

TERRAFARR: UM SISTEMA INTELIGENTE PARA MONITORAMENTO E GESTÃO DE PEQUENAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS

Luiz Vinícius Cassabone Muniz ¹, Jesus Eduardo Sanchez Lopez ¹, Erica Rodrigues Barbosa ¹, Eduarda Cristina dos Santos ¹, Daniel Souza, Leonardo Souza¹ Dalvana Ribeiro ¹

*1 Serviço Nacional de Aprendizagem - SENAC Lindolfo Collor 835, São Leopoldo, RS
(lopesribeirodalvana20@gmail.com)*

Resumo: Este trabalho apresenta o TerraFARR, um sistema inteligente para monitoramento e gestão de pequenas propriedades agrícolas. A plataforma integra aplicativo web, sensores de baixo custo e dados meteorológicos para apoiar o acompanhamento das culturas, o controle da irrigação, a gestão de sementes e o registro de perdas. A solução busca otimizar o uso dos recursos naturais, apoiar a tomada de decisão e promover maior eficiência e sustentabilidade na agricultura familiar.

Palavras-chave: Agricultura familiar; Agricultura inteligente; Internet das Coisas; Sustentabilidade;

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar desempenha um papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico do Brasil, sendo responsável por parcela significativa da produção de alimentos destinados ao mercado interno e representando aproximadamente 77% dos estabelecimentos agropecuários do país (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017). Além de contribuir para a segurança alimentar e a geração de renda, esse segmento exerce importante função na manutenção das economias locais e na promoção do desenvolvimento sustentável. Entretanto, muitos pequenos produtores ainda enfrentam dificuldades para elevar sua produtividade, principalmente devido à utilização de práticas tradicionais de manejo, ao acesso limitado às tecnologias digitais e à escassez de informações confiáveis para subsidiar a tomada de decisão. Conforme destaca Vilela (2017), o fortalecimento da agricultura familiar depende não apenas de políticas públicas, mas também da incorporação de tecnologias que ampliem a autonomia e a capacidade de gestão dos produtores rurais.

Nos últimos anos, a Agricultura Inteligente (*Smart Farming*) tem impulsionado a adoção de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), sensores ambientais, computação em nuvem e dispositivos móveis para o monitoramento das condições de cultivo e otimização das atividades agrícolas (Wolfert et al., 2017). Essas soluções possibilitam o acompanhamento contínuo

de variáveis como umidade do solo, temperatura, precipitação e desenvolvimento das culturas, fornecendo informações relevantes para decisões relacionadas à irrigação, ao manejo e à previsão da produção (Kamilaris e Prenafeta-Boldú, 2018). Contudo, a maior parte dessas tecnologias é direcionada à agricultura empresarial, demandando investimentos elevados e infraestrutura especializada, o que dificulta sua adoção por pequenos agricultores.

Esse cenário torna-se ainda mais desafiador diante das mudanças climáticas, que têm provocado alterações nos regimes de precipitação, aumento da ocorrência de eventos extremos e maior incidência de pragas e doenças, tornando o manejo tradicional insuficiente para garantir a produtividade das lavouras (Carneosso, Batista e Vaz, 2024). Nesse contexto, a ausência de ferramentas acessíveis de apoio à decisão aumenta a vulnerabilidade dos agricultores familiares, que frequentemente precisam tomar decisões relacionadas ao plantio, irrigação e colheita sem informações atualizadas sobre as condições ambientais e meteorológicas.

Diante dessa realidade, este trabalho propõe o TerraFARR, uma plataforma digital desenvolvida para apoiar a gestão de pequenas propriedades rurais por meio da integração de aplicativo móvel, sensores de baixo custo e APIs de dados meteorológicos. A solução possibilita o monitoramento do ciclo das culturas, o acompanhamento da irrigação, a previsão do período de colheita e o registro de perdas

ocasionadas por fatores ambientais ou biológicos. Ao reunir essas informações em um ambiente único, intuitivo e acessível, a plataforma busca fornecer suporte à tomada de decisão, promover o uso racional dos recursos naturais, reduzir desperdícios e contribuir para uma produção agrícola mais eficiente e sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do TerraFARR foi conduzido a partir de uma abordagem aplicada e tecnológica, voltada à construção de uma plataforma digital para apoiar o gerenciamento de pequenas propriedades agrícolas. A solução foi projetada com arquitetura cliente-servidor, composta por uma interface web, uma aplicação de backend, banco de dados relacional, sensores de umidade do solo e integração com serviços meteorológicos externos.

A interface do sistema foi desenvolvida com as tecnologias HTML, CSS e JavaScript. O HTML foi utilizado para estruturar os elementos visuais e os formulários da aplicação, enquanto o CSS foi empregado na definição do layout, da responsividade e da identidade visual. O JavaScript foi utilizado para implementar a interatividade das telas, validar dados inseridos pelos usuários e realizar a comunicação entre a interface e os serviços do backend. A interface foi planejada com foco na simplicidade, acessibilidade e facilidade de uso, considerando que parte dos usuários pode apresentar pouca familiaridade com ferramentas digitais.

Já o backend foi desenvolvido com Node.js, utilizando uma arquitetura baseada em serviços e APIs REST. Essa camada é responsável pelo processamento das regras de negócio, autenticação dos usuários, gerenciamento das culturas, registro das informações agrícolas, emissão de alertas e comunicação com as fontes externas de dados. A utilização do Node.js permite o tratamento assíncrono das requisições e facilita a integração entre os diferentes componentes da plataforma.

Para a persistência dos dados, foi utilizado um banco de dados relacional integrado ao backend por meio do TypeORM. O TypeORM atua como uma ferramenta de mapeamento objeto-relacional, permitindo representar as tabelas do banco de dados na forma de entidades e simplificando operações de cadastro, consulta, atualização e exclusão. O modelo de dados foi estruturado para armazenar informações relacionadas aos usuários, propriedades rurais, culturas, registros de irrigação, sensores, condições meteorológicas, estimativas de colheita e ocorrências de perdas. Para o armazenamento de dados, o TerraFARR utiliza um banco de dados relacional

para armazenar e organizar todas as informações necessárias ao gerenciamento das atividades agrícolas. A modelagem foi desenvolvida seguindo os princípios da normalização de dados, buscando reduzir redundâncias, garantir a integridade referencial e facilitar a manutenção da aplicação. A comunicação entre o banco de dados e a aplicação é realizada por meio do TypeORM, responsável pelo mapeamento objeto-relacional (ORM), permitindo que as entidades da aplicação sejam representadas como tabelas no banco de dados.

Conforme apresentado na Figura 1, a entidade Usuário constitui o núcleo do modelo, armazenando informações cadastrais como nome, sobrenome, e-mail, telefone, CPF e senha criptografada. A partir dessa entidade, são estabelecidos relacionamentos com os demais módulos do sistema, permitindo que cada produtor gerencie suas informações de forma individualizada.

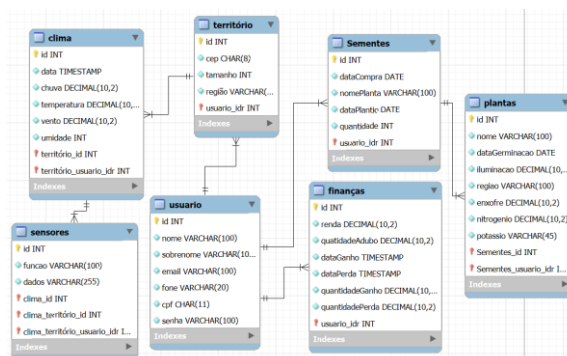


Figura 1. Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) do banco de dados da plataforma TerraFARR.

A entidade Território armazena os dados da propriedade agrícola, incluindo CEP, tamanho da área e região de localização. Cada território pertence a um usuário e serve como referência para os registros climáticos e para o monitoramento realizado pelos sensores. As informações ambientais são armazenadas na entidade Clima, que registra variáveis como temperatura, precipitação, velocidade do vento, umidade e data da coleta. Esses dados podem ser obtidos por meio da integração com APIs meteorológicas e são utilizados para apoiar decisões relacionadas ao manejo agrícola e à irrigação. E a entidade Sensores registra os dispositivos instalados na propriedade, armazenando sua função e os dados coletados em campo. Os sensores encontram-se associados aos registros climáticos, permitindo complementar as informações provenientes das APIs meteorológicas com medições realizadas diretamente

no ambiente agrícola. Por fim, a entidade Finanças permite ao produtor acompanhar indicadores econômicos da produção, registrando receitas, perdas, gastos com insumos, quantidade de adubo utilizada e demais informações financeiras relacionadas às atividades agrícolas. Esses registros possibilitam o acompanhamento da rentabilidade da propriedade e fornecem subsídios para análises econômicas ao longo do tempo.

Os relacionamentos entre as entidades foram definidos por meio de chaves primárias e estrangeiras, garantindo a integridade dos dados e permitindo a rastreabilidade das informações desde o cadastro do usuário até os registros de monitoramento ambiental, produção e desempenho financeiro da propriedade. Essa estrutura fornece uma base consistente para futuras expansões da plataforma, como a incorporação de módulos de inteligência artificial, análise preditiva e sistemas de recomendação para apoio à tomada de decisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados correspondem à implementação funcional da plataforma TerraFARR, contemplando os módulos de autenticação, cadastro de usuários, navegação principal e gerenciamento de sementes. As interfaces demonstram a viabilidade técnica de centralizar informações agrícolas em um sistema web desenvolvido com HTML, CSS e JavaScript, conectado a uma estrutura de backend e banco de dados relacional.

A tela de autenticação apresentada na Figura 2 constitui o primeiro ponto de interação entre o produtor e a plataforma. A interface reúne os campos de e-mail e senha, o botão de entrada, opções de autenticação por serviços externos e um direcionamento para o cadastro de novos usuários. Essa organização concentra as ações necessárias em uma única área visual, reduzindo a quantidade de etapas exigidas para o acesso ao sistema.

A centralização do formulário favorece a identificação da tarefa principal e contribui para uma navegação objetiva. O uso de uma imagem relacionada ao ambiente agrícola também fortalece a identidade temática da plataforma, permitindo que o usuário reconheça rapidamente o domínio de aplicação do TerraFARR.

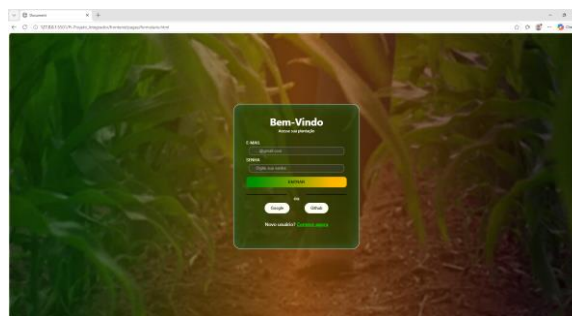


Figura 2. Interface de autenticação da plataforma TerraFARR.

Do ponto de vista da segurança, a presença de autenticação é importante para impedir que informações sobre propriedades, cultivos e resultados financeiros sejam acessadas por pessoas não autorizadas. Contudo, a segurança não depende apenas da existência de campos de e-mail e senha. O backend deve armazenar senhas por meio de funções de hash apropriadas, limitar tentativas sucessivas de autenticação, validar as credenciais no servidor e utilizar mecanismos seguros para gerenciamento da sessão. A OWASP recomenda que as senhas não sejam armazenadas em texto simples e que tokens de autenticação não sejam mantidos em mecanismos vulneráveis à execução de scripts maliciosos, como o armazenamento local do navegador (OWASP, 2025).

Após a autenticação do usuário, o TerraFARR disponibiliza o módulo de monitoramento climático, apresentado na Figura 3, responsável por reunir informações meteorológicas relevantes para o planejamento das atividades agrícolas. A interface integra dados provenientes de APIs meteorológicas, apresentando ao produtor informações em tempo real sobre localização, temperatura atual, temperatura máxima e mínima, sensação térmica, umidade relativa do ar, velocidade do vento, visibilidade, precipitação e previsão para os dias subsequentes.

A centralização dessas informações em um único painel reduz a necessidade de consulta a múltiplas fontes externas, permitindo que o agricultor visualize rapidamente as condições ambientais que podem influenciar o desenvolvimento das culturas. A previsão dos próximos dias constitui um recurso importante para o planejamento da irrigação, da aplicação de fertilizantes e defensivos, bem como para a definição do período mais adequado para o plantio e a colheita.

Outro aspecto relevante da interface é a utilização de indicadores visuais, como ícones representando as condições climáticas e cartões organizados por variável meteorológica. Essa organização facilita a interpretação das informações, especialmente para usuários que possuem pouca familiaridade com

sistemas computacionais. A disposição dos dados em blocos independentes também favorece futuras expansões da plataforma, permitindo incorporar novos parâmetros, como radiação solar, índice UV, pressão atmosférica e evapotranspiração.



Figura 3. Interface do módulo de monitoramento climático da plataforma TerraFARR.

Sob a perspectiva da agricultura inteligente, esse módulo representa um dos principais diferenciais do TerraFARR, pois estabelece a integração entre dados meteorológicos e os demais módulos do sistema. As informações climáticas poderão ser utilizadas em conjunto com os registros das culturas, sensores de umidade do solo e características da propriedade para gerar alertas automáticos e recomendações de manejo. Dessa forma, o monitoramento climático deixa de ser apenas uma funcionalidade informativa e passa a atuar como componente essencial de um sistema de apoio à decisão voltado à agricultura familiar.

Já a Figura 4 apresenta a interface que utiliza um menu lateral composto pelos módulos Clima, Gestão, Segurança, Sementes, Finanças, Suporte, Relatório e Perfil. Essa estrutura modular é adequada ao escopo do TerraFARR, pois separa funcionalidades pertencentes a diferentes dimensões da administração agrícola. A organização permite que o sistema evolua sem concentrar todas as informações em uma única tela. O módulo Clima pode reunir previsões meteorológicas e medições ambientais; Gestão pode concentrar propriedades e atividades agrícolas; Sementes pode registrar lotes e plantios; Finanças pode armazenar custos, receitas e perdas; e Relatório pode consolidar os dados gerados pelos demais módulos. Essa integração é um dos principais potenciais da plataforma. Sistemas de agricultura inteligente produzem maior valor quando os dados não permanecem isolados, mas são relacionados para apoiar decisões. A integração entre informações ambientais, produtivas e econômicas permite construir uma visão mais completa da propriedade e transformar registros operacionais em suporte ao planejamento (Wolfert et al., 2017).

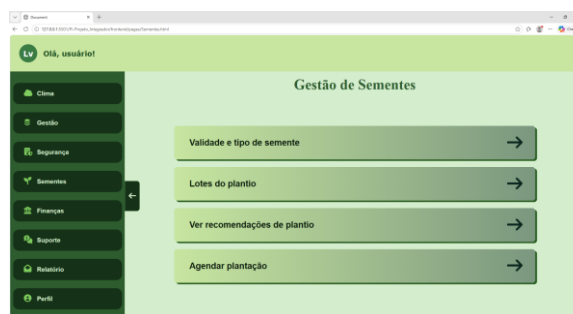


Figura 4. Painel principal e menu de navegação da plataforma TerraFARR.

O botão lateral de recolhimento do menu favorece o aproveitamento da área útil da tela, mas deve apresentar indicação clara de seu estado e permanecer acessível por teclado. A Figura 5, apresenta como exemplo, a tela inicial do módulo de sementes, organizada em quatro funcionalidades: verificação da validade e do tipo de semente, gerenciamento dos lotes de plantio, consulta a recomendações e agendamento da plantação. A divisão em tarefas específicas facilita a compreensão do fluxo e evita a apresentação simultânea de grande quantidade de informações.

O controle de sementes é relevante porque a qualidade, a quantidade disponível, a procedência e a validade dos lotes influenciam diretamente o planejamento do cultivo. O registro estruturado desses dados permite que o produtor mantenha um histórico e reduza a dependência de anotações dispersas em papel, planilhas ou mensagens.

A opção “Lotes do plantio” pode auxiliar na rastreabilidade ao relacionar a semente adquirida com a área, a data de plantio e a cultura resultante. Essa associação também permite analisar posteriormente quais lotes foram empregados em cultivos com maior germinação, produtividade ou ocorrência de perdas. Registros agrícolas digitalizados podem fornecer transparência e rastreabilidade ao longo do ciclo produtivo, desde que os dados sejam coletados de maneira consistente (Bore et al., 2020).



Figura 5. Menu de funcionalidades do módulo de gestão de sementes.

A Figura 6 detalha a funcionalidade destinada ao controle da validade e do tipo das sementes. A tela contém recursos de busca e filtragem, opções de edição e exclusão e um formulário para inclusão de novos lotes. Entre os dados solicitados estão tipo de semente, validade, quantidade, unidade de medida, data de compra, fornecedor e observações.

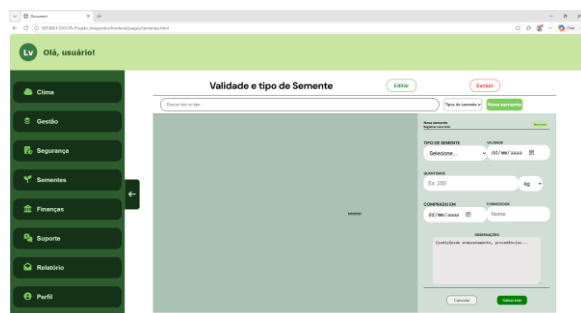


Figura 6. Interface de cadastro e gerenciamento de lotes de sementes.

Esse conjunto de campos permite criar um inventário agrícola mais completo do que o modelo inicialmente representado no banco de dados, que continha principalmente nome da planta, data de compra, data de plantio e quantidade. Portanto, a interface indica a necessidade de ampliar a entidade referente às sementes para incluir validade, unidade de medida, fornecedor, observações, identificação do lote e situação do estoque. Essa correspondência entre interface, regras de negócio e banco de dados é indispensável para impedir que informações preenchidas pelo usuário sejam descartadas ou armazenadas de maneira inadequada.

O campo de validade pode ser utilizado para emitir alertas antecipados, permitindo que o produtor organize o uso dos lotes antes do vencimento. O sistema também pode impedir quantidades negativas, exigir a seleção da unidade e identificar duplicidades a partir do lote, fornecedor e data de compra. O histórico de alterações deve ser preservado, principalmente quando um registro influencia atividades de plantio já realizadas.

As funções de editar e excluir estão destacadas na parte superior da tela. A exclusão, por ser uma ação destrutiva, deve exigir confirmação e verificar se o lote está associado a algum plantio. Em vez de remover definitivamente registros vinculados ao histórico produtivo, recomenda-se utilizar exclusão lógica ou alteração de status, mantendo a rastreabilidade das operações. A tela reserva ainda uma área extensa para a listagem dos lotes, enquanto o formulário ocupa a lateral direita. Essa disposição é adequada para computadores, pois permite visualizar os registros e cadastrar um novo item sem abandonar o contexto. Em telas menores, entretanto, a estrutura

deve ser reorganizada em uma única coluna ou em etapas, evitando compressão dos campos.

O uso combinado de busca, filtros e cadastro estruturado contribui para transformar dados dispersos em informações consultáveis. Essa característica é coerente com a agricultura orientada por dados, na qual registros históricos são empregados para compreender o desempenho dos cultivos e apoiar decisões futuras (Wolfert et al., 2017).

Sendo assim, a integração entre os módulos constitui o principal diferencial do TerraFARR, uma vez que permite relacionar informações climáticas, agrícolas e financeiras em um ambiente único. Essa arquitetura favorece a organização dos dados da propriedade e estabelece uma base tecnológica para futuras implementações, como modelos de recomendação, análise preditiva e técnicas de Inteligência Artificial voltadas ao apoio à decisão na agricultura familiar.

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do TerraFARR, uma plataforma digital voltada ao apoio da gestão da agricultura familiar por meio da integração de tecnologias web, banco de dados relacional, sensores de baixo custo e serviços meteorológicos. A proposta foi concebida para oferecer aos pequenos produtores uma ferramenta acessível que auxilie na organização das atividades agrícolas, no acompanhamento do ciclo das culturas e na tomada de decisão baseada em informações confiáveis.

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da arquitetura proposta, evidenciada pela implementação dos módulos de autenticação, cadastro de usuários, gerenciamento de módulos, controle financeiro e estrutura para integração de informações climáticas. A modelagem do banco de dados mostrou-se adequada para suportar o armazenamento das informações agrícolas, permitindo a rastreabilidade dos dados desde o cadastro do produtor até o acompanhamento das culturas e dos indicadores econômicos da propriedade. Além disso, a organização modular da plataforma favorece sua escalabilidade e facilita a incorporação de novas funcionalidades.

Embora o sistema apresente uma base funcional consistente, sua principal contribuição está na integração de diferentes fontes de informação em um ambiente único de gerenciamento agrícola. Diferentemente de aplicações voltadas apenas ao



registro de dados, o TerraFARR estabelece uma infraestrutura capaz de relacionar informações sobre clima, solo, sementes, cultivos e finanças, criando condições para a construção de mecanismos inteligentes de apoio à decisão. Essa característica amplia o potencial da plataforma para contribuir com a redução de desperdícios, a otimização do uso dos recursos naturais e a melhoria do planejamento das atividades agrícolas.

Conclui-se, portanto, que o TerraFARR constitui uma solução tecnológica promissora para apoiar a transformação digital da agricultura familiar. Ao integrar monitoramento ambiental, gerenciamento agrícola e organização das informações produtivas em uma única plataforma, o sistema estabelece uma base sólida para o desenvolvimento de ferramentas inteligentes de apoio à decisão, contribuindo para uma agricultura mais eficiente, sustentável e orientada por dados.

REFERÊNCIAS

- AYIM, Collins; KONADU, Richard; ANIM, Franklin D. K.; et al. **Digital technologies supporting agricultural transformation: A systematic review of literature.** *Cogent Food & Agriculture*, v. 8, n. 1, 2022.
- CARNEOSSO, A.; BATISTA, M.; VAZ, R. **Impactos das mudanças climáticas na agricultura familiar brasileira: desafios para a sustentabilidade e adaptação.** *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 14, n. 2, p. 45-60, 2024.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The State of Food and Agriculture: Innovation in Family Farming.** Rome: FAO, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 9241-210:2019 – Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems.** Geneva: ISO, 2019.
- KAMILARIS, Andreas; KARTAKOULLIS, Andreas; PRENAFETA-BOLDÚ, Francesc X. **A review on the practice of big data analysis in agriculture.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 143, p. 23-37, 2017.
- KAMILARIS, Andreas; PRENAFETA-BOLDÚ, Francesc X. **Deep learning in agriculture: A survey.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 147, p. 70-90, 2018.
- KARAR, Mohamed E.; ALI, Mohamed; IBRAHIM, Hossam; et al. **Smart irrigation using Internet of Things: A review.** *Sensors*, v. 21, n. 20, 2021.
- OPEN WEB APPLICATION SECURITY PROJECT (OWASP). **OWASP Authentication Cheat Sheet.** 2025.
- TRENDOV, N. M.; VARAS, S.; ZENG, M. **Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas: Status Report.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019.
- VERDOUW, Cor; WOLFERT, Sjaak; TEKINERDOGAN, Bedir. **Internet of Things in Agriculture.** *CAB Reviews*, v. 11, n. 35, p. 1-12, 2016.
- VILELA, G. F. **Agricultura familiar: desafios e perspectivas para o desenvolvimento sustentável.** Brasília: Embrapa, 2017.
- WOLFERT, Sjaak; GE, Lan; VERDOUW, Cor; BOGAARDT, Marc-Jeroen. **Big Data in Smart Farming: A Review.** *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80, 2017.
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2.** 2024.
- YOST, Michael A.; KITCHEN, Newell R.; SUDDUTH, Kenneth A.; et al. **A long-term precision agriculture system sustains grain profitability.** *Precision Agriculture*, v. 20, p. 1177-1198, 2019.