

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS
PARA O AGRONEGÓCIO**

WILLIAM LUIS ALBERTON

GERENCIAMENTO DE DADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

DISSERTAÇÃO

MEDIANEIRA

2019

WILLIAM LUIS ALBERTON

GERENCIAMENTO DE DADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

Data management in precision agriculture

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Campus Medianeira, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi.

MEDIANEIRA

2019



[International 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam a você o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

TERMO DE APROVAÇÃO

GERENCIAMENTO DE DADOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

Por

William Luis Alberton

Essa dissertação foi apresentada às nove horas, do dia vinte e dois de agosto de dois mil e dezenove, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Linha de Pesquisa Tecnologias Computacionais Aplicadas À Produção Agrícola, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Prof. Dr. Claudio Leones Bazzi (Orientador – PPGTCA)

Prof. Dr. Alan Gavioli (Membro Interno – UTFPR)

Prof. Dr. Miguel Diogenes Matrakas (Membro Externo – Faculdade Dinâmica Das Cataratas - UDC)

* A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica

*“Your time is limited, so don’t waste it living
someone else’s life.”*

Steve Jobs

RESUMO

ALBERTON, William Luis. Gerenciamento de dados em agricultura de precisão. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira - PR, 2019.

Com a evolução tecnológica percebe-se a necessidade de aprimorar dispositivos e ferramentas para possibilitar melhor gerenciamento das atividades e consequentemente maximizar os resultados obtidos. A utilização da tecnologia no ramo do agronegócio traz consigo novos conceitos e diferentes formas de gerir as mais diversas atividades. Tecnologias como GPS permitem que produtores possam demarcar suas propriedades, criar mapas de suas lavouras e fazer comparativos antes e depois da colheita, além de viabilizar a prática da agricultura de precisão. A agricultura de precisão consiste em práticas de gestão de atividades realizadas no campo, com objetivo de otimizar a utilização de insumos agrícolas, aumentando assim a capacidade de produção e reduzindo o impacto ao meio ambiente. Para isso, utiliza-se de sistemas gerenciais, os quais são responsáveis por registrar, medir, gerenciar e analisar informações ou dados referenciados geograficamente. Estes sistemas são desenvolvidos através da utilização de linguagens de programação e ferramentas para desenvolvimento de sistemas. Visando incentivar a adoção da prática de agricultura de precisão, este estudo objetivou a criação de um sistema de gerenciamento de dados em agricultura de precisão, em ambiente *Web*, acessível através de qualquer computador ou dispositivo móvel com acesso à internet. Fazendo uso de difundidas tecnologias para *WEB*, como a linguagem JavaScript e o *Framework* Angular 7, foi possível desenvolver um sistema rápido e consistente. Através deste sistema, o usuário tem a possibilidade de gerenciar vários aspectos da propriedade rural, tendo controle sobre as atividades realizadas no campo, como operações de máquina, de semente, de insumos, de entrega, entre outros. A partir do gerenciamento destas operações, o usuário passa a ter uma base de informações históricas, disponíveis através da visualização de relatórios e gráficos, permitindo uma análise mais assertiva em relação as tomadas de decisão estratégicas. Este sistema integra um projeto mais amplo, denominado AgDataBox, sendo composto por módulos independentes que compartilham uma API e uma base de dados comum. Deste modo, dados coletados diretamente do campo por sensores ou aplicativos móveis são enviados à API compartilhada, passando estes estarem disponíveis em tempo real, diminuindo assim as fronteiras do conhecimento a partir da gestão integrada.

Palavras-chave: Agdatabox, sistemas gerenciais, tecnologias computacionais para o agronegócio.

ABSTRACT

ALBERTON, William Luis. Precision agriculture data management. Dissertation - Postgraduate Program in Computational Technologies for Agribusiness - PPGTCA - University Federal Technological of Paraná. Medianeira - PR, 2019.

With the technological evolution, aware need to improve devices and tools to enable better management of activities and consequently maximize the results obtained. The use of technology in the agribusiness sector brings with it new concepts and different ways of managing the most diverse activities. Technologies such as GPS allow farmers to demarcate their properties, create maps of their crops and make comparisons before and after harvesting, and enable the practice of precision agriculture. Precision agriculture consists of field activity management practices aimed at optimizing the use of agricultural inputs, thereby increasing production capacity and reducing the impact on the environment. For this, it uses management systems, which are responsible for recording, measuring, managing and analyzing geographically referenced information or data. These systems are developed through the use of programming languages and tools for system development. Aiming to encourage the adoption of precision farming practice, this work aimed at creating a precision agriculture data management system in a Web environment, accessible through any computer or mobile device with Internet access. Using the latest technologies for WEB, such as the JavaScript language and the Angular Framework 7, it was possible to develop a fast and consistent system. Through this system, the user has the possibility to manage the most diverse aspects of rural property, having control over the activities carried out in the field, such as machine operations, seed operations, supplies, delivery, among others. From the management of these operations, the user has a base of historical information, available through the visualization of reports and graphs, allowing a more assertive analysis of the strategic decision making. This system integrates a larger project, called AgDataBox, which consists of independent modules that share an API and a common database. Thus, data collected directly from the field by sensors or mobile applications are sent to the shared API, making them available in real time, thus reducing the boundaries of knowledge from integrated management.

Keywords: AgDataBox, management systems, computational technologies for agribusiness.

LISTA DE SIGLAS

AgDataBox	<i>Agricultural Data Box</i>
AP	<i>Agricultura de Precisão</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
ECMA	<i>European Computer Manufacturers Association</i>
ES	<i>ECMAScript</i>
FMIS	<i>Farm Management Information Systems</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
MAPA	<i>Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
SENAR	<i>Serviço Nacional de Aprendizagem Rural</i>
SPA	<i>Single Page Application</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Networks</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura geral do projeto AgDataBox.
Figura 2	Segmentação lógica de funcionalidades.
Figura 3	Fluxo de consumo de <i>Web Services REST</i> .
Figura 4	Fluxo de autenticação e controle de acesso da API.
Figura 5	Funcionalidade de Área.
Figura 6	Objeto JSON para cadastro de Atributo.
Figura 7	Interface de autenticação.
Figura 8	<i>Dashboard</i> de notícias.
Figura 9	Visualização de registros de cadastros base.
Figura 10	Interface de gerenciamento de área.
Figura 11	Cadastro de tipos de operação.
Figura 12	Cadastro de operações de campo.
Figura 13	Interface de geração de relatórios
Figura 14	Relatório gráfico quantitativo.
Figura 15	Relatório de custo de safra.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
1.2	JUSTIFICATIVA	12
1.3	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	CONTEXTO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	14
2.2	SISTEMAS GERENCIAIS	17
2.3	TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS	20
2.4	SISTEMAS PARA O AGRONEGÓCIO	30
2.5	PROJETO AGDATABOX	31
2.5.1	Estrutura	32
2.5.2	Segmentação lógica	34
2.5.3	Integração entre módulos	35
3	MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1	IMPLEMENTAÇÃO DE FUNCIONALIDADES	38
3.2	APLICAÇÃO A UM ESTUDO DE CASO	39
4	RESULTADOS	40
4.1	ACESSO	40
4.2	DASHBOARD	41
4.3	CADASTROS BASE	42
4.4	GERENCIAMENTO	44
4.5	OPERAÇÕES	45
4.6	RELATÓRIOS	48
5	CONCLUSÕES	52
5.1	ESTUDOS FUTUROS	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica que atinge todos os setores da sociedade, percebe-se a necessidade de aprimorar dispositivos e ferramentas para possibilitar melhor gerenciamento das atividades e conseqüentemente melhorar os resultados obtidos. As maiores empresas do mundo, independente do segmento ou ramo de atuação, se beneficiam cada vez mais através do uso destas ferramentas. Formas de catalogar dados e extrair informações são cada vez mais importantes, tornando seu uso um diferencial competitivo. A análise destas informações pode servir como base para o planejamento estratégico, auxiliando nas tomadas de decisão.

Segundo Vieira (2007), para que as empresas possam recolher, catalogar e utilizar as informações pertinentes ao seu ramo de atividade da melhor forma possível, é necessário que se faça uso de toda e qualquer tecnologia disponível no mercado. A adoção destas tecnologias proporciona maior interação com outras empresas, aumentando sua rede de relacionamentos e aprimorando os já existentes, sejam estes clientes, fornecedores, investidores ou parceiros comerciais.

A utilização da tecnologia no ramo do agronegócio traz consigo novos conceitos e diferentes formas de gerir as mais diversas atividades. A popularização de *smartphones* e aplicativos móveis, aliada à ampliação da cobertura de internet, permitiu a criação de plataformas de gestão integrada, possibilitando a coleta de dados, análise de informações e armazenamento em nuvem diretamente do campo.

O armazenamento em nuvem, além de permitir acesso a dados em tempo real, pode funcionar como um repositório centralizado, seguro e altamente disponível. Este repositório de dados pode também proporcionar meios de integração entre sistemas através do intercâmbio de informações.

Este intercâmbio de informações cria uma nova perspectiva em termos de gestão. Tecnologias como GPS (*Global Positioning System*) e GIS (*Geographic Information System*), aliadas a um sistema gerencial, tornam possível o gerenciamento da propriedade rural com precisão, permitindo a adoção do conceito de agricultura de precisão (AP).

Um sistema gerencial é um sistema desenvolvido através do uso de uma ou mais linguagens de programação, com um determinado objetivo. Em termos de sistemas gerenciais para o agronegócio, podem incluir funcionalidades como demarcação de áreas de interesse, informações e históricos sobre safras, operações

realizadas no campo, maquinários, insumos, mão de obra, etc, bem como fornecer métricas para avaliação de resultados através de relatórios e gráficos.

Considerando o contexto da temática exposta, o presente estudo propõe um sistema de gerenciamento de dados em AP, levando em conta as atividades realizadas pelos produtores e empresários deste setor tão importante para o Brasil, de forma que a comunidade possa ter, a partir do resultado deste estudo, soluções informatizadas para os processos desenvolvidos no ramo do agronegócio.

Este sistema de gerenciamento de dados integra um projeto mais amplo, denominado AgDataBox, sendo composto por diversos módulos, os quais compartilham ferramentas, como uma API (*Application Programming Interface*) e um banco de dados comum entre si. Neste estudo, aborda-se a necessidade e a importância da adoção de sistemas gerenciais, propondo um módulo gerencial em ambiente *Web* para o projeto AgDataBox.

1.1 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivo desenvolver um sistema de gerenciamento de dados relacionados às atividades realizadas pelo produtores e empresários nas propriedades agrícolas, como gerenciamento de culturas, safras, maquinários, funcionários, insumos e operações de campo.

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um software em ambiente web que permita o gerenciamento de dados em agricultura de precisão para gestão de atividades realizadas em propriedades rurais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Disponibilizar um sistema *online*, no modelo *Web*, gratuito, possibilitando gerenciamento de dados em tempo real diretamente no campo.

- Fornecer informações estatísticas a partir da análise de dados das operações realizadas pelos usuários, visando dar suporte ao gerenciamento de propriedades.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o crescente aumento populacional, a demanda por alimento se faz cada vez mais presente. A conscientização sobre a segurança alimentar e a proteção do meio ambiente exige novos métodos de produção aprimorados (KOUNTIOS et al., 2018).

O Brasil é um país com extensas áreas cultiváveis, de dimensões continentais e grande exportador de matéria prima. A utilização de técnicas modernas para plantio e colheita visa o aumento da produtividade aliada a redução de custos. Isso proporcionando maior lucratividade e abrindo portas para o investimento em novas tecnologias relacionadas às atividades agrícolas e agroindustriais.

SENAR (2017) avalia o Brasil como um país que vem apresentando avanços no cenário agrícola mundial. No entanto, alerta que a AP precisa crescer muito para acompanhar o ritmo de produção e equivalência à países mais desenvolvidos.

Neste sentido, tais constatações fortalecem a importância do estudo do tema, principalmente no que se refere ao desenvolvimento de ferramentas gratuitas, as quais visam estimular ainda mais a adoção de tecnologias que possam elevar o patamar de controle e gestão do tema em questão, sem adição de custos e com possibilidade de aumento da produtividade.

1.3 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A temática da presente pesquisa versa sobre os mecanismos de gestão via sistemas informatizados para a gestão da AP e como ferramentas de controle podem ajudar empreendimentos a crescer e criar vantagens competitivas no contexto de tecnologias mundiais.

O presente estudo está delimitado a desenvolver um software para gerenciar dados agrícolas em ambiente *Web*. Com isso pretende-se permitir e ampliar o gerenciamento de dados em AP, aumentando assim as fronteiras do conhecimento

em gestão informatizada relacionada ao tema em estudo, com a eliminação ou diminuição de possíveis desvantagens a partir da gestão integrada.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando o contexto atual, o desenvolvimento do sistema gerencial fez uso de tecnologias de desenvolvimento para ambiente *Web*, permitindo o acesso remoto em computadores e dispositivos móveis. Neste caso, linguagens como JavaScript, HTML e CSS foram utilizadas de acordo com as necessidades identificadas.

A partir da definição das funcionalidades e seleção das prioridades, a solução foi desenvolvida. Como todo desenvolvimento de sistemas, o modelo incremental, onde funcionalidades são implementadas a partir da identificação de necessidades, permite que novas funcionalidades sejam agregadas à medida que se fizerem necessárias. Para isso, uma consistente análise inicial dos requisitos foi fundamental para compor a estrutura da plataforma.

Com a estrutura definida, a API compartilhada serviu como fonte provedora e armazenadora de dados, passando o sistema desenvolvido a atuar como um módulo independente do projeto AgDataBox.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTEXTO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Com a evolução tecnologia, novos modelos de negócio surgiram e novas formas de gestão passaram a ser implementadas. A busca por melhores resultados na execução dos processos caminha paralelamente à evolução das tecnologias, as quais fornecem subsídios para aumentar a produtividade com redução de custos. Desta forma, cada vez mais a agricultura vem adotando o uso da tecnologia, tendo sua trajetória no Brasil e no mundo, uma história recente.

A base para o desenvolvimento da tecnologia na agricultura ocorreu na década de 1970, quando o Departamento de Defesa dos Estados Unidos iniciou o lançamento de satélites de posicionamento global (GPS) no espaço para auxiliar unidades militares (HADLEY, 1998).

Embora não tenha sido idealizado para este fim, com o passar dos anos, se tornou tecnologia indispensável à vida das pessoas, tendo seu uso sido empregado nas mais diversas necessidades crescentes da humanidade.

Na agricultura, permite que produtores possam demarcar suas propriedades, criar mapas de suas lavouras, fazer comparativos antes e depois da colheita, fornecendo uma maneira de gerir áreas de cultivo metro a metro, levando em consideração a variabilidade espacial cultivável da propriedade rural (ROZA, 2000). Tal tecnologia também está presente nos maquinários e alguns implementos agrícolas.

A partir desta evolução tecnológica, a agricultura se beneficiou de novos modelos e técnicas de produção, incorporando conceitos como AP, levando ainda mais possibilidades para o campo. Em termos de significado e objetivo, a AP pode ser encontrada em diversos estudos.

A AP consiste em práticas de gestão de atividades realizadas no campo, com objetivo de otimizar a utilização de insumos agrícolas, buscando aumentar assim a capacidade de produção e reduzir o impacto ao meio ambiente (KOUNTIOS et al., 2018).

Segundo a Embrapa (2018), trata-se de um tema abrangente, sistêmico e multidisciplinar, pois aborda as mais diversas culturas e regiões, incluindo também sistemas de manejo integrado de informações e tecnologias.

Para o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) (2009), a AP refere-se a um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial de propriedades do solo e das plantas encontradas nas lavouras.

Através do uso de modernas tecnologias, é possível conhecer melhor as características da área cultivável, permitindo melhor aproveitamento de recursos, reduzindo custos de produção, aumentando a produtividade e conseqüentemente os lucros obtidos.

Embora utilize tecnologias, seu conceito não é necessariamente novo. Segundo Machado (2004), o conceito de AP surgiu com o advento dos experimentos de uniformidade (*uniformity trials*) instalados em Rothamsted, Grã-Bretanha, em 1925, e com os estudos de acidez do solo na Universidade de Illinois, EUA, em 1929. No entanto, o mais marcante foi o cultivo de grãos que ocorreram nos anos recentes, com o aparecimento e aplicação de tecnologias variadas, como microcomputadores com maior capacidade de processamento de dados, aparelhos GPS, monitoramento da produtividade de grãos, geoestatística e bancos de dados georreferenciados.

O ano de 1996 marcou o início da indústria agrícola de precisão, onde a mesma começou a sair do papel. A tecnologia neste ano evoluiu cerca de cinco anos em um, fato que possibilitou aos agricultores de hoje utilizarem diversas inovações tecnológicas em desenvolvimento nas áreas de AP e agricultura específica para o local (HADLEY, 1998).

Ao decorrer do tempo, muitas inovações tecnológicas foram apresentadas, embora o desenvolvimento de princípios agronômicos e ecológicos para o uso otimizado de insumos no nível localizado terem se demonstrado geralmente lentos (YOUSEFI, 2015).

Mesmo após anos de desenvolvimento a AP enfrentou diversos desafios, pois encontrava-se em uma encruzilhada. No final do século XX, contava com grande parte da tecnologia necessária para sua adoção, mas seus benefícios ambientais e econômicos ainda eram questionados (STAFFORD, 2000).

Neste aspecto, Bazzi et al (2015) enfatizam que na prática de AP, a principal importância é a otimização do uso de insumos, minimizando os possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana, sendo uma alternativa mais

vantajosa para o cultivo e a preservação do solo e do planeta em relação às práticas agrícolas tradicionais.

Em busca de novos métodos de aprimoramento, a AP chegou ao Brasil em meados da década de 1990. Após mais de duas décadas, encontra-se presente em diversas culturas, principalmente no cultivo de milho, soja, café, cana e feijão. As utilizações existentes atualmente estão focadas principalmente na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável (JUNTOLLI, 2015).

Para o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR (2017), a AP cresce no Brasil à medida que as informações sobre conceitos, técnicas e suas vantagens chegam ao produtor rural. As tecnologias hoje disponíveis para AP permitem a gestão da propriedade rural, melhorando assim a produtividade e preservando o meio ambiente.

Ao longo dos anos, foram estudados muitos aspectos da AP. Estes estudos focaram em tecnologias relevantes, efeitos ambientais, resultados econômicos, taxas de adoção e causas de adoção e não adoção. Porém, apesar de extensos estudos, uma baixa taxa de adoção das técnicas de AP ainda é relatada (PIERPAOLI et al, 2013).

Esta baixa taxa de adoção pode ser justificada pela necessidade de investimento. Para Bazzi (2007), um dos maiores empecilhos para o desenvolvimento e implantação da AP ainda é o alto custo dos equipamentos necessários para sua realização, tornando-se mais acessível a grandes proprietários rurais.

No que se refere à sua aplicação, existem duas metodologias gerais que podem ser seguidas ao implementar técnicas de AP: orientada por mapas e por sensores. Nenhuma destas metodologias precisa necessariamente ser realizada de forma exclusiva (HADLEY, 1998).

A AP orientada por mapas geralmente inclui as etapas de obtenção de imagens de satélite de campo, divisão de campo em grades, obtenção de amostras das grades do campo e realização de análises laboratoriais detalhadas das amostras de solo. Estas etapas permitem a geração de mapas específicos das características do campo para então permitir a utilização do mapa gerado por computador para controlar aplicadores ou semeadores de taxa variável e, finalmente, uso em monitores de rendimento durante a colheita.

A metodologia de AP orientada a sensores consiste no uso de sensores em tempo real e mecanismos de controle de *feedback*. É usada em equipamentos

agrícolas para medir as propriedades do solo e/ou as características do solo ponta-a-ponta. Por meio de análises computadorizadas dos cálculos obtidos pelos sensores, os agricultores podem empregar tecnologia de aplicação de taxa variável na aplicação de herbicidas, pesticidas e fertilizantes.

Pode fazer parte desse conjunto de metodologias o uso do GNSS (*Global Navigation Satellite System*), do GIS, de geoestatística e da mecatrônica (EMBRAPA, 2018).

Para Nikkila *et al* (2010), é fundamental para o funcionamento de todos os elementos da AP, a existência e utilização de sistemas de gerenciamento de informações. Estes sistemas devem ser capazes de armazenar os dados do sensor e os dados das operações gerados pelos implementos agrícolas.

Os rápidos desenvolvimentos tecnológicos introduziram mudanças radicais no ambiente de trabalho no setor agrícola. A chave para o sucesso na agricultura se tornou o acesso a informações, assim como a tomada de decisões de forma planejada (FOUNTAS *et al*, 2015).

A utilização de sistemas gerenciais, além de viabilizar a utilização da AP, fornece um histórico detalhado da área agricultável e do tipo de cultivo empregado. Este histórico fornece dados importantes para tomadas de decisão futuras.

2.2 SISTEMAS GERENCIAIS

O primeiro sistema gerencial para a agricultura foi introduzido na década de 1970, com utilização voltada para manutenção de registros e planejamento de operações. Estes sistemas gerenciais evoluíram de sistemas simples de manutenção de registros de fazenda para grandes sistemas moldados em resposta à necessidade crescente de métodos que possibilitam comunicação e transferência de informações entre bancos de dados que atendam aos requisitos de diferentes partes interessadas. A estas novas formas de sistemas foi dada a sigla FMIS (*Farm Management Information Systems*) (FOUNTAS *et al*, 2015).

Husemann *et al* (2014) afirma que FMIS precisos e fáceis de usar são de fundamental importância para uma gestão de exploração operacional bem sucedida. Infelizmente, a maioria dos agricultores não usam FMIS para operar seus negócios, apesar de seu crescente profissionalismo no setor agrícola.

O mercado de FMIS abrange muitos sistemas de cultivo. O objetivo dos sistemas atuais é atender as demandas visando a redução dos custos de produção, o cumprimento dos padrões agrícolas e a manutenção da alta qualidade e segurança do produto.

Ainda segundo Fountas *et al* (2015), grande parte dos FMIS comerciais apresenta uma gama de funções genéricas. A função denominada gerenciamento de operações de campo abrange o registro das atividades da fazenda. Esta função também auxilia o agricultor a otimizar a produção de culturas e planejar atividades futuras. A técnica para promover melhores práticas é utilizada para determinar quais são os métodos agricultáveis que terão o maior impacto positivo nas culturas, sendo estes cenários hipotéticos ou não.

O mapeamento do solo da fazenda é uma das funções de destaque dos FMIS. Com o mapeamento das características do campo, a análise dos dados coletados pode ser usada como guia para a aplicação de insumos com taxas variáveis. O objetivo desta função é reduzir ou otimizar a aplicação de insumos e aumentar as taxas de produção.

Feito o mapeamento do solo e a demarcação das diferentes áreas de manejo, Bazzi (2011) afirma que quanto menor o número de unidades delimitadas do solo da fazenda, mais fácil se torna o gerenciamento e as operações em campo. Este processo, para que obtenha o sucesso esperado, precisa ser continuamente avaliado para que represente diferença significativa no potencial da cultura.

Visando o melhoramento da funcionalidade do FMIS, ao longo dos anos, foram introduzidas várias arquiteturas e projetos de software com maior nível de sofisticação, utilizando, por exemplo, aplicativos baseados na *Web* ou outras tecnologias emergentes na produção agrícola (FOUNTAS *et al*, 2015).

A utilização de GPS e GIS contribuem para o aperfeiçoamento e utilização dos FMIS, além de ser parte do que torna a AP possível.

As informações do local são coletadas por receptores de GPS para que sejam mapeados limites de campo, estradas, sistemas de irrigação e áreas problemáticas em culturas, como ervas daninhas ou áreas prejudicadas por pragas. A precisão do GPS permite que os agricultores criem mapas de suas fazendas com área precisa para áreas de campo, locais rodoviários e distâncias entre pontos de interesse. Além da possibilidade de criação de mapas, permite aos agricultores navegar com precisão

em locais específicos no campo, ano após ano, coletando amostras de solo ou monitorando condições de cultivo.

Por outro lado, GIS é um sistema que registra, mede, gerencia, analisa informações ou dados referenciados geograficamente. O primeiro *software* foi lançado em 1982 por Jack Dangermond, considerado referência da GIS moderna. O *software* foi relançado em 1990, com um foco em modularidade e escalabilidade, tornando-se uma plataforma projetada para funcionar em computadores de mesa e presente em toda empresa (ESRI, 2017).

Cada vez mais a tecnologia GIS tem se tornando essencial para combinar diversas fontes de informação de mapas e satélites em modelos que simulam as interações de sistemas naturais complexos. O GIS pode ser usado para produzir imagens, não apenas mapas, mas desenhos, animações e outros itens cartográficos (SOOD *et al*, 2015)

O uso desta tecnologia permite analisar e processar uma grande quantidade de dados em alta velocidade e em menor tempo. Os sistemas de sensoriamento remoto fornecem medidas uniformes com alta velocidade para grandes áreas na forma digital (TAYARI *et al*, 2015).

Para Xie e Wang (2007), com essas ferramentas à disposição, os agricultores passam a ter a capacidade de visualizar suas práticas de manejo de terras, culturas e técnicas de gerenciamento de uma maneira jamais vista antes na gestão precisa de seus negócios. A partir de então, o acesso a dados espaciais tornou-se uma prática de agricultura essencial dentro de um mercado cada vez mais competitivo.

Para Limpisathian (2011), os agricultores dependem também de outras técnicas e tecnologias. Estas técnicas incluem plantio a taxas variáveis, reconhecimento de culturas, aplicação química de taxa variável e outras práticas menos predominantes. O plantio variável consiste no uso dos dados coletados dos ciclos de culturas anteriores para ajudar a determinar o que deve ser plantado, e a quantidade que deve ser plantada.

O reconhecimento de colheitas refere-se a coleta e rastreamento de dados sobre a cultura crescente e a identificação de problemas que possam surgir, além de fornecer ações a serem tomadas para combater problemas existentes durante a safra.

A aplicação química de taxa variável está relacionada a sistemas automatizados de pulverização, onde o agricultor pode usar dados previamente

coletados para estabelecer quais áreas da fazenda necessitam aplicação de produtos químicos e suas respectivas quantidades.

Limpisathian (2011) também denota que o uso de GIS no desenvolvimento da AP está dando ao agricultor mais conhecimento, pois usa tecnologias e sistemas de informação para o melhor gerenciamento de suas próprias culturas.

Outra promissora tecnologia que promete aprimorar a AP são as WSN (*Wireless Sensor Networks*). Khan (2016) define WSN como uma tecnologia avançada que está chamando a atenção do mundo moderno por sua comunicação sem fio de baixo gasto energético e implementação de baixo custo. Esta tecnologia sofisticada impulsiona o surgimento de aplicações de sensores e o desenvolvimento rápido da integração de circuitos digitais.

Para Srbinovska *et al* (2015), as tecnologias WSN são o principal motor do desenvolvimento da AP. Os avanços recentes nas comunicações sem fio e na eletrônica permitiram o desenvolvimento e produção de sensores multifuncionais de tamanho pequeno e que se comunicam em curtas distâncias.

Todos estes componentes utilizam tecnologia, estando esta diretamente ligada a componentes eletrônicos e sistemas desenvolvidos nas mais diversas linguagens de programação.

2.3 TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS

O termo tecnologias computacionais é amplo, podendo ser segmentado em diversos aspectos, como linguagens de programação, paradigmas de programação, ferramentas, padrões e conceitos.

As linguagens de programação podem ser entendidas de forma simples como um padrão de comandos que podem ser escritos como um código que seja interpretado por uma máquina. No entanto, para melhor definir o conceito de linguagens de programação, é necessário primeiramente retornar aos primeiros computadores digitais e avanços na área da tecnologia.

Segundo Ben-ari (2006), o avanço inicial de maior impacto nos computadores foi a descoberta, atribuída ao matemático húngaro John von Neumann, de que um programa pode ser armazenado no computador tão facilmente quanto os dados utilizados na computação. O programa armazenado torna-se então uma máquina de

cálculo de finalidade geral e surge assim a possibilidade de alterar o programa apenas mudando um *plug-in* de fios, inserindo uma fonte de armazenamento externo ou conectando-se a internet.

Ben-ari (2006) afirma ainda que, uma vez que os computadores são máquinas binárias que reconhecem apenas zeros e uns, armazenar programas em um computador é tecnicamente fácil, mas um tanto inconveniente, pois cada instrução deve ser escrita como dígitos binários (*bits*) que podem ser representados mecânica ou eletronicamente.

Para Ko (2016), as linguagens de programação não são apenas uma forma de dizer para computadores o que fazer no futuro, mas também uma ferramenta de documentação, sugerindo assim que o verdadeiro papel destes “idiomas” é ajudar os programadores a ter uma razão sobre como um programa os interpreta.

Blackwell (2002) denota que a natureza e a extensão da atividade de programação vêm mudando cada vez mais rapidamente. No domínio da programação profissional, novas ferramentas continuam a mudar o dia-a-dia do design e da codificação.

No contexto da programação e da utilização de linguagens, diversos paradigmas e formas de estruturação passaram a ser implementadas. Dentre eles, o paradigma orientado a objetos. Este paradigma já se fazia presente na computação desde o ano de 1970. Porém, somente após o desenvolvimento da linguagem de programação Java o modelo alcançou credibilidade notável entre programadores (MENDES, 2009).

Schach (2009) explica que antes da metade da década de 1970, grande parte das empresas de *software* não usava nenhum modelo específico e cada indivíduo utilizava sua própria técnica. Foi a partir do desenvolvimento do paradigma clássico, ou estruturado, que as primeiras inovações surgiram. Este paradigma continha as funções de análise de sistema estruturado e análise de fluxo de dados.

O paradigma contemporâneo traz consigo um nuance diferenciado da programação de foco estruturado, no sentido de que adota formas mais similares ao aparato humano para manejar a complexidade de um sistema (MENDES, 2009).

No paradigma orientado a objetos, surge a possibilidade de tornar integralmente as parcelas do sistema em objetos. Sob este espectro, um objeto não se torna tão diferente de uma variável normal. (RICARTE, 2001).

Suas vantagens são apontadas por Schach (2009), onde a reutilização de objetos evita a duplicação de instruções e possibilita o reuso das mesmas. Como os objetos são entidades independentes, existe a possibilidade de os reutilizar em projetos futuros ou mesmo os compartilhar entre projetos que se comunicam entre si.

Nos dias de hoje, a constante necessidade de comunicação e acesso a informações em tempo real, torna o desenvolvimento de sistemas para *Web* uma prática cada vez mais utilizada.

O desenvolvimento de sistemas para *Web* é realizado através do uso de um conjunto de linguagens de programação. Uma delas, de suma importância é o JavaScript, que foi criada em 1995 pela empresa Netscape tendo o intuito de popularizar a linguagem Java. Porém, apesar de seu nome, as linguagens possuem poucas similaridades. A principal relação entre ambas é sua origem comum: as linguagens C e C++.

O JavaScript traz funcionalidades dinâmicas para os sistemas *Web*. Ele se manifesta quando algo aparece ao passarmos o mouse sobre um item no navegador, quando visualizamos um texto, cores e imagens na página, ou ao pegarmos um objeto e o arrastarmos para um novo local. Desse modo, a linguagem oferece efeitos que não são possíveis de outra forma, pois ela é executada e processada dentro do navegador do usuário, tendo acesso direto a todos os elementos de um documento da *Web* (NIXON, 2012).

Atualmente, Javascript é uma das linguagens mais populares da *Web*. É caracterizada por sua tipagem dinâmica, por ser baseada em objetos, orientada a eventos (movimentos do mouse, arrastar objetos, pressionar e soltar botões) e por realizar avaliações em tempo de execução. Sua função é controlar o comportamento da página *Web*, permitindo assim validar formulários, alterar textos, ocultar ou exibir objetos, alterar estilos, executar operações e manipulações junto ao navegador (MILETTO et al., 2014).

As ações realizadas pelos usuários são chamadas de eventos. Quando o usuário executa uma ação, como um clique do mouse ou o pressionamento de uma tecla, um evento específico é acionado. Além dos eventos desencadeados por usuários, há também outros eventos acionados pelo sistema, como o evento *load*, por exemplo, que é acionado quando o documento é totalmente carregado.

Esses eventos são gerenciados por códigos ou funções. O código que responde ao evento é chamado de gerenciador ou *callback*. Seu objetivo é definir

como o aplicativo responderá a um evento específico. Os nomes dos gerenciadores de eventos são criados adicionando o prefixo “*on*” ao nome do evento. Por exemplo, o gerenciador do evento *click* (clique) é definido como *onclick* (GAUCHAT, 2012).

Porém, antes de se tornar popular, para que a linguagem evoluísse obedecendo a determinados padrões e normativas, seus criadores se associaram ao ECMA (*European Computer Manufacturers Association*). Como o nome JavaScript já havia sido patenteado pela Sun Microsystems (atual Oracle), optou-se por se definir um novo nome à linguagem utilizando a junção das palavras ECMA e JavaScript, surgindo então o ECMAScript, ou ES. (MALAVASI, 2017).

Na prática, o nome JavaScript tornou-se imensamente popular entre a comunidade de programadores, sendo o ES padrão base para a linguagem. Sua nomenclatura corresponde à descrição formal e estruturada da linguagem de script, sendo utilizada para determinar sua versão. Seus padrões e normativas são mantidos pelo grupo ECMA-262.

Visando otimizar o uso do ES e o manter atualizado, definiu-se que uma nova versão sua seria lançada anualmente. Atualmente, a linguagem já está em sua nona versão (ES2018), contando com novos recursos para programação assíncrona e expressões regulares. Foram introduzidos também iteradores assíncronos, tornando possível uma instrução de espera para iteração ao adicionar a sintaxe para criar funções e métodos do gerador assíncrono (KRILL, 2018).

Ao longo dos anos, JavaScript tornou-se uma linguagem robusta, eficiente e de aplicação geral. Atualmente, a maioria dos sites modernos utiliza JavaScript, e todos os navegadores modernos - em desktops, tablets, consoles de videogame e smartphones - incluem interpretadores para a linguagem, tornando-a a linguagem de programação mais onipresente da história (FLANAGAN, 2011).

Segundo Bortolossi (2014), outra importante característica do JavaScript é a disponibilização de uma série de recursos para interfaces gráficas, viabilizando assim a construção de sistemas *Web* mais interativos.

Resig (2007) define como aspecto fundamental de JavaScript o conceito de referências. É em um sistema de referências em que a linguagem é baseada. Assim, uma referência é um localizador para um local real de um objeto, funcionando como um ponteiro. Sua premissa principal é a de que um objeto físico nunca é uma referência. Por exemplo: uma *string* é sempre uma *string*, um *array* é sempre um *array*. No entanto, várias variáveis podem se referir ao mesmo objeto. Esse sistema de

tipagem dinâmica atribui grande flexibilidade no uso da linguagem. Ademais, um objeto pode conter um conjunto de propriedades, todas elas sendo referências a outros objetos. Quando várias variáveis apontam para o mesmo objeto, caso ocorra modificação do tipo subjacente desse objeto, ela será também refletida em todas as variáveis.

Com a popularização e adoção em massa da linguagem, ferramentas e *frameworks* foram desenvolvidos para facilitar seu uso, como o jQuery; AngularJS e Angular2, mantido pelo Google; React, mantido pelo Facebook; entre outros.

Um dos primeiros *frameworks* JavaScript, o AngularJS é um *framework* MVC (*Model View Controller*) *open-source*, de desenvolvimento *front-end*, criado pelo Google. Ele possibilita o desenvolvimento de aplicações *Web* dinâmicas, tendo sido criado em 2009 por Misko Hevery e Adam Abrons, usando a linguagem HTML como modelo, e, ao estender os atributos HTML com diretivas e vinculando dados a HTML com expressões, o AngularJS produz um código que é legível, expressivo e rápido de desenvolver.

Inicialmente, era apenas um projeto paralelo de seus criadores. Tinha por objetivo facilitar a criação de aplicativos *Web* em projetos internos em que ambos trabalhavam. No entanto, em 2010, ele foi lançado para a comunidade de programadores em sua primeira versão.

Sua construção se baseia na filosofia de que o código declarativo é melhor que o código imperativo para construir interfaces de usuário e conectar diferentes componentes de aplicativos da *Web* juntos (JAIN et al., 2014).

Para Branas (2014), a programação declarativa é a melhor escolha para construir a interface do usuário, enquanto a programação imperativa é preferível para implementar a lógica de negócios de um aplicativo.

Sampaio (2015) denota que o *framework* Angular também permite aos desenvolvedores utilizar a linguagem de marcação HTML para definir associações de dados, validações, além de *response handlers* para lidar com as ações do usuário em um formato declarativo, que também contribui para essa mesma aceleração. Com o uso destes recursos, a consequência é o crescimento e enriquecimento dos sistemas *Web*.

No entanto, anos após seu lançamento inicial, o cenário do desenvolvimento da *Web* evoluiu rapidamente, fazendo com que o AngularJS chegasse ao seu limite.

Com novos avanços e padrões emergindo em JavaScript, o *framework* foi ficando desatualizado e já não conseguia cumprir as crescentes demandas existentes.

Assim, a equipe do Google procurou desenvolver uma versão 2.0 do *framework*. Para isso, foi criada uma estrutura a partir do zero, que não estaria confinada pelo design antigo do AngularJS. A intenção era desenvolver uma estrutura capaz de resolver os problemas que surgiam na criação de aplicativos grandes e de plataforma cruzada. Essa reescrita total ficou conhecida como Angular 2, ou somente Angular (GAVIGAN, 2018).

A nova versão, anunciada oficialmente em setembro de 2014, foi desenvolvida ao longo de dois anos. Usando o conceito SPA (*Single Page Application*), sua proposta central teve como objetivo possibilitar a criação de aplicativos que funcionem em qualquer plataforma, seja ela móvel, *Web* ou *desktop*.

Para Guedes (2017), a maior diferença entre AngularJS e Angular 2 é a evolução em sua performance. Com a versão reescrita, o tempo de resposta se tornou menor e a usabilidade mais dinâmica.

Segundo Wilken (2018), Angular 2 projeta sua estrutura e seu processo de desenvolvimento em torno de padrões comuns (como aproveitar os recursos mais recentes da linguagem JavaScript), usando recursos modernos (como o uso do TypeScript para aplicação e utilização de tipagem de dados).

Uma das vantagens de utilizar o *framework* é a grande comunidade ativa de programadores empenhados em continuar seu desenvolvimento e atualização constante. Atualmente, ele se encontra em sua sétima versão, tendo esta sido lançada em outubro de 2018.

Após a ascensão e sucesso do JavaScript, muitos se perguntavam: seria essa linguagem poderosa o suficiente para escrever aplicativos completos? Para Maharry (2013), ela nunca foi projetada com o propósito de escrever projetos maiores.

Para a Microsoft, o raciocínio foi o mesmo. Portanto, em 2012, ela criou o TypeScript, cujo propósito objetivava resolver a deficiência de JavaScript em desenvolvimento e manutenção de grandes aplicações. Essa ferramenta é um superconjunto de JavaScript. Desde seu anúncio em 2012, ele tem sido usado também fora da Microsoft, sendo uma linguagem *open-source*.

Para Bierman et al. (2014), o TypeScript inclui várias construções e conceitos avançados, como equivalência de tipo estrutural (em vez de equivalência de tipo por nome), tipos de programação baseada em objeto (como em cálculo de objeto),

digitação gradual, subtipagem de tipos recursivos e tipo operadores. Sintaticamente, o TypeScript também é um superconjunto do ES 5. Portanto, todo programa JavaScript é um programa TypeScript. Como o TypeScript visa fornecer assistência aos programadores, o sistema de módulos e o sistema de tipos são flexíveis e fáceis de usar. Em particular, eles suportam muitas práticas comuns de programação JavaScript.

TypeScript adiciona uma camada de tipagem estática em cima do JavaScript, que é então executado através de um compilador. A linguagem também fornece um rico conjunto de tipos de objetos e níveis de acessibilidade, que parecem muito familiares para desenvolvedores que já utilizam linguagens orientadas a objetos (NANCE, 2014).

Através do uso de seu compilador, o TypeScript introduz vários conceitos importantes de algumas linguagens orientadas a objeto, como:

- Tipagem estática;
- Classes;
- Interfaces;
- Modificadores de acesso;

Atualmente, a linguagem está em sua versão 3.0, tendo sido lançada em 2018, trazendo as seguintes novidades:

- Remoção das funções *escapeIdentifier* e *unescapeIdentifier*, que se tornaram obsoletas;
- Introdução do mecanismo referência a projeto, que reduz a complexidade ao gerenciar múltiplas dependências do TypeScript;
- Remoção do método interno *LanguageService#getSourceFile*.

No desenvolvimento de sistemas destinados a AP, se faz necessário a utilização de mapas temáticos e o uso de informações espaciais. Neste contexto, existem plataformas livres para auxiliar a implementação, com o OpenLayers.

A ferramenta OpenLayers surgiu em 2006 como uma alternativa totalmente gratuita à ferramenta Google Maps. Para SITANGGANG *et al* (2017), é uma biblioteca com alto desempenho e funcionalidade para gerenciamento e visualização de dados

espaciais, e já está sendo aplicada com sucesso em locais como grandes fazendas auxiliando o mapeamento e controle das áreas.

Sua utilização visa implementar todos os recursos necessários que um desenvolvedor possa precisar para criar uma aplicação *Web GIS*. Ou seja, não apenas conceitos relacionados a GIS, como mapas, camadas ou formatos padrão, mas também a manipulação de elementos de documento ou funções auxiliares para fazer solicitações assíncronas (PEREZ, 2012).

Um sistema de informação gerencial tem com objetivo coletar e armazenar informações. Estas informações são geralmente armazenadas em um sistema de banco de dados, como o PostgreSQL, que é uma ferramenta avançada de armazenamento de dados. Uma de suas principais vantagens está no fato de ser gratuita e *open-source*, sendo desenvolvido e mantido por programadores voluntários em todo o mundo.

Segundo Milani (2008), o sistema de armazenamento do PostgreSQL possui grande estabilidade. Ele foi projetado para executar no método 24/7 (24 horas por dia, 7 dias por semana). Possui também módulos que gerenciam transações e acesso a objetos. Esses módulos foram orientados com base em três objetivos:

1. Fornecer gerenciamento de transações sem a necessidade de escrever uma grande quantidade de código especializado voltada à recuperação de falhas. Para alcançar esse objetivo, o PostgreSQL adotou um novo sistema de armazenamento no qual nenhum dado é substituído, mas sim todas as atualizações são transformadas em inserções;
2. Acomodar o estado histórico dos dados em um disco óptico, além do estado atual dos dados em um disco magnético normal;
3. Aproveitar o *hardware* especializado. Em particular, é aceita a existência de uma memória principal não volátil em alguma quantidade razoável. Essa memória pode ser fornecida através de técnicas de correção de erros e um esquema de *backup* de bateria ou de algum outro meio de *hardware*.

Apesar de fornecer uma grande quantidade de recursos, em alguns casos é necessário utilizar extensões específicas para atender a necessidade do sistema. No caso de dados espaciais para AP, a extensão PostGIS fornece estes recursos necessários.

O PostGIS é uma extensão da ferramenta PostgreSQL, desenvolvida pela companhia *Refractions Research Inc.* Trata-se de um projeto de pesquisa de tecnologia voltada para a disponibilização de um banco de dados espacial. A ferramenta é isenta de custos, e tem sido adotada por governos, organizações públicas e empresas privadas.

Ela fornece diversos operadores espaciais, funções espaciais, tipos de dados espaciais e aprimoramentos de indexação espacial para o PostgreSQL. Ao adicionar à mistura os recursos complementares que o PostgreSQL e outros projetos relacionados fornecem, o usuário possui uma central à sua disposição que é adequada para análises de GIS sofisticadas e também uma ferramenta valiosa para o estudo de GIS (OBE e tal., 2015).

Obe et al. (2015) defende que o usuário tem mais liberdade para controlar o seu objetivo utilizando PostGIS e PostgreSQL do que com outras ofertas comerciais comparáveis. A ferramenta possibilita ao utilizador a instalação em tantos servidores quanto quiser, não ficando limitado a restrições artificiais sobre o número de núcleos que pode usar.

No cenário tecnológico atual, com a evolução de *tablets* e *smartphones*, é comum diversos dispositivos acessarem a mesma plataforma e os mesmos dados, caracterizando-se como um sistema distribuído. Neste contexto, em aplicações que rodam na *Web*, tecnologias como *Web Services* se apresentam como solução interessante para o fornecimento distribuído de dados e informações, bem como utilização de processamento centralizado.

Um *Web Service* é geralmente definido como uma aplicação acessível a outras dentro do contexto da *Web*. Essa definição, porém, é vista como excessivamente aberta no sentido de que ao utilizar a mesma, qualquer recurso que possua uma *URL* (*Uniform Resource Locator*) pode ser definido como um *Web Service* (ALONSO et al, 2003).

Uma definição mais apropriada é da organização Consórcio W3C (*World Wide Web*), um grupo com membros ao redor do globo que se dedica a estabelecer normas para a criação e a interpretação de conteúdos para a *Web*. Segundo a W3C, *Web Services* é um aplicativo de software identificado por um URL, cujas interfaces e ligações podem ser definidas, descritas e descobertas como artefatos XML (*eXtensible Markup Language*).

Ferreira e Mota (2014) denotam como qualidade principal dos *Web Services* o fato de que a comunicação é sempre feita em rede, necessitando que a conexão esteja sempre disponível. Esta tecnologia, acima de tudo, possibilita alcance global na troca de dados entre quaisquer aplicativos. Para Alves (2012), a funcionalidade da arquitetura *Web Service* se estende até onde o usuário possa imaginar quando se trata de intercâmbio de dados e informações.

Dentre os padrões de desenvolvimento de *Web Services*, destaca-se o REST (*Representational State Transfer*), concebido por Roy Fielding em 2002. Em sua tese de doutorado, ele buscou reunir as técnicas de melhor performance entre os mecanismos já existentes.

Fielding desenvolveu a ferramenta com base nos princípios que surgiram à medida que a *World Wide Web* avançou. Ele percebeu que os servidores, clientes e intermediários da *Web* compartilhavam alguns métodos que lhes deram extensibilidade para trabalhar em uma maior escala na Internet (ADAMCZYK *et al.* 2011).

Geralmente, os *Web Services* fazem parte de uma aplicação maior, ou estão dentro de um contexto maior. Este contexto é uma plataforma *Web*, que apesar de poder ser implementada manualmente, é comumente fornecida através de algum *framework*. Os *frameworks Web* atuais, utilizam-se especialmente do padrão de projetos MVC.

MVC é um padrão de projeto e arquitetura útil para o desenvolvimento de sistemas de software interativos. Foi criado por Trygve Reenskaug, que publicou seu primeiro artigo sobre o modelo em 1978. Tinha como objetivo, resolver a questão de como representar (modelar) sistemas complexos do mundo real (WALTHER, 2008).

Walther (2008), explica que ao se tratar de sistemas complexos do mundo real, um ser humano possui um modelo mental dos mesmos e o computador possui um modelo digital. Para isso, Reenskaug definiu três principais camadas: *model*, *view* e *controller*.

O *controller* é encarregado de processar as requisições e interações do usuário. A camada *view* exibe informações para o usuário e, juntamente com a camada *controller*, compreende a interface do usuário da aplicação. O *Model* representa a parte do aplicativo que contém tanto a informação representada pela camada *view* quanto a lógica que altera essas informações em resposta à interação do usuário (LEFF *et al.*, 2001).

2.4 SISTEMAS PARA O AGRONEGÓCIO

Muitas são as opções de sistemas disponíveis no mercado para o gerenciamento das propriedades rurais. De *softwares desktop* a aplicativos móveis, em diversas versões, pacotes e custos.

A empresa SST Software, fundada em 1994 e atualmente parte do grupo Proagric, possui ferramentas voltadas à área de gerenciamento para agricultura de precisão. Estas ferramentas pretendem melhorar as práticas de cultivo ao possibilitar que o produtor gerencie dados e colete informações de sua propriedade, possibilitando a otimização de sua área.

Um dos produtos da empresa SST é o Summit, que em sua versão básica permite simplificar o armazenamento histórico de operações e criar relatórios sobre a produção. Possui compatibilidade com tablets e computadores. Já em sua versão profissional, o Summit se torna uma ferramenta mais dinâmica, objetivando melhorar a eficiência operacional e a capacidade de processamento. A ferramenta possui 30 dias gratuitos para que o usuário teste a aplicação.

Juntamente com o SST FarmRite, se torna possível a utilização de mapas, que podem ser customizados pelo produtor para melhor entendimento. Esses mapas auxiliam na elaboração das zonas de manejo, que podem ser criadas a partir de polígonos existentes, como tipo de solo, manejos diferenciados ou faixas de fertilidade. É possível também consultar relatórios de safras anteriores a as comparar com safras atuais.

Quanto a aplicativos para celular, destaca-se o sistema SST SIRRUS, que permite ao usuário coletar e administrar dados em qualquer lugar, a qualquer hora, sem necessitar de conexão com a internet para funcionar. O sistema se sincroniza com a plataforma agX, que foi desenvolvido especialmente para a indústria agrícola para fornecer a infraestrutura geoespacial necessária no desenvolvimento de tecnologias para agricultura de precisão, permitindo o compartilhamento de informações com colegas de trabalho e consumidores.

Há também outras empresas que fornecem tecnologias para o agronegócio. A empresa Falker traz tecnologias para otimização da agricultura de precisão tendo lançado no mercado seu software FalkerMap. Esse software possibilita a criação de mapas de fertilidade de solo, sensores de alta densidade, imagens aéreas, mapas de colheita e relatórios personalizados. Ele ainda pode ser utilizado na Web,

possibilitando seu acesso em qualquer lugar e com qualquer dispositivo. Para propriedades de até 200 hectares, a ferramenta é gratuita. Para grandes propriedades, de até 30.000 hectares, o custo é de R\$ 499,00 mensais no plano Basic Web e R\$ 749 mensais no plano Pro Web, com suporte para 3 usuários. Para disponibilizar um login de acesso para clientes, o custo é de R\$ 49,00 reais anuais.

A empresa Tecgraf, por sua vez, desenvolveu o sistema AgroCAD, buscando integrar e direcionar ferramentas de geoprocessamento, CAD (desenho assistido por computador) e topografia. Possui o objetivo de aumentar a produtividade e acarretar um melhor aproveitamento dos recursos que o usuário tem disponíveis. Atualmente está presente em dois países. O sistema se encontra na versão intitulada "AgroCAD 2020" e é disponibilizado para os usuários em 2 versões para assinaturas anuais. O diferencial entre elas é a inclusão do sistema Civil 3D na segunda versão. Por fim, ainda é disponibilizado um treinamento voltado para a utilização do sistema AgroCAD para até 4 usuários.

Outra empresa que fornece soluções para o mercado agrícola é a InCeres, que propõe um gerenciamento completo da safra. Esse sistema engloba elementos para auxiliar as atividades cotidianas do gerenciamento de uma propriedade agrícola, como catalogação de grades e amostragens, dados de áreas e informações sobre a utilização dos hectares da propriedade. Possui funcionalidades de amostragem, que fornece mapas de qualidade para o usuário e informações sobre safras passadas no terreno, bem como mapas de fertilidade, produtividade, imagens de satélite, mapas de compactação e informações sobre o solo, plantações e condições climáticas.

2.5 PROJETO AGDATABOX

Idealizado por Bazzi (2015), inicialmente denominado SDUM - *Software for Definition and Evaluation of Management Units*, foi desenvolvido e disponibilizado como uma aplicação *desktop* para geração de zonas de manejo e mapas temáticos em agricultura de precisão. No entanto, visando aprimorar seu uso e integrar mais funcionalidades, teve sua arquitetura remodelada para utilização em ambiente *Web*, originando o projeto AgDataBox.

AgDataBox é um projeto que vem sendo desenvolvido com objetivo de disponibilizar ferramentas computacionais gratuitas para produtores rurais,

pesquisadores e prestadores de serviço focados em AP, com intuito de aprimorar o ramo agrícola no país por meio de tecnologias livres. Assim, sua utilização é totalmente gratuita.

Este projeto visa o desenvolvimento de uma plataforma integrada de dados obtidos de diferentes fontes e com diferentes tipos, como mapas temáticos, dados amostrais de solo, relevo, imagens georreferenciadas, precipitação, operações de campo, custos, pessoal, máquinas/equipamentos, entre outros.

Destina-se a agricultores e empresários dos ramos agrícola e agroindustrial, tendo como finalidade facilitar a tomada de decisão e também propiciar o aumento da rentabilidade das propriedades rurais e das operações agrícolas.

2.5.1 Estrutura

O projeto AgDataBox é composto por cinco módulos distintos, cada um representado por um sistema, sendo estes API, Mobile, Map e Sensor, além do módulo *Web*, o qual é objeto deste estudo. A Figura 1 apresenta a estrutura geral do projeto AgDataBox.

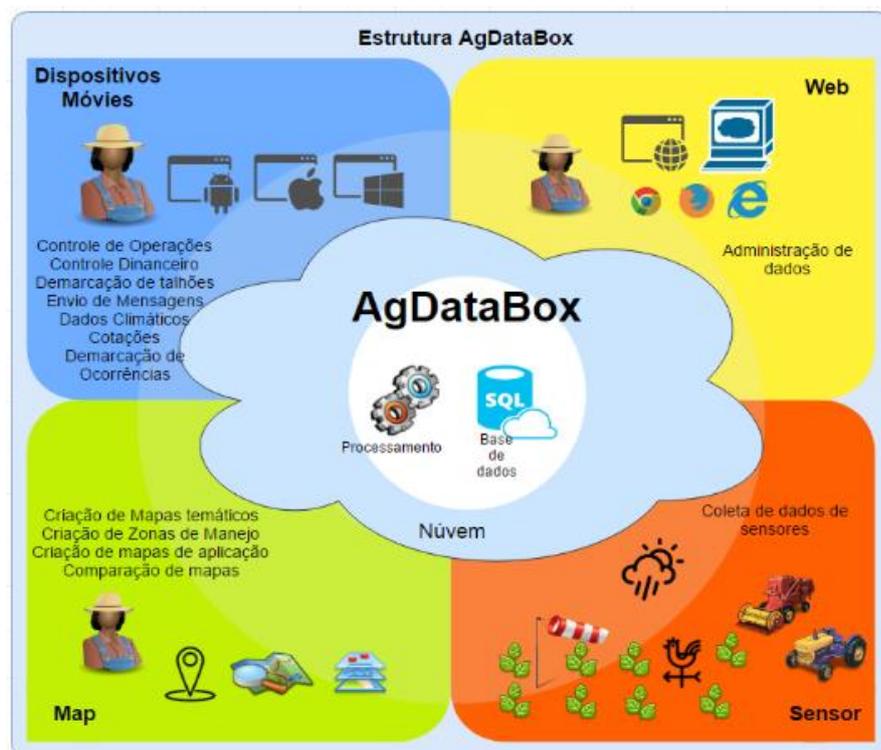


Figura 1. Estrutura geral do projeto AgDataBox.

Fonte: Jasse et al. (2017).

A API representa o módulo central da plataforma. É ela que contém as regras de negócio e acesso ao banco de dados centralizado. Assim, todos os dados coletados pelos demais módulos são fornecidos à API que realiza o processamento e o armazenamento dos mesmos. Da mesma forma, é ela que processa as requisições de consulta, provendo os dados requisitados.

O módulo *mobile* representa o aplicativo para dispositivos móveis. Trata-se de um aplicativo que implementa funcionalidades disponíveis na API, como controle de operações, controle financeiro, demarcação de talhões, dados climáticos, etc. Permite a inclusão e a consulta de dados em tempo real, havendo conexão com a internet.

Devido a possibilidade de indisponibilidade de internet em áreas afastadas dos grandes centros, o aplicativo móvel conta com um banco de dados próprio e um sistema de sincronismo. Deste modo, caso não haja acesso à internet no momento da coleta dos dados, os mesmos ficam armazenados no dispositivo e o sincronismo com a API ocorre posteriormente.

O módulo Map é um sistema *Web* que também implementa funcionalidades da API, como criação de mapas temáticos, zonas de manejo, mapas de aplicação, etc. Este módulo possui um banco de dados próprio para armazenamento de dados específicos. No entanto, assim como os demais módulos, envia os dados à API para alimentação do banco de dados centralizado.

O módulo Sensor representa a coleta de dados realizadas por sensores localizados no campo ou em maquinários agrícolas.

O módulo *Web*, objeto deste estudo, pode ser entendido como o sistema de administração de dados da plataforma. Trata-se de um sistema para o gerenciamento dos dados dos usuários existentes no banco de dados centralizado. De forma simplificada, ao acessar o sistema para administração de dados, o usuário consegue ter uma visão geral de todas as informações de sua propriedade, de acordo suas regras e permissões de acesso.

É também neste sistema que são apresentados os relatórios gerenciais. Estes relatórios são gerados a partir de dados de operações realizadas no campo, obtidos através de sensores e aplicativos móveis, ou informados manualmente pelos usuários.

Os relatórios permitem a extração de dados agrupados por operações e áreas de interesse. É possível avaliar o uso de sementes e insumos em determinada localidade, custos de operação por funcionário, operações de máquina e entrega, entre outros.

4. Demarcação de áreas (talhões);
5. Gerenciamento de dados da propriedade:
 - 5.1. Áreas;
 - 5.2. Culturas;
 - 5.3. Variedades;
 - 5.4. Solo;
 - 5.5. Empresa;
 - 5.6. Funcionários;
 - 5.7. Insumos;
 - 5.8. Marcas;
 - 5.9. Veículos;
6. Gerenciamento de operações de campo:
 - 6.1. Entrega;
 - 6.2. Funcionário;
 - 6.3. Mecanizada;
 - 6.4. Insumo;
 - 6.5. Semente;
7. Geração de relatórios e gráficos.

2.5.3 Integração entre módulos

Os módulos funcionam de forma independente, tendo como ponto em comum a API AgDataBox. Esta API utiliza padrão de *Web Services REST* para possibilitar a integração entre os módulos. Através de uma requisição HTTP, os módulos consomem a API utilizando métodos como GET, POST, PUT e DELETE para realizar as operações. Cada funcionalidade existente na API é definida e disponibilizada para consumo através de seu método HTTP e sua URL. A Figura 3 demonstra o fluxo de consumo de um *Web Services REST*.

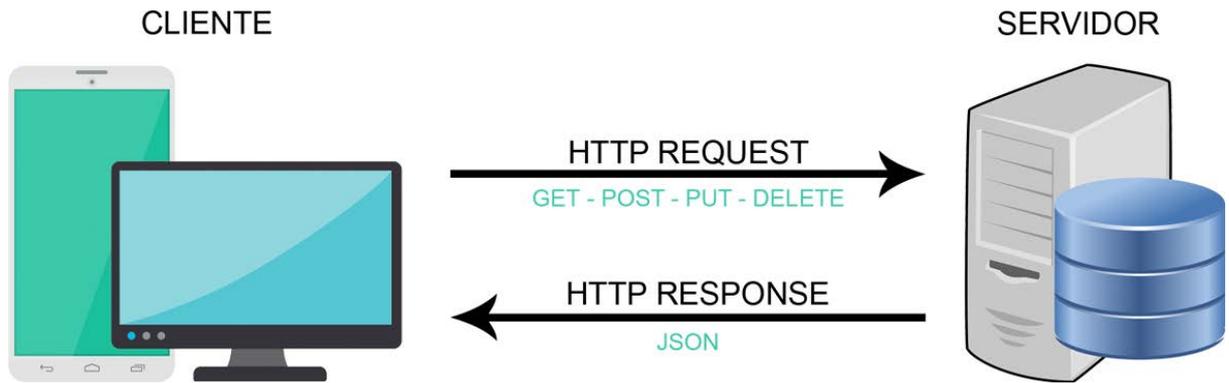


Figura 3. Fluxo de consumo de *Web Services REST*.

Fonte: O autor.

O fluxo de dados inicia-se através da autenticação do usuário. Ao consumir a funcionalidade de autenticação utilizando e-mail e senha, a API valida as informações e, em caso de sucesso, retorna um token de acesso à aplicação cliente. Este token funciona como uma chave de acesso, identificando o usuário logado e permitindo o acesso às funcionalidades que manipulam os dados contidos no banco de dados.

A cada nova requisição, as aplicações cliente devem informar o token de acesso no *header* da requisição HTTP. Ao receber as requisições, a API verifica se o token é válido para então prosseguir com a requisição solicitada.

A Figura 4 demonstra o fluxo de autenticação e controle de acesso da API.

Diagrama de Sequencia de Autenticação

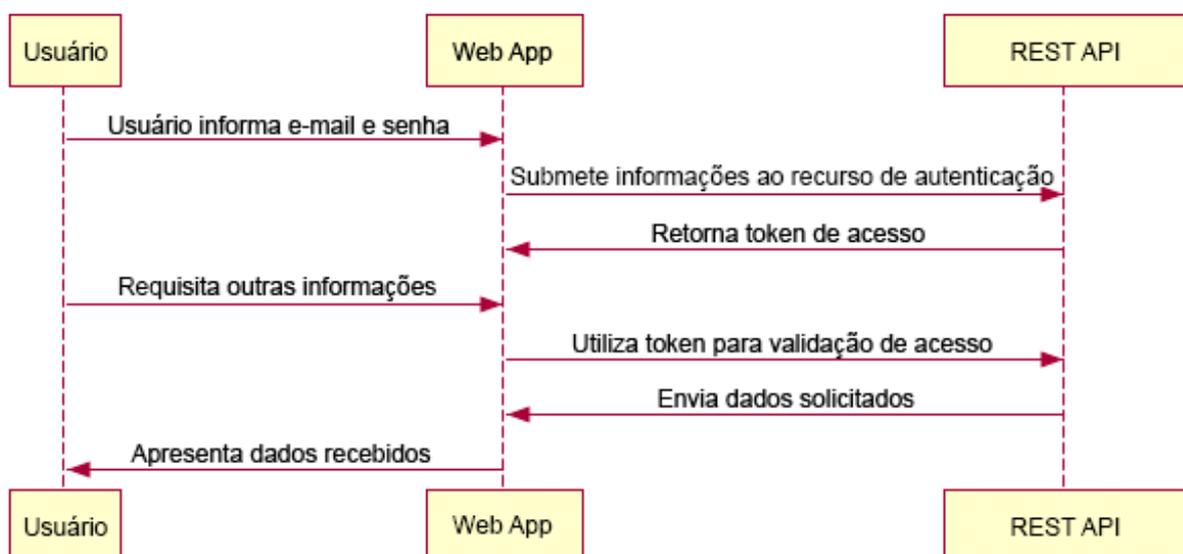


Figura 4. Fluxo de autenticação e controle de acesso da API.

Fonte: O autor.

Da mesma forma que ocorre com a autenticação, os módulos do projeto AgDataBox consomem funcionalidades existentes na API através de requisições HTTP. Deste modo, a integração é realizada e o intercâmbio de informações entre módulos ocorre.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do módulo *Web* do projeto AgDataBox, foram utilizadas linguagens de desenvolvimento para *Web* como HTML, CSS e principalmente, JavaScript. Fazendo uso de tecnologias de mercado, o desenvolvimento se deu de forma estruturada e escalável.

Buscando atender a demanda de forma estruturada e continuada, foi adotado o *framework* Angular 8. Para isso, foi necessário primeiramente aprender a utilizá-lo. A curva de aprendizado da ferramenta é curta para desenvolvedores com vivência em desenvolvimento *Web*.

O desenvolvimento foi realizado com o uso da IDE (*Integrated Development Environment*) Visual Studio Code, a qual é uma ferramenta open-source para desenvolvimento de sistemas para *Web*. Ela fornece um ambiente amigável, contemplando a maioria das funcionalidades que um programador possa precisar.

3.1 IMPLEMENTAÇÃO DE FUNCIONALIDADES

As funcionalidades disponíveis na API do projeto AgDataBox são fornecidas e detalhadas através da documentação disponível no endereço <http://agdatabox.md.utfpr.edu.br/apidata/v2>.

Ao acessar a documentação, o implementador tem acesso às informações necessárias para realizar a integração com a API, como estrutura de dados, campos obrigatórios, tipos de retorno esperados e recursos disponíveis para cada funcionalidade. A Figura 5 apresenta os detalhes da funcionalidade de área.

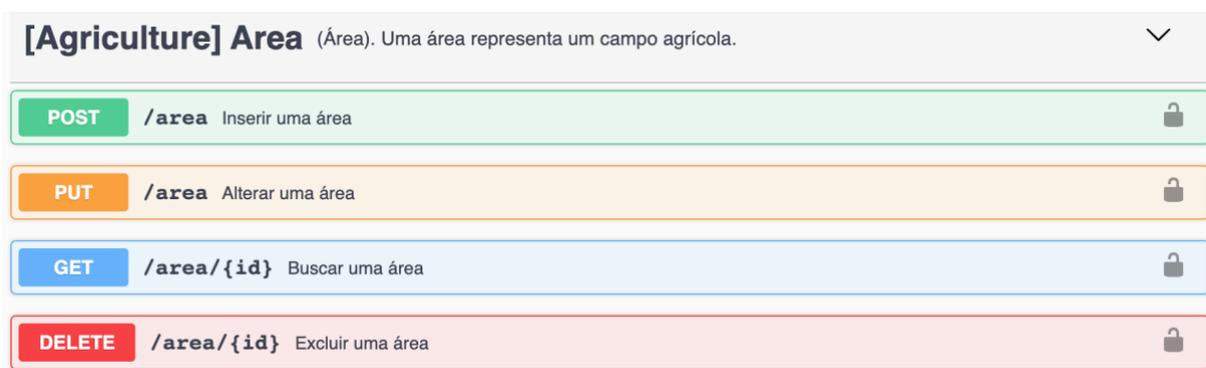


Figura 5. Funcionalidade de Área

Fonte: O autor.

Para cada funcionalidade, há uma estrutura padrão para o intercâmbio de informações. A estrutura é definida através de um objeto JSON, devendo esta ser utilizada para possibilitar a comunicação entre o módulo *Web* e a API de dados do projeto AgDataBox. A Figura 6 apresenta o objeto JSON para cadastro de Atributo.

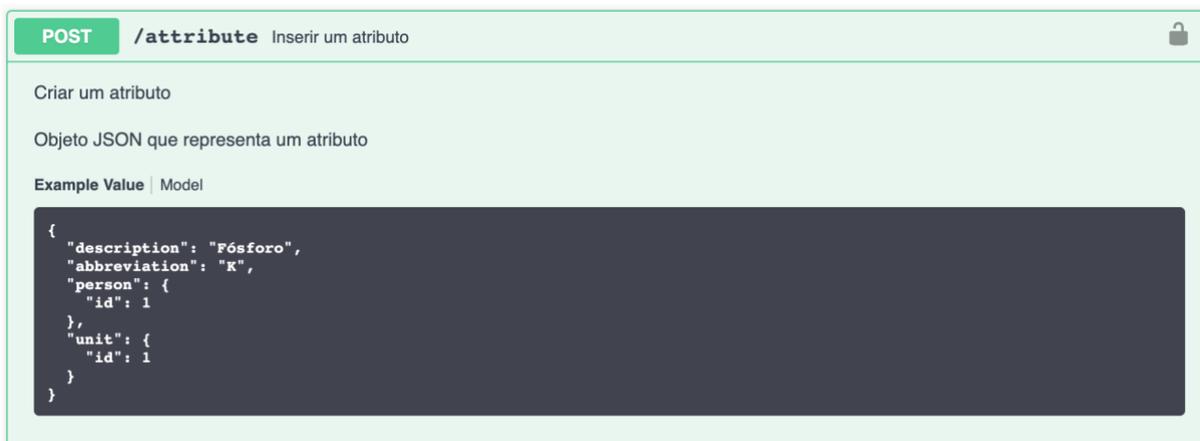


Figura 6. Objeto JSON para cadastro de Atributo.

Fonte: O autor.

3.2 APLICAÇÃO DE UM ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de validar as funcionalidades implementadas no módulo *Web* do projeto AgDataBox, foram utilizadas informações reais fornecidas por produtores agrícolas que praticam agricultura de precisão. A colaboração do produtor Aldo Tasca fornecendo os dados de sua lavoura permitiu a aplicação do sistema a um caso real.

O controle da propriedade do produtor Aldo Tasca é feito através de planilhas. Para cada área da propriedade, é definido o tipo de insumo utilizado. Durante a aplicação dos insumos, são contabilizadas as horas trabalhadas e então convertidas em custos de produção.

Desta forma, ao utilizar dados reais, tornou-se possível comparar os resultados obtidos através da utilização do sistema, objeto deste estudo, em relação aos resultados previamente existentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado deste estudo, obteve-se um sistema de gerenciamento de dados em agricultura de precisão, sendo este integrado e representando o módulo *Web* do projeto AgDataBox. Este capítulo apresenta as funcionalidades do sistema e demonstra seu uso.

4.1 ACESSO

A plataforma AgDataBox baseia-se em um controle de segurança onde o usuário, através da interface de autenticação, informa seu e-mail e senha para então obter acesso a seus dados. A Figura 7 apresenta a interface de autenticação.

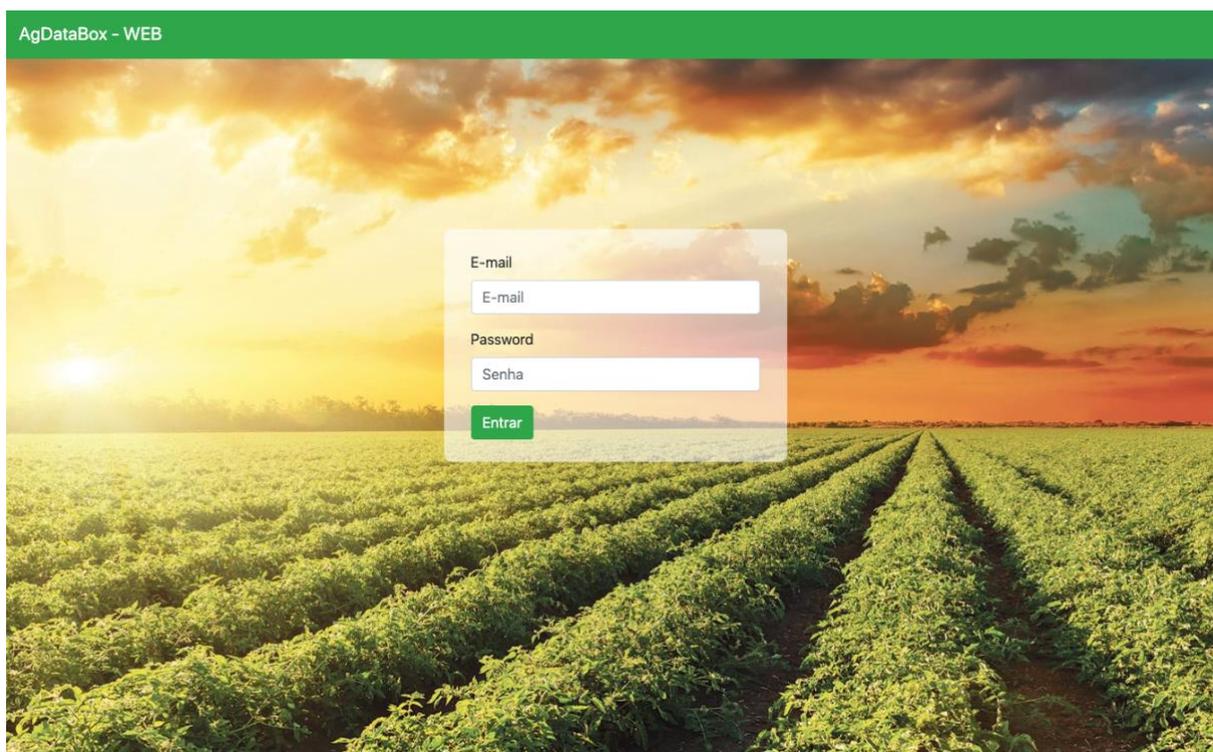


Figura 7. Interface de autenticação.

Fonte: O autor.

Ao preencher os dados de acesso corretamente, o usuário passa a ter acesso às informações referentes a sua propriedade, bem como gerenciá-las. Este é o fluxo

padrão de acesso. No entanto, o segmento *Security* da API permite a criação de cenários customizados de acesso, definindo regras específicas para cada usuário.

No segmento *Security* é possível realizar um contrato entre duas ou mais partes, especificando-as e determinando quais recursos e respectivas permissões estarão vigentes. Com o contrato celebrado a nível sistêmico, é possível que um usuário passe a ter acesso a informações de outros usuários, possibilitando a visualização ou mesmo gerenciamento total dos dados.

Há também o cenário do administrador geral. Este cenário permite ao usuário administrador acessar todos os dados da API de forma irrestrita, tendo acesso a todas informações relacionadas a todos os usuários e sua respectiva utilização na plataforma. Possibilita também consultar relatórios, avaliar métricas e gerenciar conteúdos de forma geral.

No cenário do administrador geral, encontram-se segmentos exclusivos, como *News* e *General*, o quais permitem gerenciar categorias, escopos e notícias em si, bem como políticas de acesso e usuários.

4.2 DASHBOARD

Ao realizar *login* no sistema, o usuário é redirecionado a um *dashboard* com notícias de interesse cadastradas pelo administrador do sistema. A Figura 8 apresenta o dashboard.



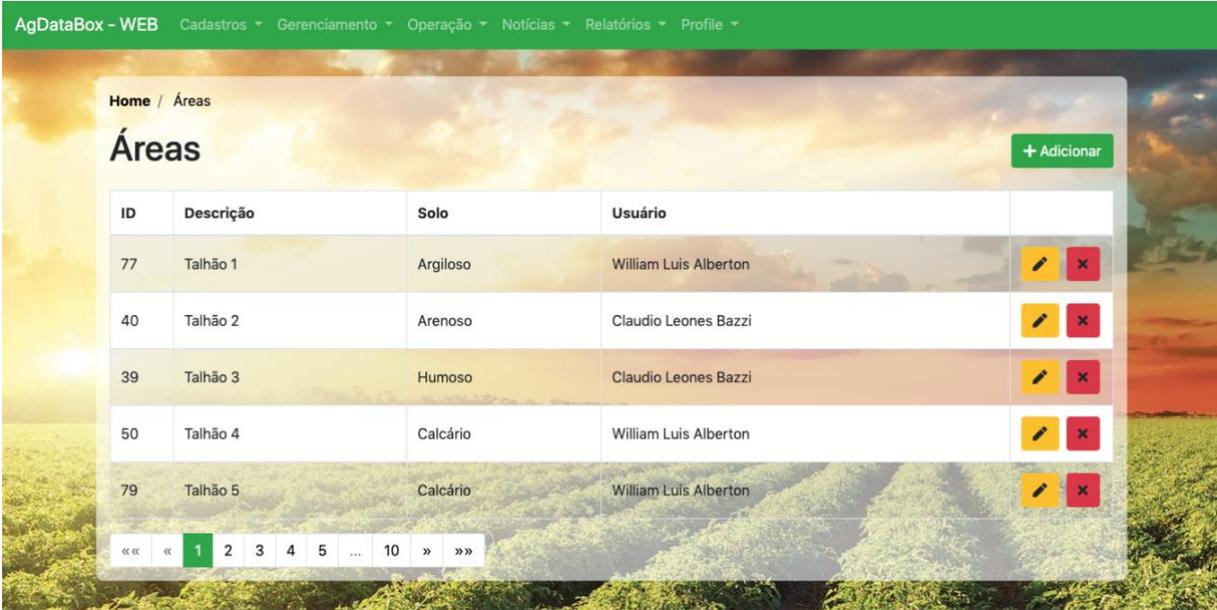
Figura 8. Dashboard de notícias.

Fonte: O autor.

4.3 CADASTROS BASE

Os segmentos *Agricultural* e *Management* representam as operações cadastrais base da plataforma AgDataBox. Representam cadastros como tipos de cultura, variedade, semente, entre outros. São utilizados como parâmetros em outros segmentos e na geração de relatórios e gráficos.

Cada cadastro base é composto por uma listagem paginada de registros e opções para gerenciamento dos mesmos. A Figura 9 demonstra a visualização dos registros e suas respectivas opções de gerenciamento.



ID	Descrição	Solo	Usuário	
77	Talhão 1	Argiloso	William Luis Alberton	 
40	Talhão 2	Arenoso	Claudio Leones Bazzi	 
39	Talhão 3	Humoso	Claudio Leones Bazzi	 
50	Talhão 4	Calcário	William Luis Alberton	 
79	Talhão 5	Calcário	William Luis Alberton	 

Figura 9. Visualização de registros de cadastros base.

Fonte: O autor.

Contam também com um formulário para entrada de dados. Através do preenchimento dos campos solicitados por cada cadastro, o usuário pode incluir ou alterar dados já existentes. A definição dos campos e suas respectivas regras de validação são realizadas pela API, sendo apenas replicadas na interface. A Figura 10 apresenta a interface de gerenciamento de área.

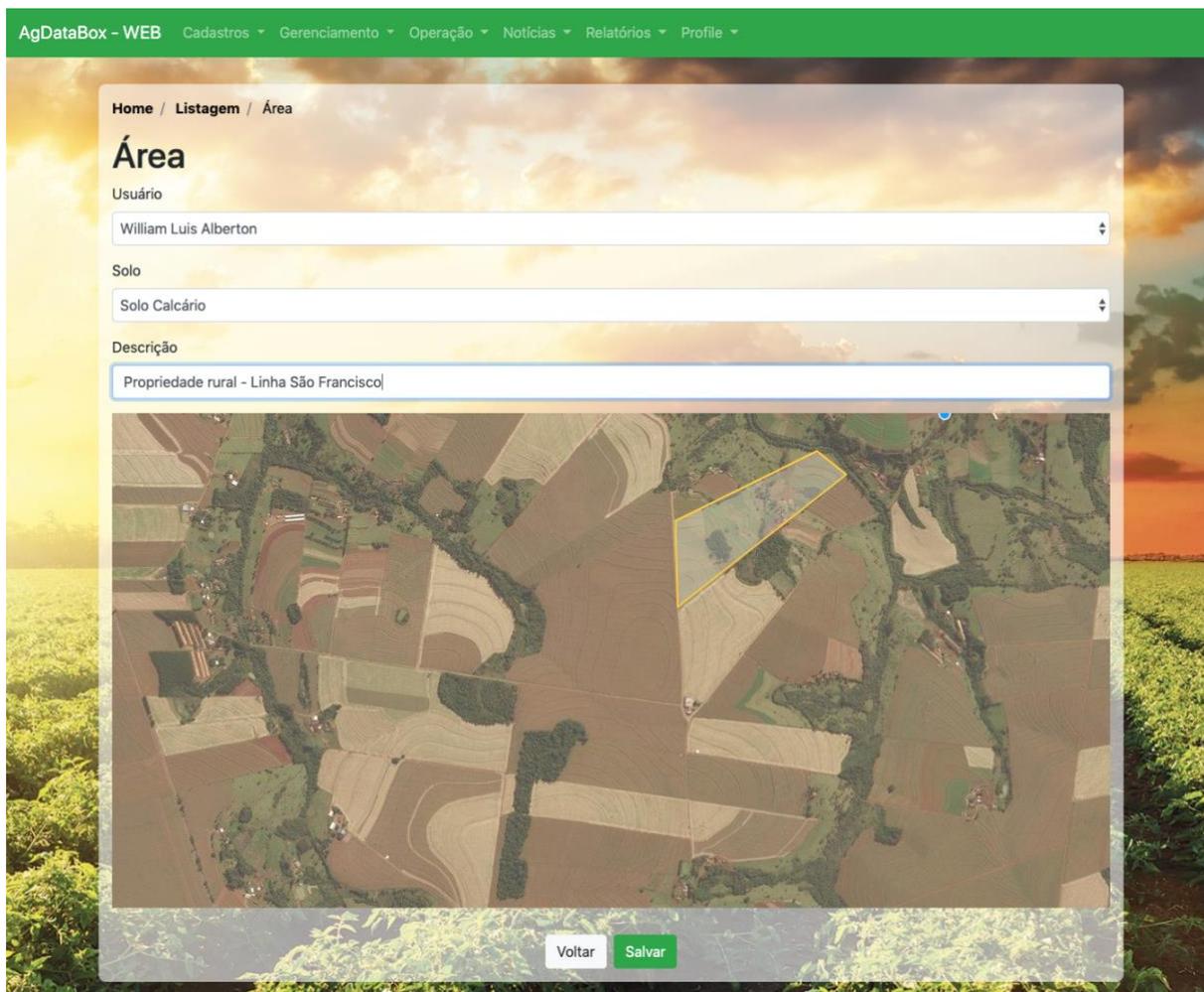


Figura 10. Interface de gerenciamento de área.

Fonte: O autor.

Dentre os cadastros base fundamentais, destacam-se:

- *Area*: Cadastro de áreas e demarcação de polígonos no mapa. Esta funcionalidade permite a criação de demarcações de propriedades, servindo como base para posterior criação de zonas de manejo, gerenciamento de dados em agricultura de precisão e operações de campo.
- *Culture*: Cadastro base de tipo de cultura. Requer descrição com possibilidade de cadastro em idioma português, inglês e espanhol. É utilizado no cadastro de safra.

- *Soil*: Cadastro base de tipo de solo. Requer descrição com possibilidade de cadastro em idioma português, inglês e espanhol. É utilizado no cadastro de área.
- *Crop*: Cadastro base de safra. Requer descrição, tipo de cultura utilizada e informações de data de início e data final. É utilizado nas operações de campo.
- *Variety*: Cadastro base de variedade. Requer descrição e marca da mesma. É utilizado nas operações de semente.

4.4 GERENCIAMENTO

O segmento *Managment* conta também com operações cadastrais. No entanto, estes cadastros estão relacionados a propriedade do utilizador, bem como suas benfeitorias, relações com colaboradores, informações comerciais, etc.

- *Brand*: Cadastro de marca. Requer descrição. Seu uso é genérico, podendo servir como cadastro de uma marca de terceiros ou de marcas próprias em caso de existência. É utilizado no cadastro de variedade e insumo.
- *Company*: Cadastro de empresa. Requer descrição, estado e cidade.
- *Employee*: Cadastro de funcionário. Requer nome do funcionário da propriedade. É utilizado nas operações de campo, onde o funcionário que realiza a operação é identificado juntamente com maquinário e número de horas trabalhadas.
- *Input*: Cadastro de insumo. Requer descrição e marca. É utilizado nas operações de campo, juntamente com tipo de insumo, quantidade, unidade de medida e valor.

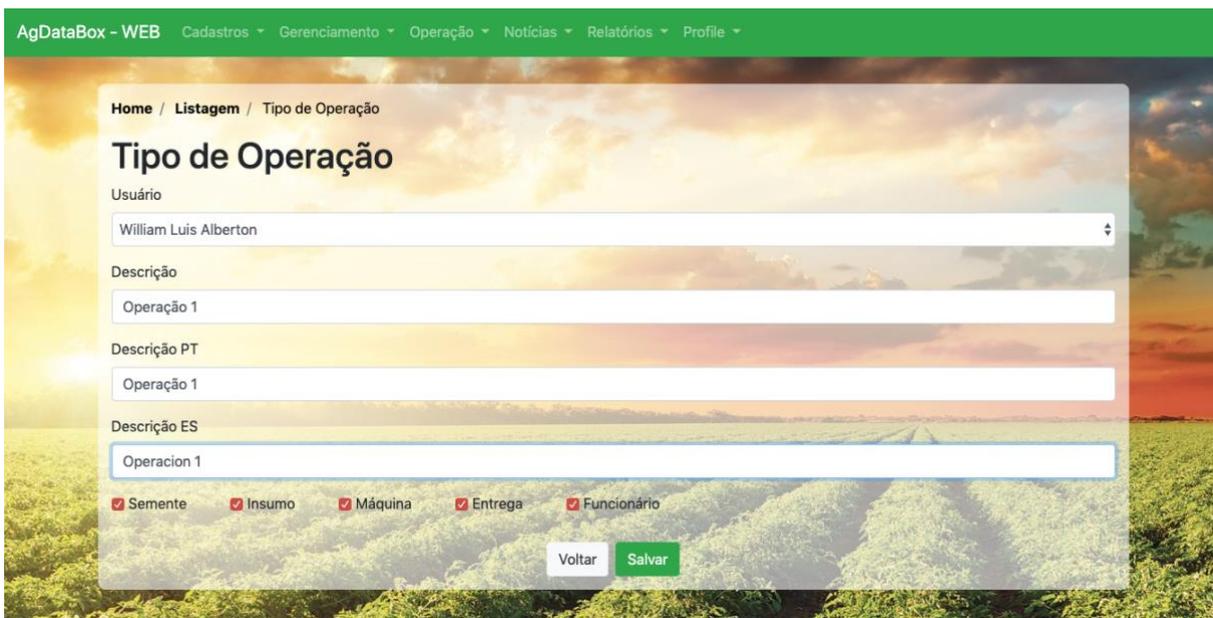
- *Machine*: Cadastro de máquina. Requer descrição e ano de fabricação. É utilizado nas operações de campo, juntamente ao maquinário, eventual custo de aluguel e horas trabalhadas.
- *UnitMeasurement*: Cadastro de unidades de medida. Trata-se de um cadastro genérico, podendo representar toneladas, quilogramas, unidades monetárias, etc. Requer descrição e abreviatura. É utilizado em operações de campo onde é necessário informar dados quantitativos, como quantidade de insumo, custo de aluguel, custo operacional, etc.
- *Vehicle*: Cadastro de veículos. Requer descrição e placa do veículo.

4.5 OPERAÇÕES

O segmento *Operation* consiste nas possíveis operações a serem realizadas no campo. Dentre elas, destacam-se *OperationType*, ou tipo de operação, e *OperationField*, ou operação de campo.

Tipo de operação é base para todas as operações de campo disponíveis. Requer descrição, com possibilidade de cadastro em idioma português, inglês e espanhol, além de ser responsável por determinar quais tipos de operação estão disponíveis para determinado usuário, como operações de semente, operações de insumo, operações de máquina, operações de entrega e operações de funcionário.

A Figura 11 exemplifica este cadastro e as opções existentes para cada tipo de operação de campo.



AgDataBox - WEB Cadastros Gerenciamento Operação Notícias Relatórios Profile

Home / Listagem / Tipo de Operação

Tipo de Operação

Usuário
William Luis Alberton

Descrição
Operação 1

Descrição PT
Operação 1

Descrição ES
Operacion 1

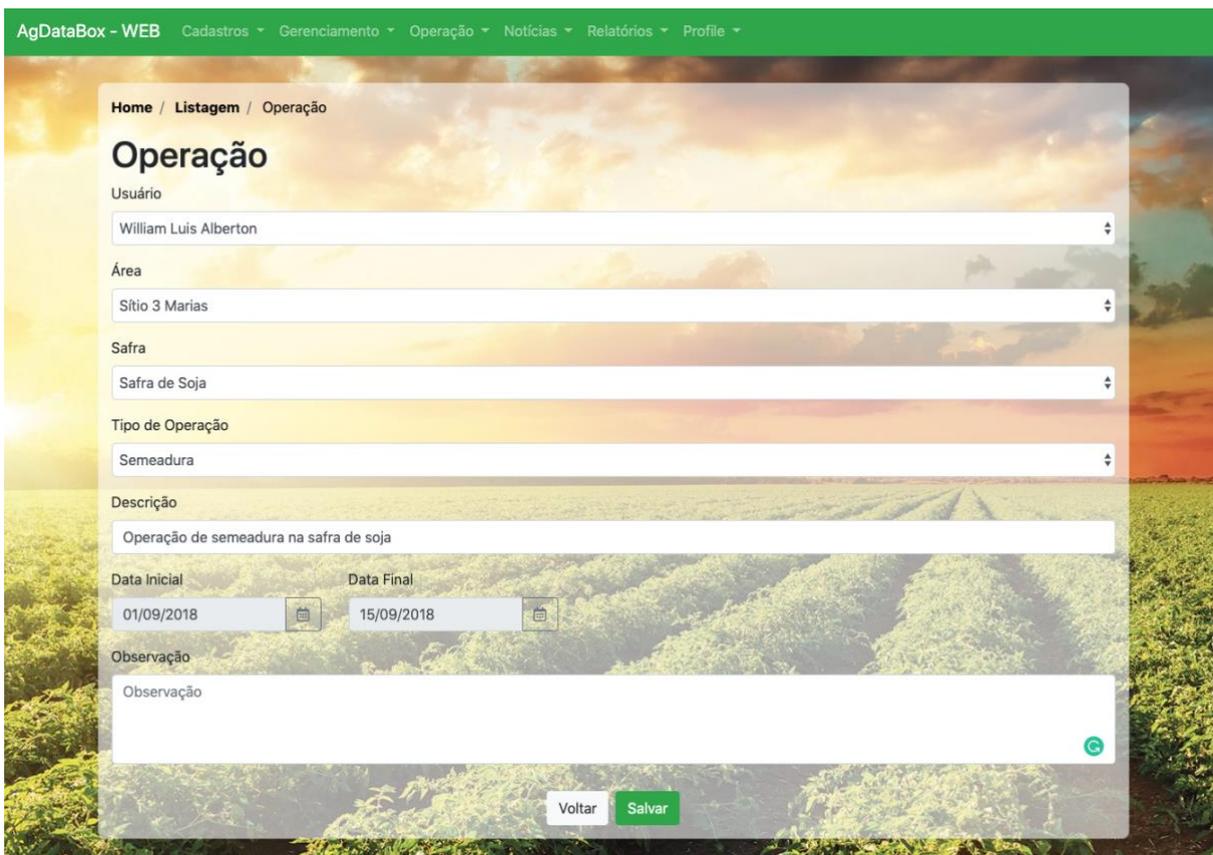
Semente Insumo Máquina Entrega Funcionário

[Voltar](#) [Salvar](#)

Figura 11. Cadastro de tipos de operação.

Fonte: O Autor

Tendo como base o tipo de operação disponível, as operações de campo podem ser cadastradas. Estas operações são responsáveis por realizar o vínculo entre tipos de operação, área, safra e usuário. Requerem portanto, informações sobre área, safra, tipo de operação, descrição, data de início e data final. Há também a possibilidade de informar dados adicionais em um campo de observação, conforme exemplificado na Figura 12.



AgDataBox - WEB Cadastros Gerenciamento Operação Notícias Relatórios Profile

Home / Listagem / Operação

Operação

Usuário
William Luis Alberton

Área
Sítio 3 Marias

Safra
Safr de Soja

Tipo de Operação
Semeadura

Descrição
Operação de semeadura na safra de soja

Data Inicial
01/09/2018

Data Final
15/09/2018

Observação
Observação

Voltar Salvar

Figura 12. Cadastro de operações de campo.

Fonte: O autor.

Realizado o cadastro de operações de campo, é possível extrair dados gerenciais a partir da geração de relatórios e gráficos, possibilitando assim uma melhor compreensão das atividades realizadas pelos usuários, seja em suas respectivas propriedades ou em determinadas áreas de interesse.

No contexto de operações de campo, tem-se:

- *Delivery*: Cadastro de operação de entrega. Requer informações previamente cadastradas sobre a operação, empresa, veículo, nome do motorista, quantidade a ser entregue e sua respectiva unidade de medida, quantidade de desconto e quantidade líquida, quantidade de umidade e data de entrega. Há também a possibilidade de informar dados adicionais em um campo de observação.

- *OperationEmployee*: Operação de funcionário. Requer informações de operação de campo, funcionário, função do funcionário na propriedade, custo e respectiva unidade de medida, e quantidade de horas trabalhadas.
- *MechanizedOperation*: Cadastro de operação de máquina. Requer informações sobre a operação de campo, máquina, custo de aluguel e respectiva unidade de medida, custo operacional e respectiva unidade de medida, e quantidade de horas trabalhadas.
- *OperationInput*: Operação de insumo. Requer informações sobre a operação de campo, insumo, quantidade e respectiva unidade de medida, e valor e respectiva unidade de medida.
- *Seed*: Operação de semente. Requer informações sobre a operação de campo, variedade, quantidade e respectiva unidade de medida, espaçamento e respectiva unidade de medida, e custo total e respectiva unidade de medida.

4.6 RELATÓRIOS

Relatórios são ferramentas essenciais em sistemas gerenciais. Através de sua utilização é possível obter informações filtradas e agrupadas por áreas de interesse, fornecendo uma visão mais clara e detalhada acerca do cenário avaliado.

Através das informações inseridas no sistema, um histórico de dados é gerado. Por meio de uma interface e um formulário, o usuário tem a sua disposição diversos filtros para realizar consultas detalhadas nos dados anteriormente cadastrados. A Figura 13 apresenta a interface de geração de relatórios.

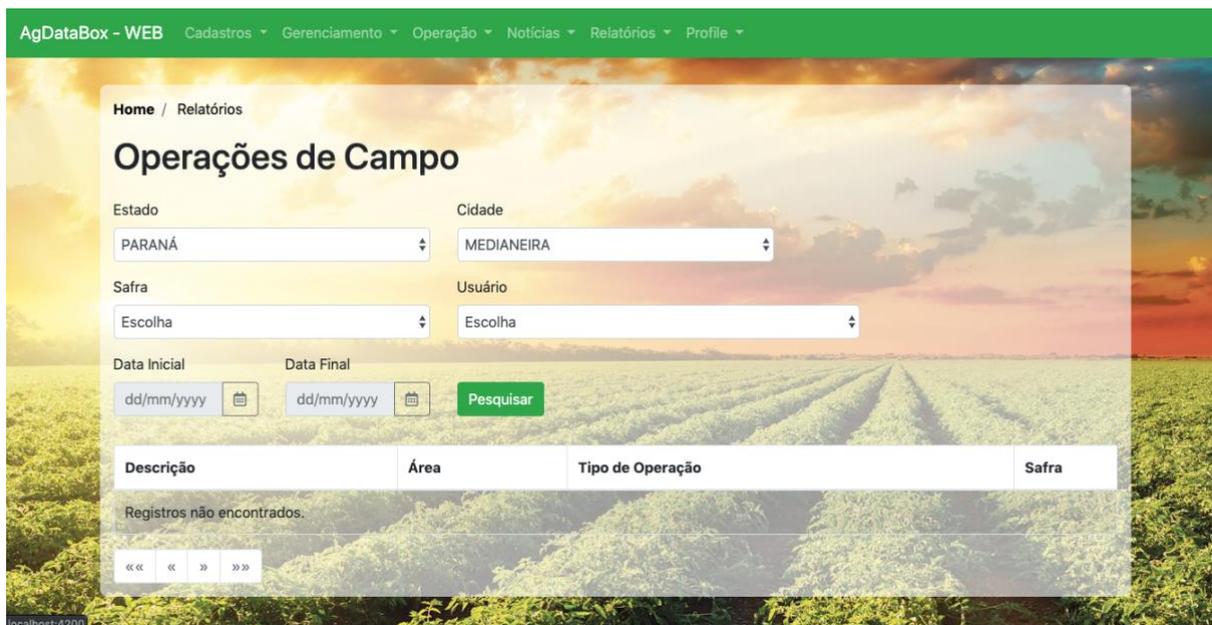


Figura 13. Interface de geração de relatórios

Fonte: O Autor

A utilização dos relatórios parte inicialmente da seleção de uma cidade ou uma área específica. Ao informar a geometria desejada, através da seleção da cidade ou demarcação de polígonos no mapa, as operações realizadas no campo são filtradas e apresentadas.

A definição da geometria é requisito padrão e obrigatório para a utilização de todos relatórios do sistema. Isso se dá tendo em vista que as operações de campo são sempre realizadas em algum local determinado do mapa.

Além da definição da geometria, outra característica padrão aos relatórios é a possibilidade de filtrar as consultas por período, permitindo restringir a busca entre o período inicial e final desejado. Esta característica permite avaliar diferentes cenários, comparando dados históricos de atividades anteriormente realizadas e servindo como base para tomadas de decisões futuras.

Cada tipo de relatório conta com filtros específicos de acordo com seu propósito. Em operações de campo, é possível filtrar por uma determinada safra específica. Operações de insumo contam com uma opção para especificar o tipo de insumo. Operações de semente contam com filtros por tipos de semente, seguindo assim a mesma lógica para os demais relatórios.

A apresentação dos resultados do relatório se dá de forma tabulada, permitindo a avaliação dos resultados oriundos da pesquisa em forma de tabelas paginadas. Há

também casos de relatórios de avaliações quantitativas, onde a apresentação dos resultados é feita através de gráficos.

Nos casos de relatórios quantitativos, as informações são apresentadas em gráficos de pizza ou barras, permitindo ao usuário visualizar de forma interativa os dados filtrados. A Figura 14 demonstra os relatórios gráficos.

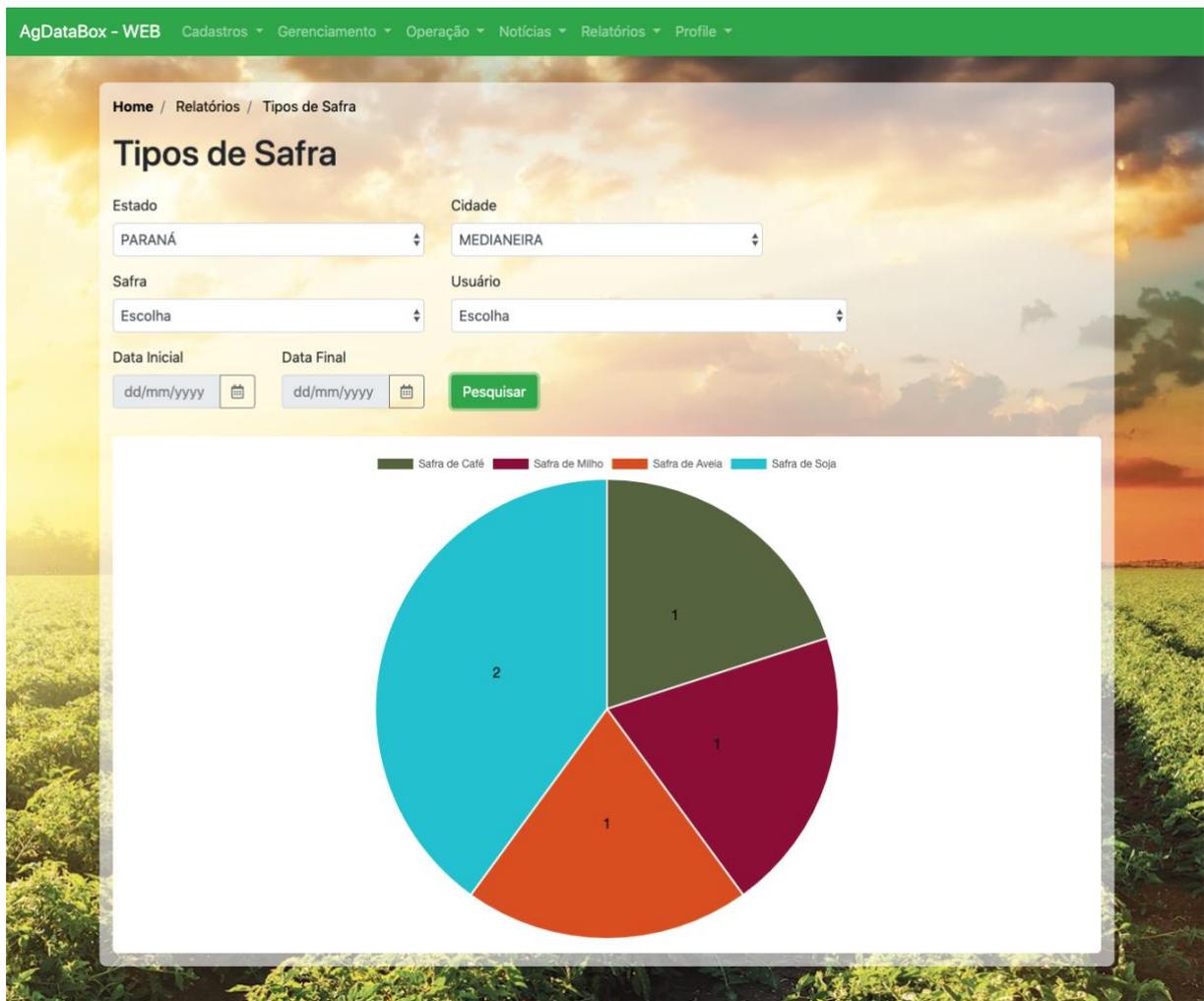


Figura 14. Relatório gráfico quantitativo

Fonte: O Autor

Do ponto de vista do administrador geral do sistema, existe a possibilidade de especificar o usuário desejado nos filtros das consultas. Assim, somente informações do usuário selecionado são consultadas.

Esta funcionalidade administrativa tem dupla finalidade. Permite auxiliar o usuário durante a utilização do sistema na avaliação dos resultados, bem como possibilita a extração de métricas gerais de uso a partir de comparações realizadas

entre diferentes tipos de produtores, safras, períodos de operações realizadas, entre outros.

A aplicação do sistema a um caso real, utilizando-se dos dados fornecidos pelo produtor Algo Tasca, permitiu automatizar o controle da safra. A utilização das ferramentas de relatório permitiu a extração dos dados das safras, fornecendo assim informações mais detalhadas ao produtor. A Figura 15 apresenta o relatório de custo de safra.

AgDataBox - WEB Cadastros Gerenciamento Operação Notícias Relatórios Profile

Home / Relatórios / Safra

Relatório Custos da Safra

Data do Plantio: 10/10/2018 Data da Colheita: 28/02/2019 Valor de venda: R\$ 75,00 Dólar: R\$ 3,85

Insumo	Unidade de Medida	Quantidade / Alqueire	Custo / Alqueire
Agroleo	L	1	R\$ 7,50
Finale	L	4	R\$ 156,00
Ácido Bórico	KG	2,5	R\$ 20,00
Heat	KG	0,12	R\$ 33,60
Flex	L	1,2	R\$ 48,00

« 1 2 3 »

Máquina	Quantidade / Alqueire	Custo / Alqueire
Trator	4 horas	R\$ 130,00

Total insumos por Arqueire: R\$ 4539,60 Total maquinário por Alqueire: R\$ 520,00 Custo total por alqueire: R\$ 5059,60

Figura 15. Relatório de custo de safra

Fonte: O Autor

5 CONCLUSÕES

Como resultado deste estudo, obteve-se um sistema de gerenciamento de dados em agricultura de precisão, em ambiente *Web*, acessível através de qualquer computador ou dispositivo móvel com acesso à internet.

Através deste sistema, o usuário passa a ter uma ferramenta moderna e robusta para gerenciar sua propriedade. Através da utilização de modernas tecnologias e ferramentas disponíveis no mercado, a integração entre os módulos que compõe o projeto AgDataBox permitiu unificar os dados dos usuários em um ambiente único, intuitivo e de fácil utilização.

A API de dados centralizada representa uma peça chave no que torna possível a construção de uma ferramenta integrada e disponível em tempo real. A comunicação instantânea entre os módulos componentes mantém a integridade das informações de forma segura e facilmente gerenciável.

A apresentação dos dados coletados no campo em um sistema *Web*, fornece um meio prático para gerir as informações coletadas por aplicativos móveis e sensores. Com mais disponibilidade de espaço para apresentação de dados, a experiência do usuário se torna mais rica ao visualizar relatórios e realizar análises de dados.

O uso de tecnologias livres, isentas de custos, possibilitou o desenvolvimento de um sistema gratuito para os usuários. Desta forma, o usuário tem a possibilidade de utilizar todas as ferramentas disponíveis no projeto AgDataBox para gerenciar suas atividades, reduzindo assim os danos ao meio ambiente, minimizando os custos de produção e conseqüentemente aumentando sua lucratividade.

Com um *dashboard* a disposição, o usuário passa a ter acesso a informações relevantes sobre sua propriedade, além de informações de interesse relacionadas ao seu ramo de atividade. A apresentação destas informações através de relatórios e gráficos fornece ao usuário uma experiência interativa para avaliar métricas e resultados obtidos nas atividades realizadas. Por meio desta análise, torna-se mais fácil compreender o cenário em questão, permitindo assim a tomada de decisões estratégicas de forma mais assertiva.

A possibilidade de gerenciamento de dados na perspectiva do administrador geral, oferece uma forma prática de auxiliar o usuário em relação à utilização do

sistema, diminuindo a taxa de rejeição por parte dos usuários e estimulando assim a prática da agricultura de precisão.

5.1 ESTUDOS FUTUROS

Os dados coletados nas propriedades e armazenados na API, muitas vezes não possibilitam a identificação antecipada de situações que requerem ação. A criação de relatórios transforma dados em informações, permitindo ações de forma pró ativa. Desta forma, como estudos futuros, novos relatórios gerenciais podem ser criados. Relatórios comparativos entre áreas, usuários e diferentes tipos de operação podem agregar ainda mais valor ao sistema, trazendo mais benefícios aos usuários.

Do ponto de vista administrativo, relatórios também podem servir para avaliar a experiência do usuário em relação a utilização do sistema. Pesquisas de satisfação, índices de aceitação e não aceitação, volumetria de dados, etc. Todas estas informações visando o aprimoramento do sistema e conseqüentemente a melhoria da gestão das atividades do agronegócio.

REFERÊNCIAS

ADAMCZYK, P.; SMITH, P. H.; JOHNSON, R. E.; HAFIZ, M. Rest and web services: In theory and in practice. In: REST: from research to practice. Springer, New York, NY, 2011. p. 35-57.

ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. Web services. In: Web Services. Springer, Berlin, Heidelberg, 2003. p. 123-149.

ALVES, F. V. de F. Utilização de web services para a integração de sistemas. FATEC-SP, 2012.

BAZZI, C. L. Distância entre passadas da colhedora com monitor de colheita nos mapas de produtividade e teor de água na cultura do milho. 2007.

BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; KONOPATZKI, M. R.; NÓBREGA, L. H. P. Management zones applied to pear orchard. **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 13, n. 1, p. 98-104, 2015.

BAZZI, C. L. Software para definição e avaliação de unidades de manejo em agricultura de precisão. 2011.

BEN-ARI, M. Understanding programming languages. For personal use free available: <http://stwww.weizmann.ac.il/g-cs/benari/books/upl-pdf.zip>. John Wiley & Sons, 2006.

BIERMAN, G.; ABADI, M.; TORGERSEN, M. Understanding typescript. In: European Conference on Object-Oriented Programming. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 257-281.

BLACKWELL, A. What is programming. In: 14th workshop of the Psychology of Programming Interest Group. 2002. p. 204-218.

BORTOLOSSI, H. J. Criando conteúdos educacionais digitais interativos em matemática e estatística com o uso integrado de tecnologias: GeoGebra, JavaView, HTML, CSS, MathML e JavaScript. Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo. ISSN 2237-9657, v. 1, n. 1, 2014.

BRANAS, Rodrigo. AngularJS Essentials. Packt Publishing Ltd, 2014.

EMBRAPA. O que é agricultura de precisão. Embrapa. 2018. Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/o-que-e-agricultura-de-precisao>> Acesso em 28 de outubro de 2017.

ESRI, Australia. A brief history of GIS technology. Esri Australia. 2017. Disponível em: <<https://esriaustralia.com.au/history-of-gis>>.

FERREIRA, C. F.; MOTA, R. D.. Comparando aplicação web service rest e soap. 2014.

FLANAGAN, D. JavaScript: The definitive guide: Activate your web pages. " O'Reilly Media, Inc.", 2011.

FOUNTAS, S.; CARLI, G.; SORENSEN, C. G.; TSIROPOULOS, Z.; CAVALARIS, C.; VATSANIDOU, A.; LIAKOS, B.; CANAVARI, M.; WIEBENSOHN, J.; TISSERYE, B. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. Computers and Electronics in Agriculture, v. 115, p. 40-50, 2015.

MICHELON, G. K. Web application for generation of thematic maps and determination of proximal sensor placement locations for use in precision agriculture. MS thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

GAUCHAT, J D. El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript. Marcombo, 2012.

GAVIGAN, D. The History of Angular. Medium, 2018. Disponível em: < <https://medium.com/the-startup-lab-blog/the-history-of-angular-3e36f7e828c7>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2018.

GUEDES, T. Crie aplicações com Angular: O novo framework do Google. Casa do Código, 2017.

HADLEY, J. F. Precision Agriculture. Reaping the Benefits of Technological Growth. Resources in Technology. Technology Teacher, v. 57, n. 7, p. 11-14, 1998.

HUSEMANN, C.; NOVKOVIC, N. Farm management information systems: a case study on a german multifunctional farm. Ekonomika Poljoprivrede, v. 61, n. 2, p. 441, 2014.

JASSE, E. P.; BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G. de; SCHENATTO, K.; AGNOLL, R. D. Plataforma para gerenciamento de dados agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA). A importância da Engenharia Agrícola para a segurança alimentar. Maceio, AL, 2017. p. 1–6. ISBN 978-85-64681-13-2.

JUNTOLLI, F. V. Terra Fértil - Canal Rural. 2015. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/pais-possui-milhoes-hectares-area-agricultavel-59310>>

KHAN, S. Wireless Sensor Network based Water Well Management System for precision agriculture. In: Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), 2016 26th International. IEEE, 2016. p. 44-46.

KOUNTIOS, G.; RAGKOS, A.; BOURNARIS, T.; PAPADAVID, G.; MICHAILEDIS, A. Educational needs and perceptions of the sustainability of precision agriculture: Survey evidence from Greece. Precision agriculture, v. 19, n. 3, p. 537-554, 2018.

KO, A. J. What is a programming language, really?. In: Proceedings of the 7th International Workshop on Evaluation and Usability of Programming Languages and Tools. ACM, 2016. p. 32-33.

KRILL, P. What's new in ECMAScript in 2018. InfoWorld, 2018. Disponível em: <<https://www.infoworld.com/article/3246058/whats-new-in-ecmascript-2018.html>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

LEFF, A.; RAYFIELD, J. T. Web-application development using the model/view/controller design pattern. In: Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2001. EDOC'01. Proceedings. Fifth IEEE International. IEEE, 2001. p. 118-127.

LIMPISATHIAN, P. Geographic Information System in Agriculture and Precision Farming. 2011.

MACHADO, P. L. O. A. Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto / Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado, Alberto Carlos de Campos Bernardi, Carlos Alberto Silva (Ed.). - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

MAHARRY, D. TypeScript revealed. Apress, 2013.

MALAVASI, A. Afinal, JavaScript e ECMAScript são a mesma coisa?. Medium, 2017. Disponível em: <<https://medium.com/trainingcenter/afinal-javascript-e-ecmascript-s%C3%A3o-a-mesma-coisa-498374abbc47>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília :31 p Mapa/ACS, 2009.

MENDES, D. R. Programação Java com ênfase em Orientação a Objetos. Novatec Editora, 2009.

MILANI, A. PostgreSQL-Guia do Programador. Novatec Editora, 2008.

MILETTO, E. M.; DE CASTRO BERTAGNOLLI, S. Desenvolvimento de Software II: Introdução ao Desenvolvimento Web com HTML, CSS, JavaScript e PHP-Eixo: Informação e Comunicação-Série Tekne. Bookman Editora, 2014.

JAIN, N.; MANGAL, P.; MEHTA, D. AngularJS: A modern MVC framework in JavaScript. Journal of Global Research in Computer Science, v. 5, n. 12, p. 17-23, 2015.

NANCE, C. TypeScript Essentials. Packt Publishing Ltd, 2014.

NIKKILA, R.; SEILONEN, I.; KOSKINEN, K. Software architecture for farm management information systems in precision agriculture. Computers and electronics in agriculture, v. 70, n. 2, p. 328-336, 2010.

NIXON, R. Learning PHP, MySQL, JavaScript, and CSS: A step-by-step guide to creating dynamic websites. " O'Reilly Media, Inc.", 2012.

OBE, R. O.; HSU, L. S. PostGIS in action. Manning Publications Co., 2015.

PEREZ, Antonio Santiago. OpenLayers Cookbook. Packt Publishing Ltd, 2012.

PIERPAOLI, E.; CARLI, G.; PIGNATTI, E.; CANAVARI, M. Drivers of precision agriculture technologies adoption: A literature review. Procedia Technology, v. 8, p. 61-69, 2013.

RESIG, J. Pro JavaScript Techniques. Apress, 2007.

RICARTE, I. L. M. Programação Orientada a Objetos: uma abordagem com Java. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2001.

ROZA, D. Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura. Revista InfoGEO, n, 2000.

SAMPAIO, J. Implementando serviços com AngularJS. DevMedia, 2015. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/implementando-servicos-com-angularjs/32715>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2018.

SCHACH, S. R. Engenharia de Software-: Os Paradigmas Clássico e Orientado a Objetos. AMGH Editora, 2009.

SENAR. Agricultura de precisão. Senar. Disponível em: <<http://www.senar.org.br/programa/agricultura-de-precisao>> Acesso em 28 de outubro de 2017.

SITANGGANG, I. S.; GINANJAR, A. R.; SYUKUR, M.; TRISMININGSIH, R.; KHOTIMAH, H. Integration of spatial online analytical processing for agricultural commodities with OpenLayers. In: Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS), 2017 International Conference on. IEEE, 2017. p. 167-170.

SOOD, K.; SINGH, S.; RANA, R. S.; RANA, A.; KALIA, V.; KAUSHAL, A. Application of GIS in precision agriculture. 2015.

SRBINOVSKA, M.; GAVROVSKI, C.; DIMCEV, V.; KRKOLEVA, A.; BOROZAN, V. Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. Journal of cleaner production, v. 88, p. 297-307, 2015.

STAFFORD, J. V. Implementing precision agriculture in the 21st century. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 76, n. 3, p. 267-275, 2000.

TAYARI, E.; JAMSHID, A. R.; GOODARZI, H. R. Role of GPS and GIS in precision agriculture. Journal of Scientific Research and Development, v. 2, n. 3, p. 157-162, 2015.

VIEIRA, M. F. Gerenciamento de projetos de tecnologia da informação. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

WALTHER, S. The Evolution of MVC. Stephen Walther. 2008. Disponível em: <<http://stephenwalther.com/archive/2008/08/24/the-evolution-of-mvc>>

WILKEN, J. Angular in action. Manning Publications Company, 2018.

XIE, N.; WANG, W. Ontology and acquiring of agriculture knowledge. Agriculture Network Information, v. 8, p. 13-14, 2007.

YOUSEFI, M. R.; RAZDARI, A. M. Application of GIS and GPS in precision agriculture (a review). International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, v. 3, n. 1, p. 7-9, 2015.