens tem-se o fato de requerer alto nível de disciplina e habilidades técnicas.

2.3.4 Metodologías Híbridas

Uma metodologia híbrida combina características das metodologias em cascata e ágil. As principais metodologias híbridas são Lean e DevOps.

Lean Development é uma abordagem que combina princípios ágeis com a filosofia *Lean* de eliminar desperdícios e maximizar valor. Foca em entregar valor rapidamente ao cliente e melhorar continuamente o processo de desenvolvimento (POPPENDIECK & POPPENDIECK, 2003). Como vantagens desta abordagem tem-se a eficiência, entrega rápida de valor e redução de desperdícios. Como desvantagem o fato de requerer uma compreensão profunda dos princípios *Lean*, e pode ser complexo implementar em ambientes tradicionais.

DevOps é uma metodologia híbrida que integra o desenvolvimento de software (Dev) com operações de TI (Ops) para melhorar a colaboração e eficiência. Enfatiza a automação, integração contínua e entrega contínua, além de uma cultura de colaboração entre equipes (KIM et al., 2018). Como vantagens tem-se a rápida entrega de software, melhor qualidade e confiabilidade, e maior colaboração entre equipes. Como desvantagens tem-se o fato de requer mudanças culturais significativas, e pode ser difícil de implementar sem as ferramentas e treinamento adequados.

2.4 CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo, foram apresentadas diversas metodologias para serem usadas no desenvolvimento deste trabalho, com intuito de conhecer os conceitos e fundamentos para o projeto proposto. Analisando o projeto e sua demanda a metodologia em cascata foi a escolhida para a realização deste projeto devido à sua abordagem estruturada e linear, que proporciona uma gestão eficaz e controle de qualidade, além de ser adequada para projetos com requisitos bem definidos e estáveis. O projeto apresenta muitas etapas se necessitam que a etapa anterior esteja completa, principalmente na etapa de desenvolvimento onde para começar o desenvolvimento do aplicativo é necessário que toda a estrutura que será usada esteja pronta.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção apresenta-se trabalhos relacionados ao desenvolvimento de tecnologias para o manejo de plantas daninhas na agricultura, com foco em sistemas de previsão e controle.

3.1 DEFINIÇÕES DE BUSCA

Para conduzir as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias para o manejo de plantas daninhas na agricultura, foram empregadas estratégias de busca que contemplam diferentes aspectos do tema abordado no texto fornecido. As frases-chave utilizadas para orientar as pesquisas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Strings de busca

Identificação	Strings de Busca
BO1	Detecção de plantas daninhas
BO2	Controle de plantas daninhas
BO3	Manejo de plantas daninhas
BO4	Soluções no manejo de plantas daninhas
BO5	Aplicações da Agricultura 4.0
BO6	Aplicações da Agricultura 5.0

Fonte: O autor

3.2 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Foram estabelecidos os seguintes critérios para seleção dos trabalhos:

- trabalho deve ter sido publicado entre janeiro de 2019 e maio de 2024;
- trabalho deve ser escrito no idioma português ou no idioma inglês;
- trabalho deve corresponder aos termos de busca aplicados;

E foram estabelecidos os critérios de exclusão:

- trabalho não ter sido publicado entre janeiro de 2019 e maio de 2024;
- trabalho ser escrito em qualquer outro idioma diferente de português e inglês;
- trabalho não corresponder aos termos de busca aplicados; e
- trabalho não apresentar conteúdo relacionado a computação.

3.3 DEFINIÇÃO DAS QUESTÕES A SEREM ANALISADAS

Para atingir os objetivos da revisão bibliográfica foram criadas questões primárias (QP) e para a resolução delas foram criadas questões secundárias (QS) conforme a seguir:

- QP01: Quais as tecnologias utilizadas?
 - o QS01.01: Como foi feita a base de dados?
 - o QS01.02: Quais foram os métodos implementados?
- QP02: Quais resultados obtidos?
 - o QS02.01: Qual o contexto que foi aplicado?
 - o QS02.02: Qual a avaliação obtida a partir do resultado?

3.4 RESULTADO DAS BUSCAS

Os resultados das buscas serão compilados a partir da análise de estudos e projetos encontrados em bases de dados acadêmicas, revistas especializadas e outras fontes relevantes. Serão documentados os principais achados e contribuições de cada trabalho para o avanço do manejo de plantas daninhas na agricultura.

A Tabela 2 apresenta a relação entre os trabalhos selecionados e as *strings* de busca.

Tabela 2 - Relação entre trabalhos e strings de busca.

Identificação	Strings de Busca	Referência	Título
TO1	B06	Arnason (2023)	<i>Predictive maps help weed control.</i>
TO2	B04	Corrêdo e Borém (2023).	Ferramentas digitais aplicadas à experimentação agrícola em larga escala: experimentação de precisão.
TO3	B04	Oliveira; Fernandes; e Moresco (2023)	Perspectivas da Agricultura 5.0 para o Manejo de Plantas Daninhas.
TO4	B06	Costa; Mantovani; e Rodrigues (2023)	Os Avanços da Agricultura de Precisão e sua Interface com a Agricultura 5.0

Fonte: O autor

Como demonstrado na Tabela 3, foram selecionados quatro trabalhos, onde três são em português e um em inglês, e em que a frase B01 e B02 retornaram dois trabalhos selecionáveis, a frase B07 e B05 retornaram apenas um trabalho selecionável.

A pesquisa intitulada "*Predictive maps help weed control*" oferece uma abordagem fundamentalmente importante para o controle de plantas daninhas, ao desenvolver mapas preditivos. Essa metodologia proativa pode maximizar a eficiência do controle e minimizar o uso excessivo de produtos químicos prejudiciais, representando um avanço significativo na agricultura sustentável.

O estudo "Ferramentas digitais aplicadas à experimentação agrícola em larga escala: experimentação de precisão", destaca a relevância das ferramentas digitais na experimentação

agrícola. Esta pesquisa ressalta a necessidade de uma abordagem mais precisa e eficiente no manejo de plantas daninhas, promovendo práticas agrícolas sustentáveis e econômicas.

O trabalho "Perspectivas da Agricultura 5.0 para o Manejo de Plantas Daninhas", analisa como a Agricultura 5.0 pode ser aplicada no controle de plantas invasoras. Ao explorar os potenciais aplicações das tecnologias emergentes, esta pesquisa fornece insights valiosos sobre como enfrentar desafios associados ao controle de plantas daninhas de maneira inovadora e eficaz.

Em "Os Avanços da Agricultura de Precisão e sua Interface com a Agricultura 5.0", discutem a integração dessas abordagens. O estudo destaca o potencial de soluções tecnológicas avançadas para otimizar o manejo de plantas daninhas, resultando em práticas agrícolas mais sustentáveis, eficientes e economicamente viáveis.

3.5 TRABALHOS SELECIONADOS

Esta seção tem como objetivo apresentar brevemente os trabalhos selecionados, onde foram utilizadas ferramentas e sistemas representando a Agricultura 4.0 e Agricultura 5.0.

3.5.1 Predictive Maps Help Weed Control

Arnason (2023) apresenta o trabalho de Greg Stewart na Geco Engineering, utilizando aprendizado de máquina e análise de imagens para permitir que os agricultores apliquem herbicidas de forma mais precisa e eficiente. Essas soluções visam reduzir custos e minimizar os impactos ambientais, promovendo uma agricultura mais sustentável.

Greg Stewart e sua equipe, revolucionaram o manejo de plantas daninhas na agricultura canadense ao combinar inteligência artificial e modelagem agronômica para criar mapas preditivos de plantas daninhas. Esses mapas permitem que os agricultores apliquem herbicidas de forma mais estratégica, reduzindo custos e minimizando impactos ambientais. Ao analisar dados de satélite ao longo de vários anos, a Geco Engineering é capaz de prever com precisão onde as plantas daninhas surgirão, fornecendo insights valiosos para otimizar o controle de plantas daninhas e melhorar a eficácia do manejo de culturas.

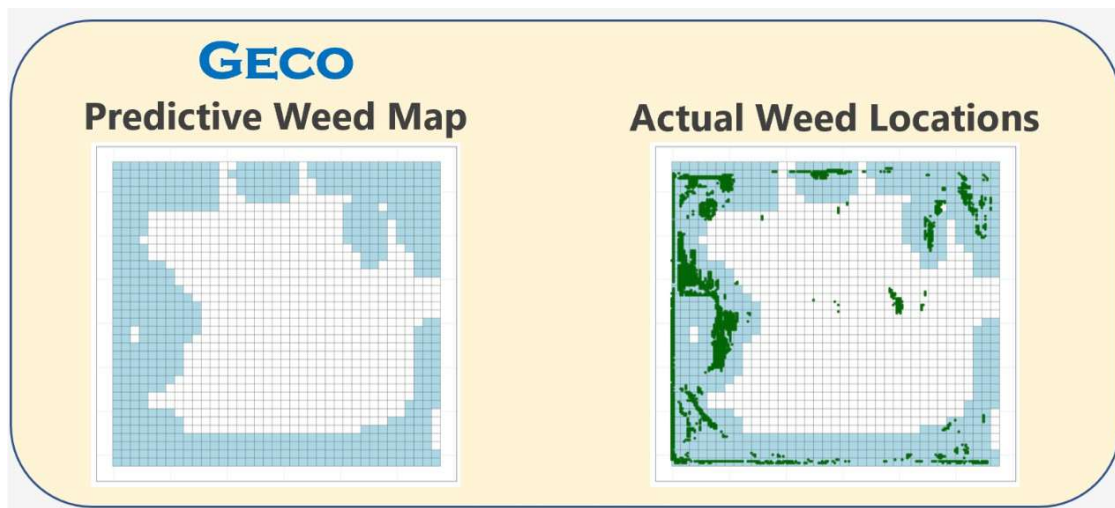


Figura 2. Comparação do mapa preditivo com a localização das plantas daninhas

Fonte: Geco Engineering(2024)

Os testes realizados em colaboração com fazendas inteligentes e instituições de pesquisa confirmam o potencial transformador dessa tecnologia para a agricultura digital no Canadá. Com planos de disponibilizar o serviço por meio de taxas por acre ou assinaturas, a Geco Engineering busca democratizar o acesso a soluções de ponta na agricultura, capacitando os agricultores a enfrentarem os desafios e aproveitar as oportunidades apresentadas pela agricultura moderna.

Para alcançar o objetivo do projeto, foi necessário criar uma infraestrutura robusta de gestão de dados. Para tanto, sistemas de informação que possam coletar, armazenar e gerenciar os dados, desde os mais básicos até os mais complexos, como imagens são primordiais.

Figura 3. Foto de Greg Stuart e seu mapa preditivo

Fonte: The Western Producer (2023)



3.5.2 Ferramentas Digitais Aplicadas à Experimentação Agrícola em Larga Escala: Experimentação de Precisão

O trabalho de Corrêdo e Borém (2023) destaca a importância das recomendações agronômicas na busca por produtividades elevadas e retorno econômico no contexto da agricultura moderna, especialmente com a implementação de tecnologias no campo visando uma produção mais sustentável. Os produtores buscam otimizar o uso de insumos por meio do conhecimento em tempo real das lavouras, considerando informações do clima e do mercado para maximizar os rendimentos safra após safra e alcançar maior sustentabilidade.

Tradicionalmente, o progresso na agricultura era impulsionado pela troca de experiências entre gerações de agricultores, mas a decisão sobre a aplicação de insumos estava ligada a pequenos experimentos. No entanto, a aplicação em grandes áreas trazia incertezas devido à complexa interação de fatores bióticos e abióticos.

Com o avanço da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas, como colhedoras, a coleta de dados de produtividade da lavoura tornou-se mais frequente, permitindo aos produtores visualizar espacialmente como os fatores influenciam na produtividade. Esses dados são essenciais para a tomada de decisões sobre gestão de insumos, visando o aumento da lucratividade e sustentabilidade.

A variabilidade da produtividade está associada à interação de diversos fatores que ocorrem de forma variável na lavoura. A gestão dessa variabilidade passa pela personalização das recomendações de insumos para cada coordenada da lavoura.

As recomendações atuais para aplicação de insumos baseiam-se em poucas amostragens de solo e tabelas regionais, mas o avanço tecnológico permite uma gestão mais precisa e personalizada dos insumos. A experimentação on-farm, realizada em propriedades comerciais, em colaboração com produtores e gestores, visa avaliar diferentes estratégias de manejo e recomendações, utilizando dados específicos da área em questão.

Essas iniciativas visam refinar as recomendações agronômicas, considerando as características regionais, e são impulsionadas pela análise de dados e métodos de inteligência artificial, oferecendo suporte à tomada de decisão na agricultura moderna.

3.5.3 Perspectivas da Agricultura 5.0 no Manejo de Plantas Daninhas

Oliveira; Fernandes; e Moresco (2023) apresentam que o manejo químico de plantas daninhas desempenha um papel crucial na agricultura moderna, oferecendo uma maneira eficiente de aumentar a produtividade das culturas e reduzir a necessidade de controle mecânico de ervas daninhas, e para o efetivo controle é necessária a gestão eficiente dos dados. A aplicação de herbicidas, predominantemente por meio de pulverizadores hidráulicos, permite o controle eficaz de plantas daninhas nas linhas de plantio. Contudo, essa prática traz preocupações ambientais significativas, como a contaminação de recursos naturais e os impactos negativos à saúde humana devido à aplicação incorreta desses produtos e à presença de resíduos agro químicos nos alimentos (WANG et al., 2022; PARTEL; CHARAN KAKARLA; AMPATZIDIS, 2019).

A gestão efetiva dos dados pode mitigar esses impactos, destacando a necessidade de reduzir o volume de agroquímicos utilizados através de aplicações precisas e direcionadas ao alvo, bem como o desenvolvimento de novos produtos mais eficientes e menos tóxicos.

3.5.4 Os Avanços da Agricultura de Precisão e sua Interface com a Agricultura 5.0

O trabalho de Costa, Mantovani e Rodrigues (2023) explora a evolução tecnológica na agricultura, destacando a transição da Agricultura 4.0 para a Agricultura 5.0. A Agricultura 4.0 já trouxe grandes avanços ao setor agropecuário com o uso de sensores, drones, imagens de satélite e análise de grandes volumes de dados. A Agricultura 5.0 vai além, integrando robótica, inteligência artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) para automatizar operações e melhorar a sustentabilidade e produtividade.

Esse trabalho discute como a Agricultura de Precisão, que é parte integrante da Agricultura 5.0, permite manejar a produção de forma precisa, minimizando erros e aumentando a eficiência através de tecnologias avançadas como GPS, sistemas de monitoramento de colheita, e equipamentos de aplicação em taxa variável. A abordagem

sustentável visa aumentar a produção de alimentos com maior produtividade, qualidade e eficiência, minimizando o impacto ambiental. Tudo isto, a partir da gestão eficiente dos dados.

As tecnologias digitais prometem resolver a necessidade de aumentar a produção de alimentos sem comprometer os recursos naturais. Este trabalho evidencia como essas inovações tecnológicas podem ser aplicadas em diferentes áreas de conhecimento dentro da agricultura, promovendo uma evolução contínua no setor.

As mudanças radicais na gestão agrícola devido ao acesso a informações e habilidades de tomada de decisão facilitadas por tecnologias de transferência sem fio (MARUCCI et al., 2017). A coleta e transmissão de dados, permite um monitoramento eficaz das atividades agrícolas.

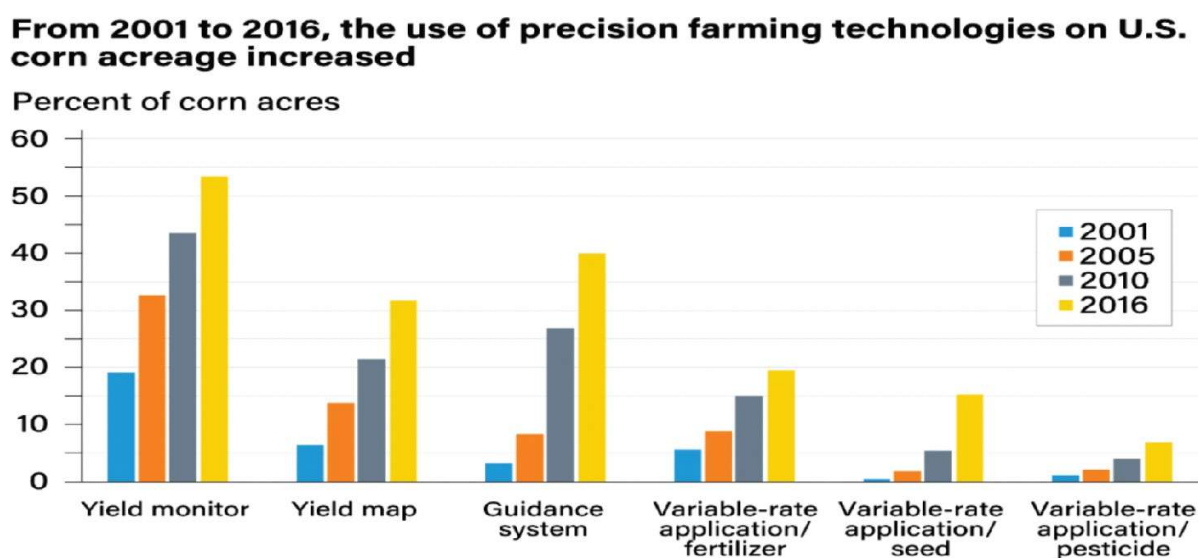


Figura 4. Uso de diferentes tecnologias da Agricultura de Precisão em área de produção de milho no período de 2001 a 2016, nos Estados Unidos.

Fonte: Agricultura 5.0

3.6 COMPARAÇÃO DOS TRABALHOS SELECIONADOS COM O PROJETO

Os estudos correlatos influenciaram diretamente o projeto ao destacar a importância da coleta de dados para análises futuras. O trabalho de Arnason (2023) inspirou a estruturação do aplicativo para integrar dados com tecnologias avançadas no futuro. Oliveira et al. (2023), Corrêdo e Borém (2023) destacam a necessidade de ferramentas acessíveis para os agricultores, enquanto Costa et al. (2023) reforçou a necessidade de dados referenciados para Agricultura de Precisão. O foco em sustentabilidade levou à inclusão de recursos para registrar práticas ambientais. O aplicativo oferece uma solução mais simples, mas ainda prática e acessível para os produtores, sendo o passo inicial para conectar práticas de campo às inovações da Agricultura 4.0 e 5.0 e acompanhar o ganho de escala dessas tecnologias.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo apresenta-se a modelagem do projeto, trazendo as principais ferramentas, recursos, arquitetura e técnicas empregadas no projeto. Em seguida o sistema é apresentado.

4.1 REQUISITOS DO SISTEMA

Para o desenvolvimento da ferramenta de gestão de dados de manejo proposta, foi necessário realizar o levantamento dos Requisitos Funcionais, Não Funcionais e das Regras de Negócio, os quais são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 3 - Requisitos Funcionais.

ID	Requisito	Descrição
RF01	Cadastrar usuário	O aplicativo deve fazer ser capaz de fazer o cadastro de usuário
RF02	Registrar plantas	Permitir que o usuário possa registrar uma planta no sistema
RF03	Consultar plantas	Permitir que o usuário possa consultar plantas já registradas no sistema
RF04	Editar plantas	O usuário pode editar plantas existentes no banco de dados
RF05	Excluir plantas	Proporcionar um meio de excluir plantas já registradas
RF06	Gerar gráfico	Capaz de gerar um gráfico personalizado para o usuário
RF07	Exportar relatório em PDF	Capaz de gerar um relatório para o usuário e exportar em formato PDF

Tabela 4 - Requisitos Não Funcionais.

ID	Requisito	Descrição
RNF01	Desenvolvimento Flutter	O sistema deve ser implementado usando Dart com framework Flutter
RNF02	Login responsivo	O acesso ao sistema não pode demorar mais do que 10 segundos
RNF03	Sincronização de dados	O sistema deve fazer sincronização de dados com o banco de dados sempre que possível
RNF04	Compatibilidade com Android	O sistema deve ter compatibilidade com sistema operacional Android
RNF05	Sistema responsivo	O sistema não pode demorar mais que 10 segundos para executar uma funcionalidade

Tabela 5 - Regras de Negócio.

ID	Regra de Negócio	Descrição
RN01	Registro Único por Coleta	Cada registro de planta daninha deve ser único para uma combinação específica de data, local de coleta e tipo de invasora.
RN02	Sincronização automática	O sistema deve permitir a coleta de dados offline, armazenando temporariamente no dispositivo e sincronizando com o servidor quando a conexão for restabelecida.
RN03	Não permitir duplicidade de plantas	O sistema deve enviar uma notificação para os usuários responsáveis quando detectar inconsistências nos dados, como peso seco maior que peso verde.

4.2 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO E SEQUÊNCIA

A Figura 5 apresenta o Diagrama de Caso de Uso, os quadros subsequentes apresentam os casos de uso principais com seus respectivos Diagramas de Sequência.

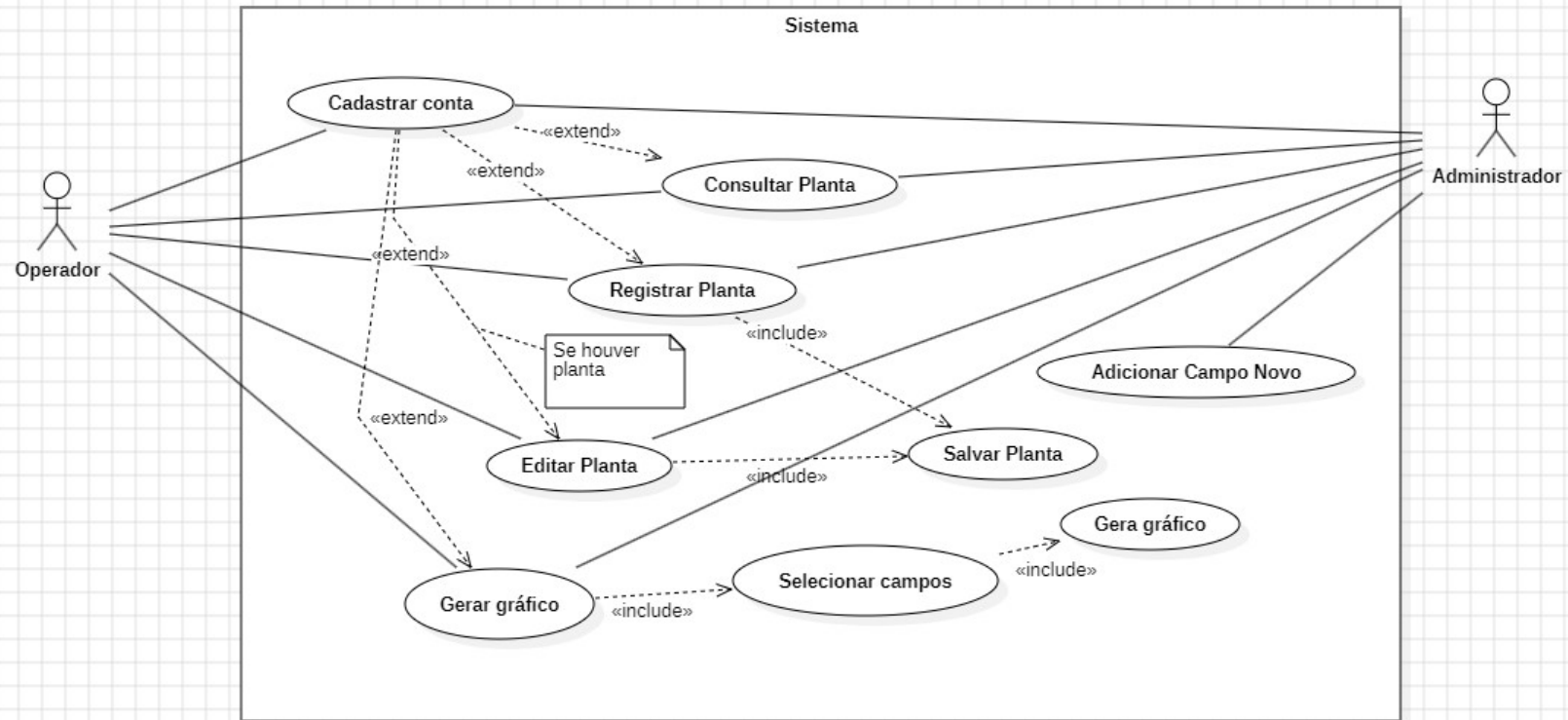


Figura 5. Diagrama de Caso de Uso.

Fonte: O autor

Quadro 1 - Cadastro de Usuário

Cadastro de Usuário	
Caso de uso 1	Nome: Cadastro de Usuário
Descrição: Realização de cadastro de usuário no sistema	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: -	
Fluxo principal:	
1. Informar o nome	
2. Informar o sobrenome	
3. Informar o CPF	
4. Informar o telefone	
5. Informar a data de nascimento	
6. Informar a cidade	
7. Informar o estado	
8. Informar endereço	
9. Informar o numero da residencia	
10. Informar complemento do endereço	
11. Informar CEP	
12. Informar e-mail	
13. Informar senha	
14. Confirmar senha	
15. Finalizar cadastro	
Fluxo alternativo e exceções:	
- Informar o complemento de residência é opcional.	
- É possível criar uma conta administradora	
Pós-condições:	
Se o cadastro do usuário não existir no sistema, deve-se salvar no banco de dados e retornar uma mensagem ao usuário informando que a conta foi criada com sucesso.	

Fonte: O autor

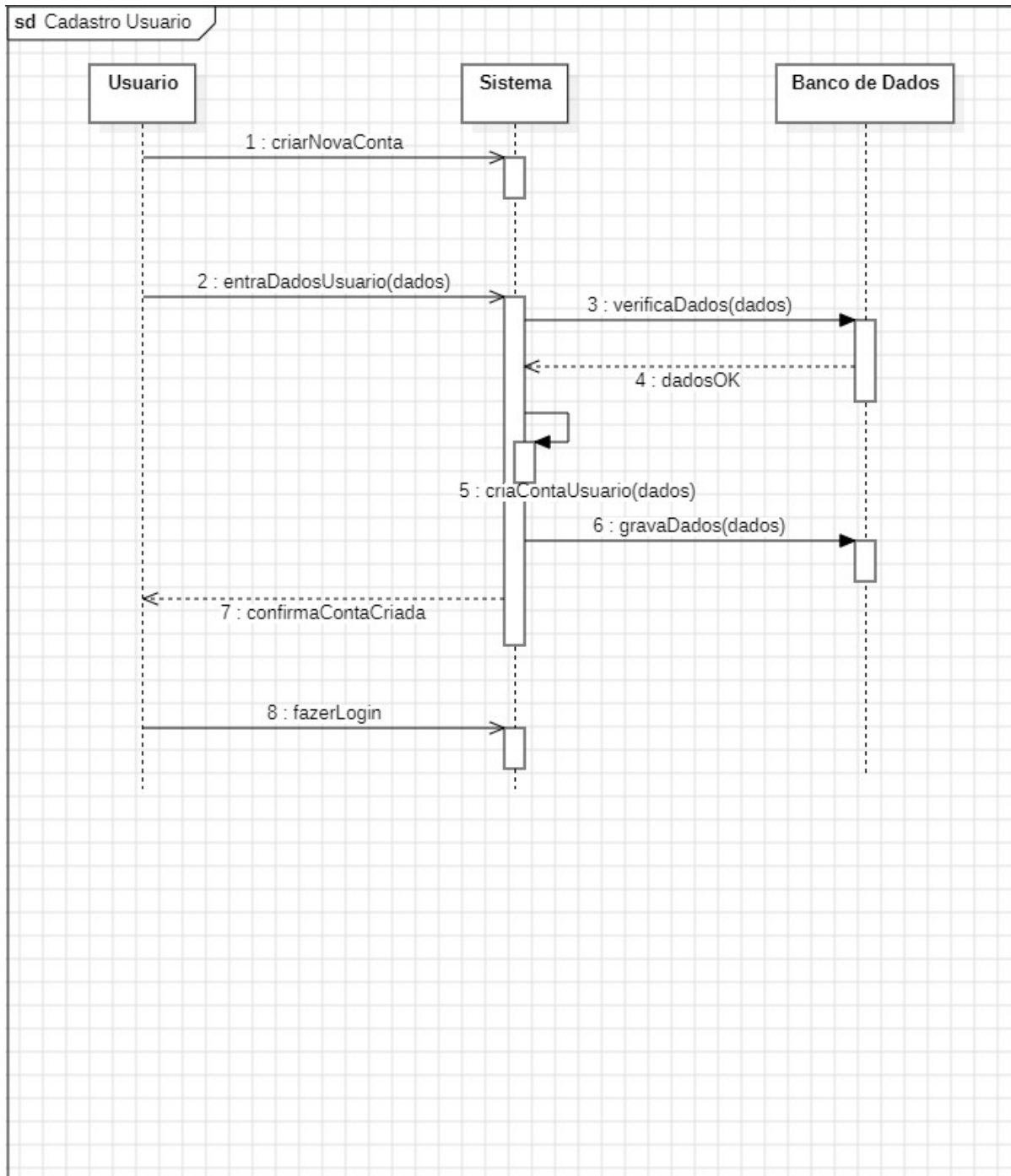


Figura 6. Diagrama de Sequência de Cadastro de Usuário.

Fonte: O autor

Quadro 2 - Registro de Planta

Registro de Planta	
Caso de uso 2	Nome: Registro de Planta
Descrição: Realização de registro de planta no sistema	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: Possuir conta cadastrada	
Fluxo principal:	
1. Informar o pasto	
2. Informar o nome da espécie	
3. Informar a quantidade	
4. Informar a condição do solo	
5. Informar a cultura	
6. Informar peso verde	
7. Informar peso seco	
8. Salvar planta	
Fluxo alternativo e exceções:	
- Caso a pesagem seca não for feita, salvar os dados para depois inseri-los	
- Caso a pesagem fresca não for feita, salvar os dados para depois inseri-los	
Pós-condições:	
Se o registro da planta daninha não existir no sistema, deve-se registrar no banco de dados e retornar uma mensagem ao usuário informando que o registro foi criado com sucesso.	

Fonte: O autor

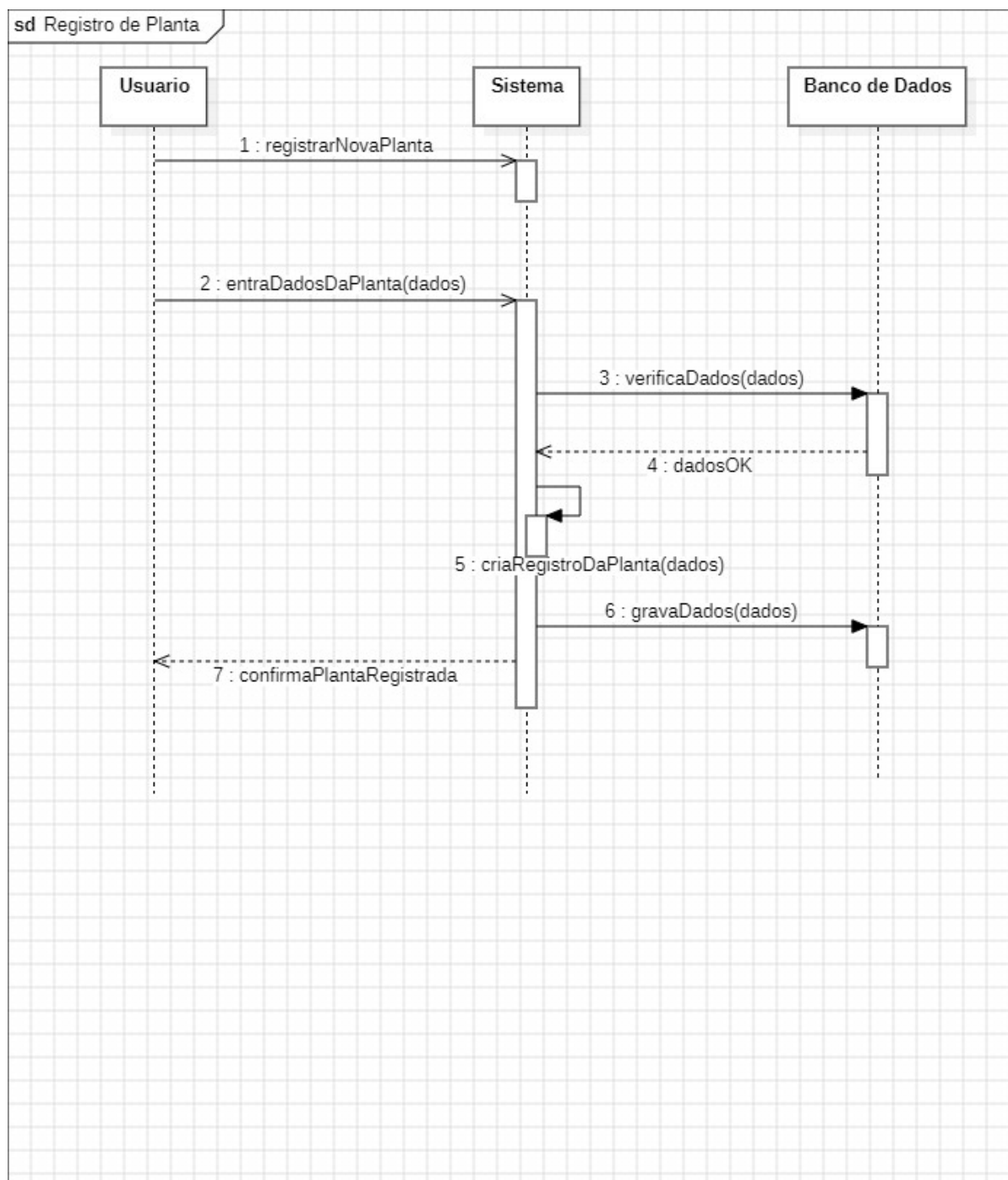


Figura 7. Diagrama de Sequência de Registro de Planta.

Fonte: O autor

Quadro 3 - Consultar Planta

Consultar Planta	
Caso de uso 3	Nome: Consultar Planta
Descrição: Realização de consulta de planta no sistema	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: Possuir planta registrada	
Fluxo principal:	
1. Informar o pasto	
2. Informar o nome da espécie	
4. Informar a condição do solo	
5. Informar à cultura	
8. Procurar planta	
Fluxo alternativo e exceções:	
- Não é necessário preencher todos os campos de busca	
Pós-condições:	
Se possuir o registro da planta no sistema, deve aparecer o resultado da busca na tela.	

Fonte: O autor

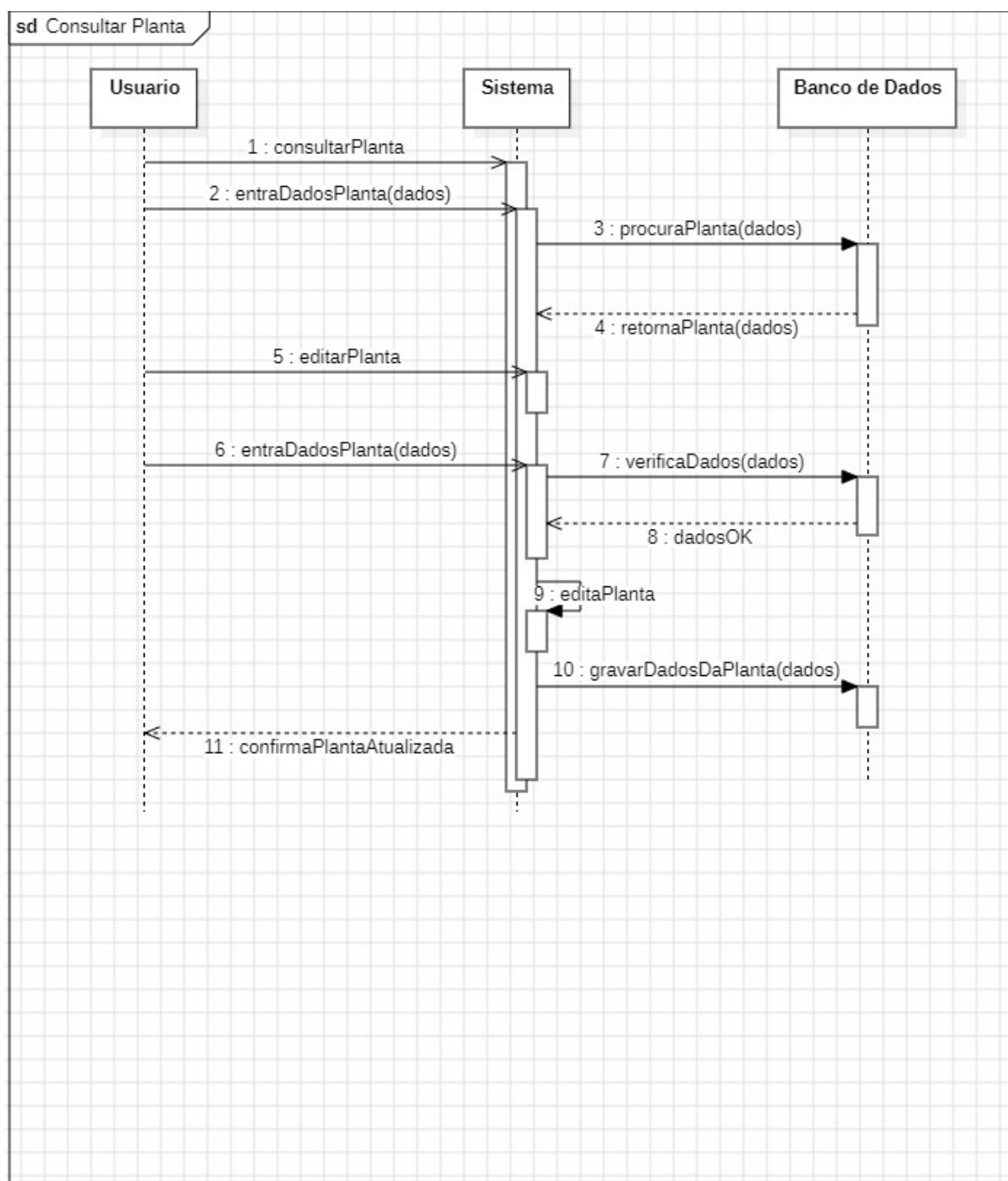


Figura 8. Diagrama de Sequência de Consulta e Edição.

Fonte: O autor

Quadro 4 - Editar Planta

Editar Planta	
Caso de uso 4	Nome: Editar Planta
Descrição: Realização da edição da planta no sistema	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: Fazer busca da planta	
Fluxo principal:	
1. Informar o pasto	
2. Informar o nome da espécie	
3. Informar a quantidade	
4. Informar a condição do solo	
5. Informar a cultura	
6. Informar peso verde	
7. Informar peso seco	
8. Salvar planta	
Fluxo alternativo e exceções:	
- Não é necessário editar todos os campos	
- Poderá preencher apenas os campos vazios e salvá-los	
Pós-condições:	
Após fazer as edições e salvar, deverá aparecer uma notificação de conclusão de salvamento da planta.	

Fonte: O autor

Quadro 5 - Gerar gráfico personalizado

Gerar gráfico personalizado	
Caso de uso 5	Nome: Gerar gráfico personalizado
Descrição: Seleção de campos para gerar um gráfico personalizado	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: Possuir plantas registradas	
Fluxo principal:	
1. Selecionar o botão de “Gerar gráfico personalizado”	
2. Informar o primeiro campo a ser usado	
3. Informar o segundo campo a ser usado	
4. Click em “Gerar gráfico”	
Fluxo alternativo e exceções:	
- Não é necessário selecionar os dois campos	
- Poderá preencher apenas os campos vazios e salvá-los	
Pós-condições:	
Após selecionar os campos que serão utilizados o gráfico será gerado apresentando as colunas correspondendo os dados dos campos selecionados.	

Fonte: O autor

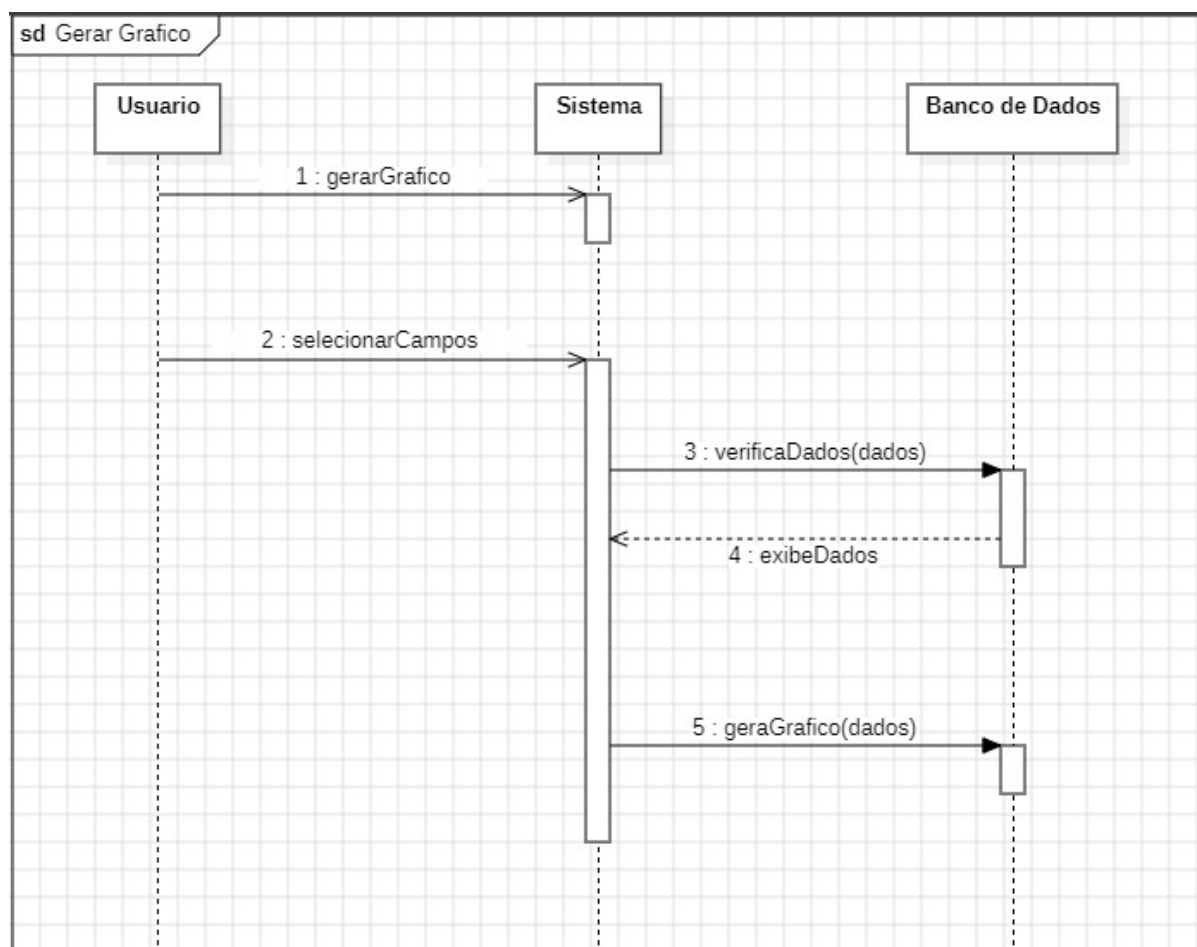


Figura 9. Diagrama de Gerar Gráfico.

Fonte: O autor

Quadro 5 - Exportar PDF

Exportar PDF	
Caso de uso 6	Nome: Exportar PDF
Descrição: Exporta arquivo PDF, apresentando um relatório de dados coletados vindo das plantas registradas.	
Atores primários: Operador	
Atores secundários: Administradores	
Pré-condições: Possuir plantas registradas	
Fluxo principal:	
1. Selecionar o botão de “Exportar PDF”	
2. Abrir pasta “Downloads”	
3. Abrir ou exportar arquivo	
Fluxo alternativo e exceções:	
-	
Pós-condições:	
Após selecionar o botão de “Exportar PDF” será gerado um arquivo que será salvo na pasta padrão de “Downloads” no dispositivo usado.	

Fonte: O autor

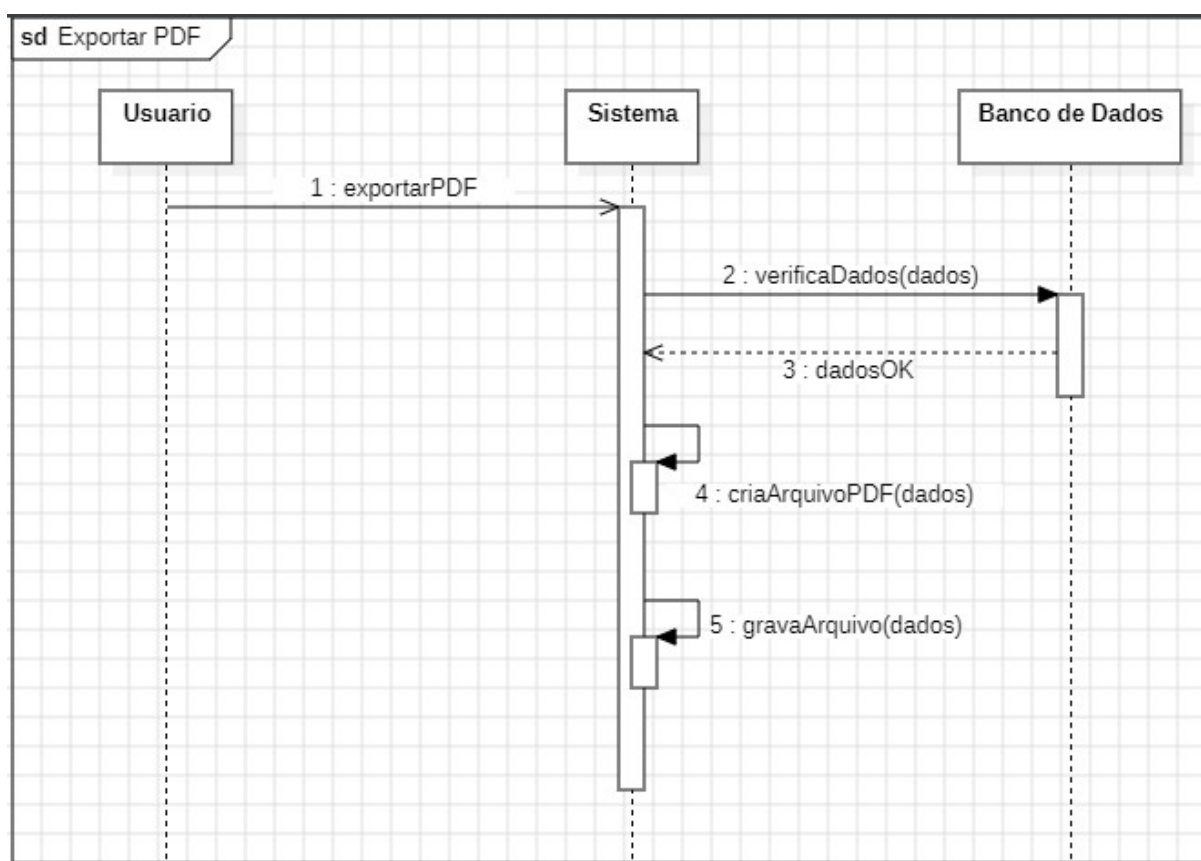


Figura 10. Diagrama de Exportar PDF.

Fonte: O autor

4.3 ARQUITETURA

O desenvolvimento do AgroSync envolveu a integração de diversas tecnologias modernas, visando garantir robustez, escalabilidade, usabilidade e segurança.

4.3.1 Flutter

Flutter é um framework multiplataforma baseado em Dart, foi escolhido como framework de desenvolvimento devido à sua capacidade de criar aplicações multiplataforma (Android, iOS, Web e Desktop) com uma única base de código. Sua arquitetura baseada em widgets permite a construção de interfaces altamente customizáveis e responsivas, além de proporcionar hot reload, o que acelera o ciclo de desenvolvimento e testes.

4.3.2 Hive

Hive é um banco de dados local e sem servidor para armazenamento de dados em dispositivos móveis, sendo útil para aplicações que exigem funcionalidade offline. Dado que muitas áreas agrícolas podem não ter cobertura de rede estável, o Hive foi integrado ao sistema para que os dados possam ser coletados e armazenados localmente, mesmo quando a conectividade com a internet for limitada ou inexistente.

Após a coleta dos dados, quando a conectividade é restaurada, o Hive sincroniza tanto automaticamente quanto manualmente os dados com o Firestore. O Hive, com seu baixo consumo de recursos e alta performance, foi a escolha ideal para garantir que o sistema fosse funcional em áreas remotas e sem acesso à internet de alta qualidade.

4.3.3 Firebase Firestore

Firebase Firestore é um banco de dados NoSQL fornecido pelo Firebase, que oferece armazenamento de dados em tempo real, escalabilidade e fácil integração com aplicativos móveis. No contexto deste projeto, o Firestore foi utilizado para armazenar dados sobre o monitoramento das lavouras, como informações sobre o controle de plantas daninhas.

A escolha do Firestore foi motivada pela sua capacidade de sincronizar dados em tempo real entre os dispositivos dos usuários e a nuvem. O Firestore é altamente escalável, o que permite que o sistema suporte um grande volume de dados sem comprometer a performance. A sua estrutura de dados flexível e suas consultas rápidas e eficientes são ideais para armazenar os dados não estruturados gerados pelo monitoramento das lavouras.

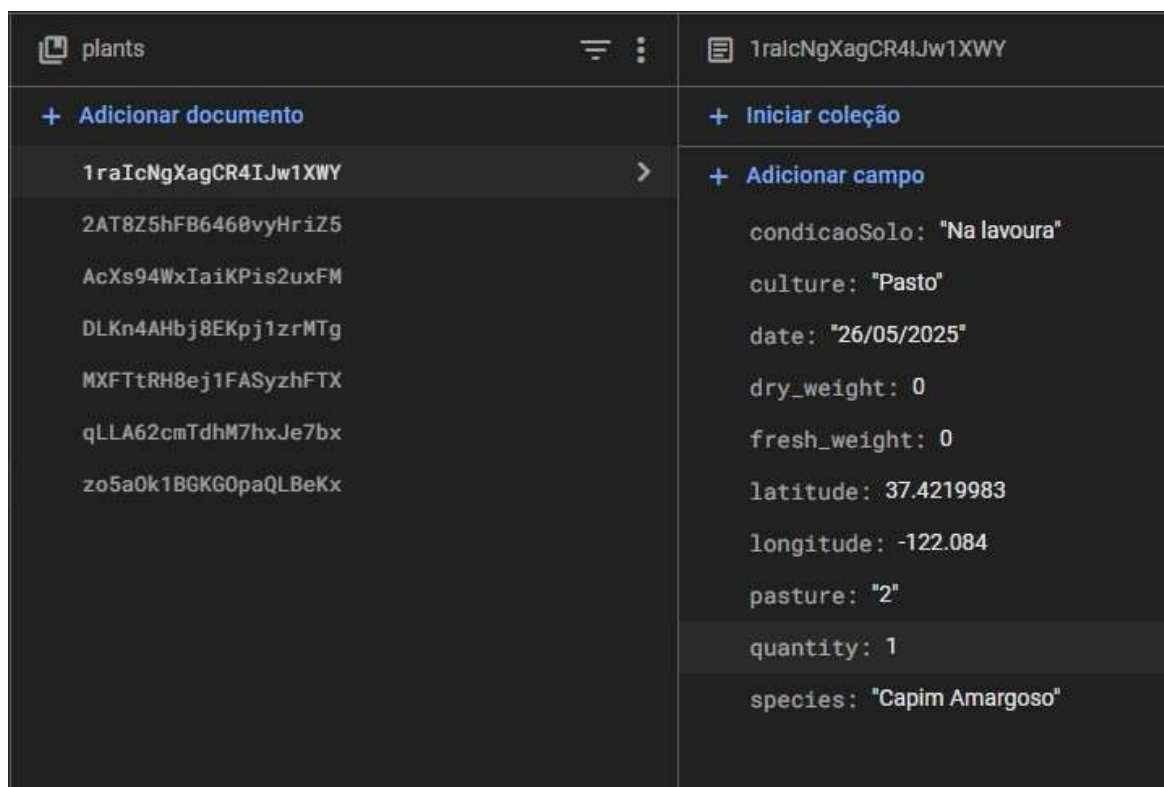


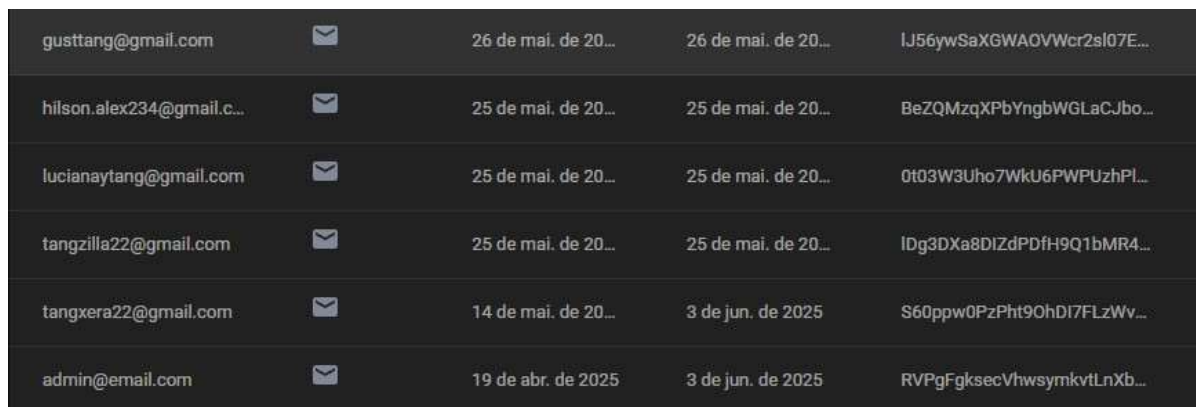
Figura 11. Imagem de planta salva no Cloud Firestore

Fonte: O autor

4.3.4 Firebase Authentication

Firebase Authentication é um serviço de autenticação que facilita a implementação de sistemas de login. No projeto, o Firebase Authentication foi usado para permitir que os usuários se registrassem e acessassem o sistema. Ele oferece suporte a diferentes métodos de autenticação, como autenticação via email e senha, além de recursos adicionais como recuperação de senha e autenticação persistente.

A integração simples com o Firestore também permitiu que os dados de autenticação fossem gerenciados de forma eficiente, sem a necessidade de desenvolver um sistema de autenticação personalizado.

A screenshot of the Firebase Authentication console interface. It displays a table with six rows of user data. Each row includes an email address, a status icon (an envelope), a creation date, a last sign-in date, and a unique user ID. The background is dark grey, and the text is white.

gusttang@gmail.com	✉	26 de mai. de 20...	26 de mai. de 20...	IJ56ywSaXGWA0VWcr2sl07E...
hilson.alex234@gmail.c...	✉	25 de mai. de 20...	25 de mai. de 20...	BeZQMzqXPbYngbWGLaCJbo...
lucianaytang@gmail.com	✉	25 de mai. de 20...	25 de mai. de 20...	0t03W3Uho7WkU6PWPUzhPL...
tangzilla22@gmail.com	✉	25 de mai. de 20...	25 de mai. de 20...	IDg3DXa8DIZdPDfH9Q1bMR4...
tangxera22@gmail.com	✉	14 de mai. de 20...	3 de jun. de 2025	S60ppw0PzPh9OhDI7FLzWv...
admin@email.com	✉	19 de abr. de 2025	3 de jun. de 2025	RVPgFgksecVhwsymkvtLnXb...

Figura 12. Imagem do Firebase Auth

Fonte: O autor

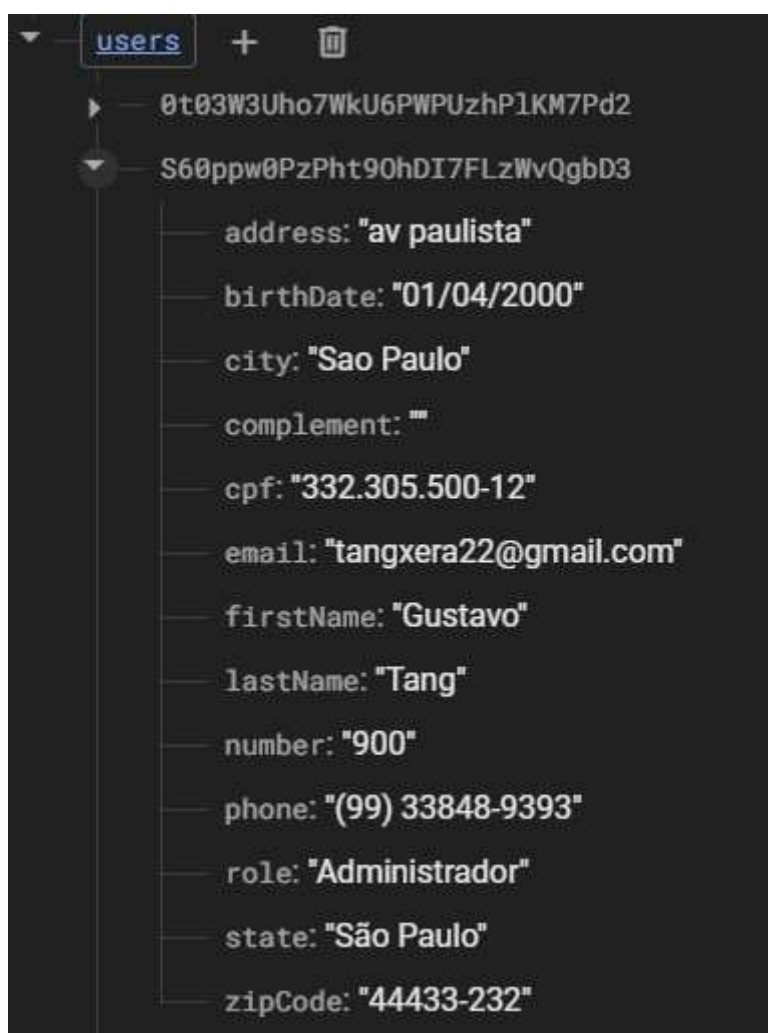


Figura 13. Dados do usuário salvos no Firebase

Fonte: O autor

4.4 BANCO DE DADOS

O banco de dados do projeto AgroSync foi projetado para combinar flexibilidade, escalabilidade e suporte ao uso offline. Para isso, adota uma arquitetura híbrida que utiliza o Firebase como plataforma principal de armazenamento em nuvem e o Hive como banco de dados local no dispositivo. Essa abordagem permite que os usuários registrem e acessem

informações mesmo em regiões com baixa conectividade, garantindo que os dados sejam posteriormente sincronizados com a nuvem.

O armazenamento principal dos registros ocorre no Firebase Firestore, um banco de dados NoSQL em nuvem. Nele, as informações são organizadas em coleções. A coleção central é a de registros de plantas, onde cada documento representa um item cadastrado pelo usuário e inclui campos como data, pasto, espécie, cultura, condição do solo, quantidade, pesos (verde e seco) e coordenadas geográficas. Além dessa, o sistema utiliza coleções auxiliares para armazenar opções dinâmicas, como listas de espécies, culturas, condições do solo e pastos, permitindo que essas opções sejam gerenciadas sem a necessidade de atualizar o aplicativo.

Os dados dos usuários são autenticados por meio do Firebase Authentication, com autenticação baseada em e-mail e senha. Informações adicionais, como nome e cargo, são armazenadas separadamente no Firebase Realtime Database, em estruturas organizadas por identificador único de usuário (UID).

Para garantir o funcionamento offline, o aplicativo também utiliza o Hive, um banco de dados local leve e eficiente. Os registros de plantas são armazenados localmente em uma caixa chamada `plant_box`, com estrutura semelhante à do Firestore. Ao abrir as telas do aplicativo, os dados locais são atualizados com base nos dados da nuvem, e novas informações são sincronizadas automaticamente com o Firestore, assegurando a integridade e a consistência entre os ambientes.

Essa organização do banco de dados permite uma gestão eficiente das informações no contexto agrícola, promovendo confiabilidade, usabilidade e suporte técnico adequado ao uso em campo.

Tabela 6 - Variáveis para Registro de planta

Variáveis	Tipo	Descrição
Data	DATE	Data da coleta da amostra
Espécie	VARCHAR (255)	Nome da espécie invasora coletada
Quantidade	INT	Quantidade de amostras coletadas
Peso Verde	FLOAT	Peso das amostras em gramas antes da secagem
Peso Seco	FLOAT	Peso das amostras em gramas após a secagem
Condição do Solo	VARCHAR (255)	Estado da área de coleta da amostra
Cultura	VARCHAR (255)	Tipo de cultura do pasto
Pasto	INT	Número correspondente do pasto que se encontra a planta

Fonte: O autor

Tabela 7 - Variáveis Cadastro de usuário

Variáveis	Tipo	Descrição
Data de nascimento	DATE	Data de nascimento
Nome	VARCHAR (255)	Nome do usuário
Sobrenome	VARCHAR (255)	Sobrenome do usuário
CPF	VARCHAR (255)	CPF do usuário
Endereço	VARCHAR (255)	Endereço do usuário
Numero de residencia	INT	Número da residência do usuário
Complemento	VARCHAR (255)	Complemento do endereço
Cidade	VARCHAR (255)	Cidade onde usuário mora
Estado	VARCHAR (255)	Estado onde usuário mora
Número de telefone	VARCHAR (255)	Número do telefone do usuário
Código postal	VARCHAR (255)	Código postal do usuário
E-mail	VARCHAR (255)	E-mail do usuário
Cargo	VARCHAR (255)	Cargo da conta do usuário
Senha	VARCHAR (255)	Senha da conta do usuário

Fonte: O autor

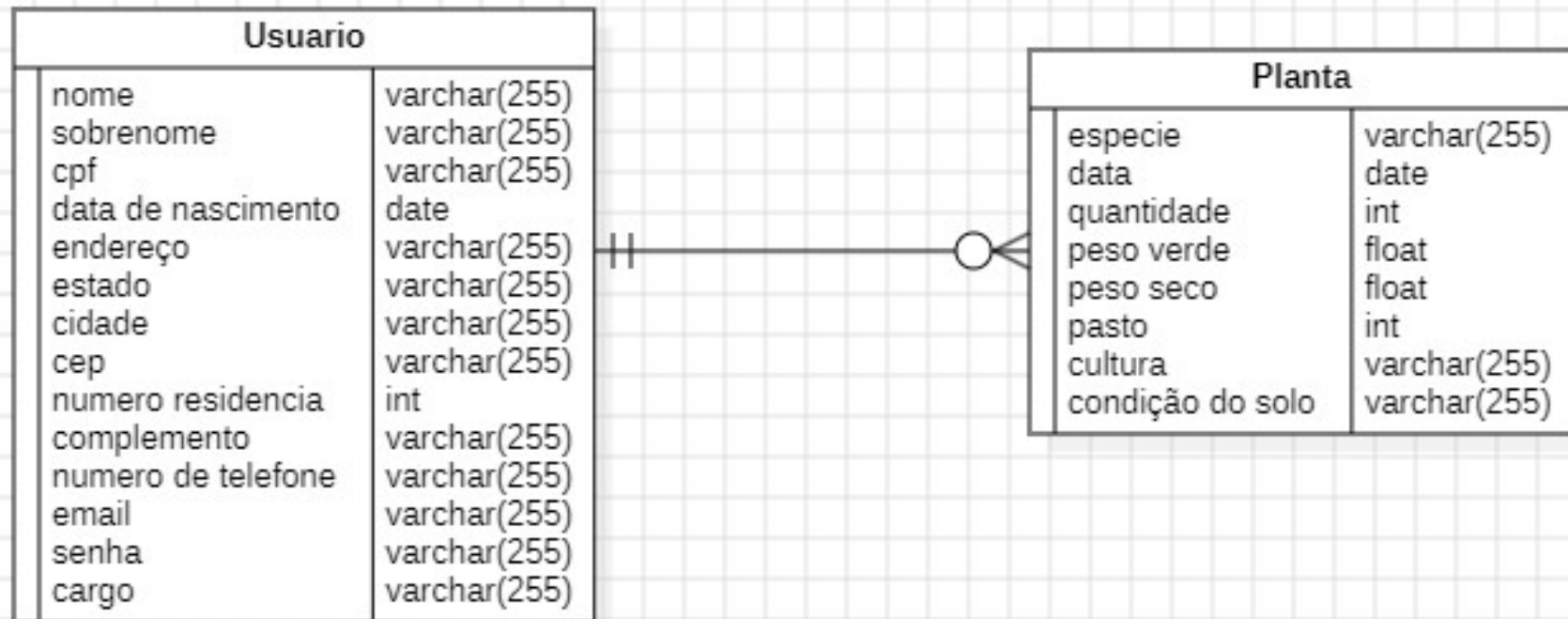


Figura 14. Diagrama MER do Banco de Dados

Fonte: O autor

4.5 IMPLEMENTAÇÃO

4.5.1 Página de Login

A tela `LoginScreen` tem como objetivo fornecer uma interface para que os usuários façam login no aplicativo AgroSync utilizando seu e-mail e senha cadastrados. Ela também oferece a opção de navegação para a tela de cadastro (`SignUpScreen`) e exibe patrocinadores do projeto. A tela foi construída como um widget stateful (`StatefulWidget`) para permitir a manipulação de estado durante o processo de autenticação (ex: carregamento, visibilidade da senha).

Para a autenticação do usuário, esta página possui uma dependência com Firebase Authentication (`FirebaseAuthService`) onde irá verificar se o e-mail está cadastrado. Caso o usuário não possua cadastro, ele pode prosseguir com o botão de “Cadastrar-se” que será redirecionado para a página de cadastro (`SignUpScreen`).

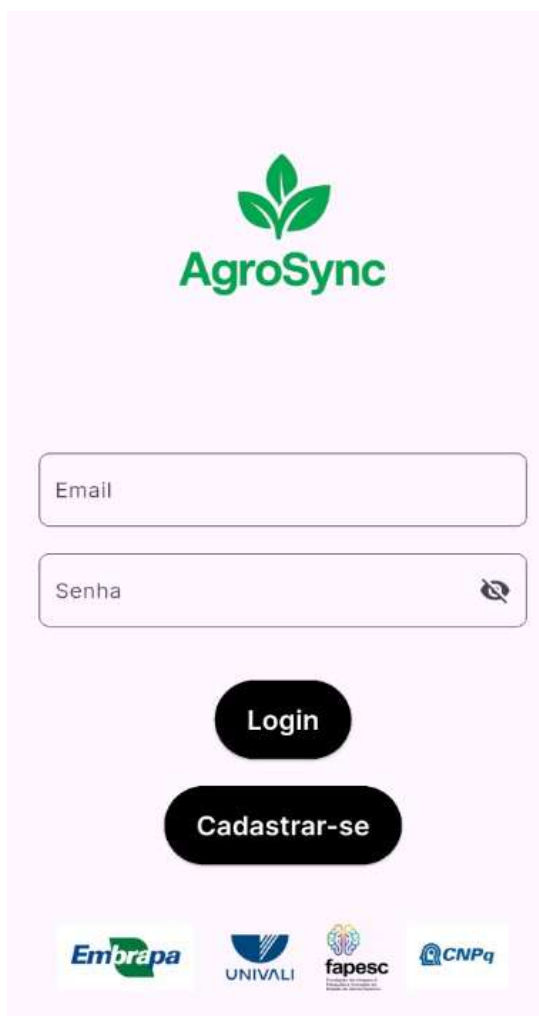
The image shows a login screen for the AgroSync application. At the top center is the AgroSync logo, which consists of a green leaf icon above the text "AgroSync" in a green, sans-serif font. Below the logo are two input fields: the first is labeled "Email" and the second is labeled "Senha" (Password) with a small eye icon to its right. Below these fields are two black buttons with white text: "Login" and "Cadastrar-se" (Sign up). At the bottom of the screen, there are four logos of partner institutions: Embrapa, UNIVALI, fapesc, and CNPq.

Figura 15. Tela de Login.

Fonte: O autor

4.5.2 Página de Cadastro

A tela `SignUpScreen` do aplicativo foi desenvolvida para permitir o cadastro de novos usuários por meio da autenticação do Firebase. Estruturada como um `StatefulWidget`, a tela possui campos para entrada de e-mail, senha e confirmação de senha, com uso de `TextEditingController` para capturar os dados inseridos. Além disso, foram implementadas verificações básicas como a comparação entre a senha e a confirmação, e verificações mais complexas como de CEP e CPF que possuem funções de checagem

próprias para garantir que sejam reais, alertando o usuário com mensagens em caso de inconsistência.

Há também um botão de visibilidade da senha para facilitar o preenchimento, e os campos são exibidos em um `SingleChildScrollView`, garantindo responsividade mesmo com o teclado ativo. Ao finalizar o cadastro, se o processo for bem-sucedido, o usuário é redirecionado para a tela de login, com uma mensagem confirmando a criação da conta.

Figura 16,17,18. Telas de Cadastro de Usuário.

The figure displays three sequential screens for user registration, all featuring a green background and white text.

Screen 16 (Left): Contains five input fields: "Nome", "Sobrenome", "CPF", "Telefone", and "Data de Nascimento". A black button labeled "Próximo" is at the bottom.

Screen 17 (Middle): Contains two dropdown menus: "Estado" (with "Santa Catarina" selected) and "Cidade" (with "Palhoça" selected). Below these are three text input fields: "Endereço" (with a red border and "Endereço obrigatório" label), "Número" (with a red border and "Número obrigatório" label), and "Complemento (opcional)" (with a note "Este campo é opcional. Preencha apenas se necessário."). A "CEP" field is at the bottom. Navigation buttons "Voltar" and "Próximo" are at the bottom.

Screen 18 (Right): Contains an "Email" field, a "Senha" field (with a toggle icon for visibility), and a "Confirme a Senha" field (with a toggle icon). A note below the password fields states: "A senha deve ter pelo menos 8 caracteres, incluindo uma letra maiúscula, uma minúscula, um número e um caractere especial." A "Finalizar" button is at the bottom.

Fonte: O autor

4.5.3 Página Principal

A `HomePage` é um painel principal para usuários autenticados visualizarem e acessarem funcionalidades essenciais do sistema. Essa tela é construída como um `StatelessWidget`, mas incorpora diversas operações assíncronas, como consultas ao `Firebase Firestore` e `Firebase Realtime Database`, além da leitura de dados locais usando o `Hive`. Ao abrir a tela, o usuário visualiza um cabeçalho personalizado com seu nome e cargo, recuperados em tempo real do banco de dados.

O dashboard apresenta duas áreas principais: uma com informações métricas e outra com um gráfico de barras que exibe o total de plantas registradas por pasto. Os dados são obtidos diretamente do `Firestore` e processados para contar o número de plantas associadas a cada área. O gráfico é renderizado com a biblioteca **fl_chart**, e todo o visual segue uma identidade verde, condizente com o tema agrícola do app.

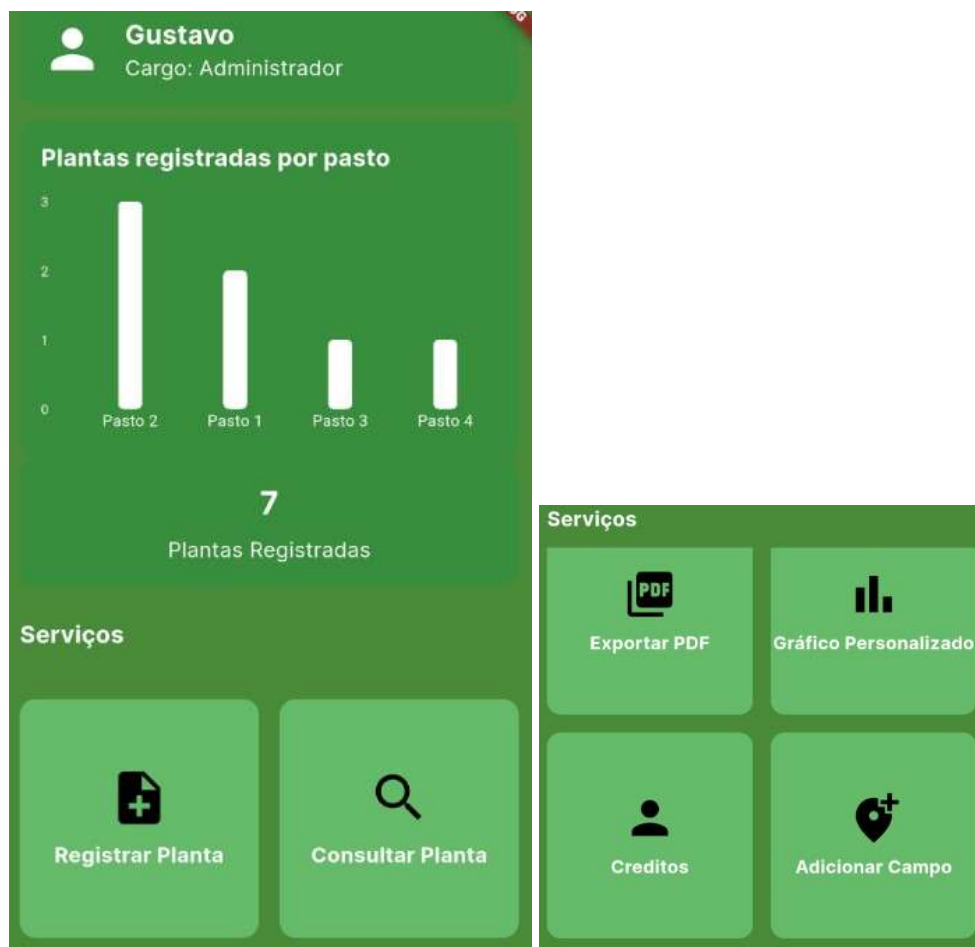


Figura 19 e 20. Tela Principal.

Fonte: O autor

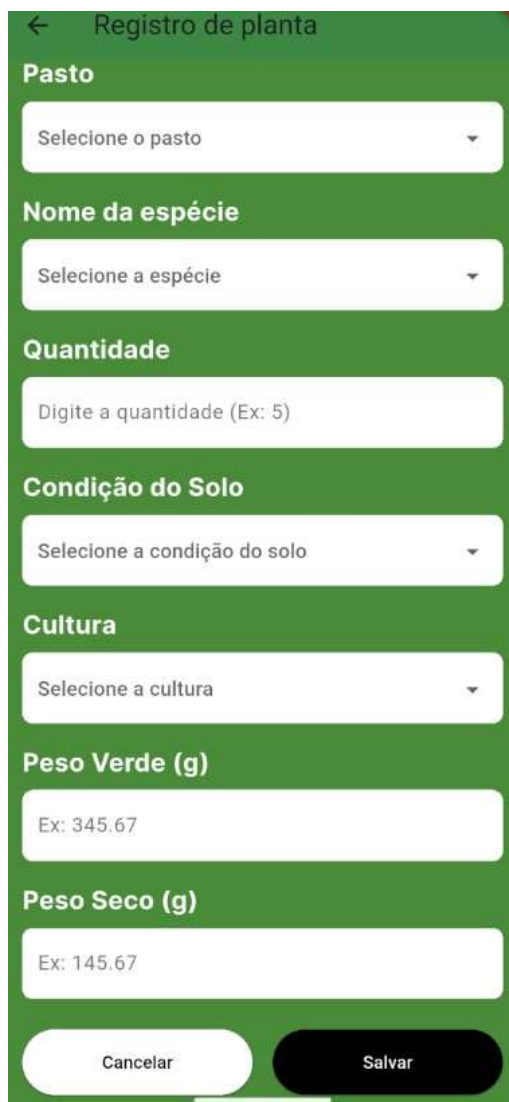
Além disso, a tela oferece acesso a serviços centrais do sistema por meio de um grid de botões que direciona o usuário para as funcionalidades de: registrar planta, consultar dados cadastrados, visualizar gráficos personalizados, acessar a tela de créditos e adicionar novos campos de plantio.

Por fim, a HomePage também implementa mecanismos de sincronização de dados entre o armazenamento local (Hive) e o Firestore, garantindo que os dados possam ser atualizados ou replicados corretamente para o banco na nuvem. Essa função é fundamental para garantir a consistência dos registros em ambientes com conectividade limitada, que é uma realidade comum no meio rural.

4.5.4 Página Registro de Planta

A página `RegistroPlanta` tem o objetivo de permitir o cadastro de plantas no sistema, incluindo informações como data, pasto, espécie, quantidade, condição do solo, cultura e pesos (verde e seco). A interface é apresentada em um formulário organizado com campos validados e mascarados, que utilizam listas fixas combinadas com dados do Firebase Firestore para popularizar os dropdowns de seleção (como espécies, culturas, condições do solo e pastos).

A tela também aplica validações específicas, que ajudam a manter a consistência e qualidade dos dados inseridos pelo usuário. Quando o formulário é preenchido corretamente, os dados são armazenados tanto no Firestore e no Hive. Ao final do registro, o usuário é redirecionado para a tela de consulta dos dados cadastrados.



← Registro de planta

Pasto

Selecione o pasto ▼

Nome da espécie

Selecione a espécie ▼

Quantidade

Digite a quantidade (Ex: 5)

Condição do Solo

Selecione a condição do solo ▼

Cultura

Selecione a cultura ▼

Peso Verde (g)

Ex: 345.67

Peso Seco (g)

Ex: 145.67

Cancelar Salvar

Figura 21. Tela de Registro de Planta.

Fonte: O autor

4.5.5 Página Consulta de Plantas

A página `ConsultaTabela` é responsável por exibir, filtrar, editar e excluir os registros de plantas armazenados no sistema. Essa interface oferece um painel de busca avançada com filtros por data, pasto, espécie, condição do solo e cultura, permitindo que os usuários localizem rapidamente os registros desejados. Os dados são lidos tanto do banco local Hive quanto do Firebase Firestore, sendo sincronizados automaticamente na inicialização da tela para manter a consistência entre armazenamento local e nuvem.

Cada registro é exibido em uma lista interativa com informações como espécie e data, e pode ser clicado para abrir uma janela com os detalhes completos. A tela também permite editar os dados do registro por meio de um formulário com validação e menus suspensos (dropdowns), e as alterações são atualizadas tanto no Hive quanto no Firestore. Também há suporte para excluir registros, removendo-os permanentemente de ambos os bancos.

Em resumo, `ConsultaTabela` é uma ferramenta de gerenciamento e manutenção dos dados de plantas registrados no AgroSync, combinando facilidade de uso com funcionalidades completas de CRUD.

The screenshot displays the 'ConsultaTabela' mobile application interface. It features a green header with the title 'ConsultaTabela' and a search icon. Below the header, there are several filter sections: 'Data' with a date input field (DD/MM/AAAA), 'Pasto' with a dropdown menu, 'Nome da espécie' with a dropdown menu, 'Condição do Solo' with a dropdown menu, and 'Cultura' with a dropdown menu. At the bottom of the filter section, there are two buttons: 'Limpar filtros' (Clear filters) and 'Procurar' (Search). Below the filter section, there is a 'Resultado' (Results) section. The results are displayed in a list with two items: 'Capim Amargoso' (28/05/2025) and 'Caruru' (26/05/2025). Each item has a plant icon, a date, and two action icons (edit and delete).

Resultado
 Capim Amargoso 28/05/2025  
 Caruru 26/05/2025  

Figura 22. Tela de Consulta.

Fonte: O autor)

4.5.6 Página Gráfico Personalizado

A tela `CustomChartPage` do aplicativo AgroSync foi desenvolvida para permitir que os usuários criem gráficos personalizados a partir dos dados das plantas armazenados no Firebase Firestore. Com uma interface dinâmica, o usuário pode selecionar um ou dois campos da base de dados para gerar visualizações em forma de gráfico de barras. Caso apenas um campo seja selecionado, o gráfico exibe a contagem de ocorrências por categoria. Quando dois campos são escolhidos, o sistema adapta a visualização: se o segundo campo for numérico, ele soma os valores para cada categoria; se ambos forem textos, o resultado é um gráfico de barras agrupadas, representando combinações e suas contagens.

No geral, `CustomChartPage` é uma ferramenta robusta para análise visual dos dados de campo, oferecendo flexibilidade e praticidade para usuários que desejam obter insights a partir das informações coletadas, diretamente no próprio aplicativo.



Figura 23. Tela de Gerar Gráfico.

Fonte: O autor

4.5.7 Exportar arquivo PDF

É possível exportar um arquivo PDF com os dados das plantas presentes no dispositivo. O arquivo contém todos os atributos do objeto Planta do banco de dados, o arquivo se encontrará na pasta de “Downloads” padrão do dispositivo.



Figura 24. Ícone “Exportar PDF”.

Fonte: O autor

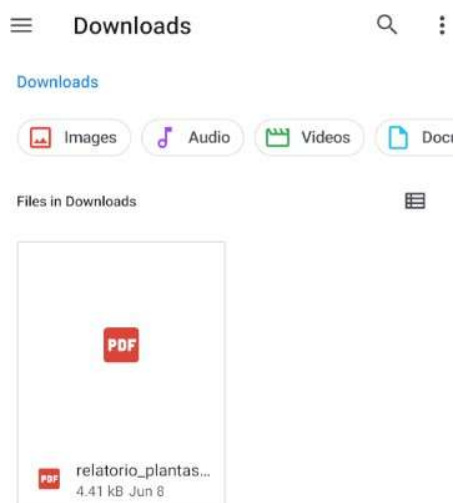


Figura 25. Pasta “Downloads”.

Fonte: O autor



Figura 26. Arquivo PDF gerado.

Fonte: O autor

4.6 INSTALAÇÃO

Para instalar e testar a aplicação é necessário acessar e clonar o repositório do Github por este link: <https://github.com/gustavotang/agrosync>

Após clonar o repositório é necessário instalar Flutter na máquina usando este link: <https://docs.flutter.dev/get-started/install>

Em seguida, na pasta do projeto, execute o comando “**flutter doctor**” em um terminal. Este comando irá dizer todas as dependências que o Flutter possui para ser executado.



```
PS C:\Users\gusta\workspace\agrosync> flutter doctor
Doctor summary (to see all details, run flutter doctor -v):
[✓] Flutter (Channel stable, 3.32.0, on Microsoft Windows [version 10.0.26100.4351], locale pt-BR)
[✓] Windows Version (Windows 11 or higher, 24H2, 2009)
[✓] Android toolchain - develop for Android devices (Android SDK version 36.0.0)
[✓] Chrome - develop for the web
[✓] Visual Studio - develop Windows apps (Visual Studio Community 2022 17.13.6)
[✓] Android Studio (version 2024.3.2)
[✓] VS Code (version 1.101.0)
[✓] Connected device (3 available)
[✓] Network resources

• No issues found!
PS C:\Users\gusta\workspace\agrosync> |
```

Figura 27. Comando de execução “flutter doctor”

Fonte: O autor

As ferramentas de Android são necessárias apenas para a execução em um ambiente emulado, é possível executar como .exe no Windows ou pelos navegadores.

Quando o comando não apresentar mais problemas encontrados, execute o comando “flutter run” para começar a execução do aplicativo, logo em seguida será perguntado em qual ambiente deverá ser executado.

```
• No issues found!  
PS C:\Users\gusta\workspace\agrosync> flutter run  
Connected devices:  
Windows (desktop) • windows • windows-x64 • Microsoft Windows [versão 10.0.26100.4351]  
Chrome (web) • chrome • web-javascript • Google Chrome 136.0.7103.114  
Edge (web) • edge • web-javascript • Microsoft Edge 137.0.3296.68  
[1]: Windows (windows)  
[2]: Chrome (chrome)  
[3]: Edge (edge)  
Please choose one (or "q" to quit): █
```

Figura 28. Comando de execução “flutter run”

Fonte: O autor

Caso queira fazer o teste em um dispositivo Android, execute o comando “**flutter build apk**”, ao concluir irá aparecer no terminal a pasta onde está localizado o arquivo, no qual pode ser copiado e transferido diretamente para o dispositivo que pode ser instalado apenas abrindo o arquivo no aparelho.

```
Running Gradle task 'assembleRelease'... 20,3s  
✓ Built build\app\outputs\flutter-apk\app-release.apk (60.3MB)  
PS C:\Users\gusta\workspace\agrosync> █
```

Figura 29. Localização do arquivo de instalação

Fonte: O autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo investigar as tecnologias emergentes na Agricultura 4.0 e 5.0 e identificar os desafios que devem ser superados para facilitar essa transição. Através de uma revisão bibliográfica detalhada e da análise das necessidades e limitações atuais, ficou claro que a melhoria da infraestrutura tecnológica existente é crucial para a implementação bem-sucedida da Agricultura 5.0.

O desenvolvimento do aplicativo AgroSync é uma solução digital voltada para o registro e gestão de dados agrícolas, com ênfase na usabilidade, conectividade com o Firebase e persistência de dados locais com Hive. Cada uma das páginas desenvolvidas contribui de maneira complementar para garantir uma experiência fluida, responsiva e funcional, mesmo em cenários de uso offline ou com conectividade limitada, comuns no ambiente rural.

O AgroSync é uma ferramenta para o apoio à gestão de dados no campo, com potencial de evolução para novos módulos e funcionalidades conforme as demandas do setor agrícola. Diante desses desafios, o desenvolvimento de um sistema para ajudar os profissionais do setor agrícola a implementarem práticas de Agricultura 5.0. Com desenvolvimento em Flutter e um banco local, este sistema terá sua funcionalidade principal funcionar *offline* que incluirá ferramentas para coleta e busca de dados, além de uma interface de usuário intuitiva para facilitar a adoção dessas tecnologias por agricultores de diversas regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. et al. Manejo integrado de plantas daninhas em agro ecossistemas. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2012, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.
- ARNASON, R. **The Western Producer. Predictive maps help weed control.** (2023, 7 de dezembro) Disponível em: <<https://www.producer.com/crops/predictive-maps-help-weed-control/>>. Acessado em 17/04/2024.
- BASSO, B., ANTLE, J. Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. **Nature Sustainability**, 3(4), 254-256, 2020.
- BEZERRA, A. S. et al. Agricultura 4.0: Tecnologias para aumento da produtividade e sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 3, n. 2, p. 63-73, 2023.
- BERNADI, A. C. M. et al. Tecnologias aplicadas na agricultura. **Anais do Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade**, v. 1, p. 204-211, 2017.
- CORRÊDO, L. P., BORÉM, A. Ferramentas digitais aplicadas à experimentação agrícola em larga escala: experimentação de precisão. **Agricultura 5.0**, v.1, n. 1, p. 84-90, Embrapa, 2023.
- COSTA, Édio Luiz da; MANTOVANI, Evandro Chartuni; RODRIGUES, Silvestre. Os avanços da agricultura de precisão e sua interface com a Agricultura 5.0. **Agricultura 5.0**, v.1, n. 1, p. 135-164, Embrapa, 2023.
- DAL SOGLIO, F., KUBO, R.R. **Desenvolvimento, Agricultura e Sustentabilidade.** Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2016. ISBN: 978.85.386.0330-6.
- DOĞAN, O., BITIM, S., HIZIROĞLU, K. A V-Model Software Development Application for Sustainable and Smart Campus Analytics Domain, **SAUCIS**, vol. 4, no. 1, pp. 111–119, 2021, doi: 10.35377/saucis.04.01.879905.
- EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- JHA, K., DOSHI, A., PATEL, P., SHAH, M. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2, 1-12, 2019.
- KAMILARIS, A., KARTAKOULLIS, A., PRENAFETA-BOLDÚ, F. X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, 143, 23-37, 2017.

KIM, G., HUMBLE, J., WILLIS, J., DEBOIS, P. Manual de DevOps: Como Obter Agilidade, Confiabilidade e Segurança em Organizações Tecnológicas. **Alta Books**, 2018. ISBN: 8550802697

KHANNA, M., ZILBERMAN, D. Modeling the benefits of precision agriculture. In *Agricultural Systems: Agroecology and Rural Innovation for Development* (pp. 278-288). **Academic Press**, 2017.

LAMAS, F. S. A agricultura de precisão como ferramenta para o aumento da produtividade. **Boletim Técnico da Faculdade de Ciências Agrárias de Pinhais**, v. 3, n. 1, p. 76-83, 2017.

LIMA, J. R. et al. Desenvolvimento de um sistema de suporte à decisão para rotação de culturas em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 10-16, 2017.

LOWRY, G. V.; AVELLAN, A.; GILBERTSON, L. M. Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. **Nature Nanotechnology**, [S. l.], v. 14, n. 6, p. 517-522, 2019.

MASSARI, V.L. **Gerenciamento Ágil de Processos**. Brasport, 2018. ISBN: 9788574528922

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; EVANGELISTA, S. R. M. **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente**. p. 21-25.2020a. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126214/a-transformacao-digital-no-campo-rumo-a-agricultura-sustentavel-e-inteligente>. Acesso em: 09 mar. 2024.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; MEIRA, C. A. A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; BOLFE, É. L. **Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. 2020b.

MARUCCI, A. et al. Precision farming in hilly areas: the use of network rtk ingnss technology. **Agriculture**, [S. l.], v. 7, n. 60, p. 1-10, 2017.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>. Acesso em: 23 abr. 2024.

MENDES, C. I. C.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; MARANHÃO, J. S. A.; RIBEIRO, P. G. G.; SANTOS, L. C. X. **O direito frente à digitalização da agricultura**, p. 307-329. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217710/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap13.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2023.

NASCIMENTO, F. A. S. et al. Importância e manejo de plantas daninhas na cultura do milho. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 18, n. 1, p. 26-32, 2019.

OLIVEIRA, F. S. et al. Sistema de alerta antecipado para manejo de plantas daninhas em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, e5805, 2019.

OLIVEIRA, Maurilio Fernandes de; FERNANDES, Anita Maria da Rocha; MORESCO, Rodolfo. Perspectivas da Agricultura 5.0 para o Manejo de Plantas Daninhas. **Agricultura 5.0**, v.1, n. 1, p. 165-187, Embrapa, 2023.

PARTEL, V.; CHARAN KAKARLA, S.; AMPATZIDIS, Y. Development and evaluation of a low-cost and smart technology for precision weed management utilizing artificial intelligence. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S. l.], v. 157, p. 339-350, 2019.

REINERTSEN, D., ANDERSON, D.J., PINTO, A. **Kanban: Mudanca Evolucionaria de Sucesso Para Seu Negócio de Tecnologia: Mudança Evolucionária de Sucesso para seu Negócio de Tecnologia**. New Hole, 2011. ISBN: 0984521461

SABBAGH, R. **Scrum. Gestão Ágil Para Projetos de Sucesso**. Casa do Código, 2013. ISBN: 8566250109

SANTOS, A. B. et al. Utilização de imagens de satélite na detecção de plantas daninhas em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 11, n. 3, p. 263-270, 2018.

SANTOS, R. L. et al. Uso de visão computacional e aprendizado de máquina para identificação de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 10., 2020, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Agricultura de Precisão, 2020.

SANTOS, S. **Introdução à IoT**. Clube dos Autores: Joinville, 2019. ISBN: 1719000816.

SILVA, C. R. et al. Desenvolvimento de um sistema de recomendação para manejo integrado de plantas daninhas em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 10, p. 733-739, 2020.

SOUZA, J. R. et al. Utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs) para monitoramento e manejo de plantas daninhas em lavouras de soja. **Revista Brasileira de Agricultura de Precisão**, v. 6, n. 3, p. 364 -377, 2023.

WANG, D. et al. Nano-enabled pesticides for sustainable agriculture and global food security. **Nature Nanotechnology**, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 347-360, 2022.

WOLFERT, S., GE, L., VERDOUW, C., BOGAARDT, M. J. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, 153, 69-80, 2017

ZHANG, C., KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. **Precision Agriculture**, 13(6), 693-712, 2012. DOI: 10.1007/s11119-012-9274-5.