

**Desenvolvimento de software para a tomada de decisão no
setor agropecuário: uma revisão sistemática da literatura**
***Software development for decision-making in the agriculture
sector: a systematic literature review***

*Desarrollo de software para la toma de decisiones en el sector
agropecuario: una revisión sistemática de la literatura*

Claudia de Brito Quadros Gonçalves¹
Madalena Maria Schlindwein²

¹ Doutoranda em Agronegócios pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Graduada em Direito pelo Centro Universitário da Grande Dourados (Unigran). Graduada em Ciências Contábeis pela UFGD, atuando principalmente nos seguintes temas: bioeconomia e desenvolvimento sustentável no agronegócio. Exerce a função de contadora na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (Uems). **E-mail:** claudia.b.quadros@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0954-7809>

² Doutora em Ciências, área de concentração em Economia Aplicada, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Bolsista de Produtividade em Pesquisa – PQ-2 e coordenadora do Grupo de Pesquisa Bioeconomia e Desenvolvimento Socioeconômico Sustentável. Professora e pesquisadora na UFGD, Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia. Professora do Quadro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da UFGD, com atuação nos cursos de mestrado e doutorado. **E-mail:** madalenaschlindwein@ufgd.edu.br,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4387-9786>

Resumo: O objetivo deste artigo é identificar as metodologias utilizadas para o desenvolvimento de software aplicadas em sistemas agropecuários, suas limitações e potencialidades. Para isso, realizamos uma revisão sistemática da literatura, na qual foram analisados 50 artigos publicados entre 2012 e 2023. Desse modo, este trabalho pode contribuir com pesquisas futuras sobre desenvolvimento de software na agropecuária. Verificamos que a maioria dos artigos não utilizou metodologias específicas para o desenvolvimento de software, limitando-se à linguagem de programação. Constatamos que a utilização de tecnologia é fundamental para a tomada de decisão, o aumento da produtividade, o melhoramento dos processos e a redução de custos. Entretanto, diversos desafios impossibilitam a sua propagação na agricultura familiar, como a falta de conectividade, falta de acesso à tecnologia e mão de obra qualificada para esse ambiente digital. Desse modo, existe uma lacuna de pesquisa para o desenvolvimento de software para os pequenos e médios produtores rurais.

Palavras-chave: agricultura digital; desenvolvimento sustentável; *design science research*

Abstract: The objective of this article is to identify the methodologies used for software development applied to agricultural systems, along with their limitations and potential. To achieve this, a systematic literature review was conducted, analyzing 50 articles published between 2012 and 2023. This work aims to contribute to future research on software development in agriculture. It was found that most articles did not employ specific software development methodologies, focusing instead on programming languages. The study highlighted that the use of technology is essential for decision-making, improving productivity, enhancing processes, and reducing costs. However, several challenges hinder its adoption in family farming, such as lack of connectivity, limited access to technology, and a shortage of qualified labor for the digital environment. Thus, there is a research gap in developing software solutions tailored to small and medium-sized rural producers.

Keywords: digital agriculture; sustainable development; design science research

Resumen: El objetivo de este artículo es identificar las metodologías utilizadas para el desarrollo de software aplicadas en sistemas agropecuarios, junto con sus limitaciones y potencialidades. Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura analizando 50 artículos publicados entre 2012 y 2023. De este modo, este trabajo puede contribuir a investigaciones futuras sobre el desarrollo de software en el sector agropecuario. Se constató que la mayoría de los artículos no emplearon metodologías específicas para el desarrollo de software, limitándose al uso del lenguaje de programación. Se identificó que el uso de tecnología es fundamental para la toma de decisiones, además de incrementar la productividad, mejorar los procesos y reducir los costos. Sin embargo, varios desafíos dificultan su adopción en la agricultura familiar, como la falta de conectividad, acceso limitado a la tecnología y la escasez de mano de obra cualificada para este entorno digital. Así, existe una brecha de investigación para el desarrollo de software orientado a pequeños y medianos productores rurales.

Palabras clave: agricultura digital; desarrollo sostenible; *design science research*

1 INTRODUÇÃO

A população mundial está aumentando rapidamente, com a projeção para 2050 de 9,7 bilhões de habitantes. Nesse cenário, novas formas de produção de alimentos são necessárias para garantir a segurança alimentar, e a adoção de tecnologias para o campo podem contribuir nesse processo.

O setor agropecuário passou por diversas transformações com o objetivo de aumentar a produtividade. Essas etapas passaram pela mecanização da agricultura, Revolução Verde, biotecnologia e, por fim, a agricultura digital. A agricultura 4.0, ou agricultura digital, tem como proposta inserir diversas tecnologias na produção agropecuária, a fim de automatizar suas atividades, sendo uma alternativa viável para atender à demanda mundial por alimentos.

Essa revolução digital na agropecuária surge com a perspectiva de garantir o desenvolvimento sustentável, melhorando a produtividade, reduzindo os custos e o desperdício e proporcionando acesso a informações. Além disso, a utilização de tecnologia auxilia na tomada de decisão e proporciona outras vantagens, como eficiência dos processos, satisfação e conforto dos agricultores. Ressalta-se que a permanência dos agricultores no mercado, com competitividade, depende do uso de tecnologias.

Diversas políticas públicas no Brasil contribuíram para a agricultura digital, tais como: CT-Agronegócio, em 2001; Marco Legal da Ciência Tecnologia e Inovação, em 2016; Lei Geral de Proteção de Dados, em 2018; Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT.BR), em 2019; e Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital, em 2019. Entretanto, a falta de conectividade, o acesso à tecnologia, principalmente de pequenos e médios produtores, e a qualificação da mão de obra rural para esse ambiente digital continua sendo um desafio para a propagação da agricultura digital no campo, o que confirma a necessidade de políticas públicas para reduzir desigualdades tecnológicas e proporcionar o acesso para diversos perfis de produtores rurais, beneficiando também a agricultura familiar.

Os pequenos agricultores, da agricultura familiar, são carentes de informações para apoiar suas práticas produtivas devido à falta de recursos e conhecimento. Desse modo, os artefatos podem contribuir em suas

atividades, como planejar suas práticas produtivas com retorno em curto, médio e longo prazo, além de possibilitar o planejamento e a execução das suas práticas agropecuárias.

Considerando os benefícios promovidos pela adoção de tecnologias e a carência de informações para pequenos agricultores, surgem as seguintes questões de pesquisa: quais são as tecnologias disponíveis para a utilização pelos produtores rurais? Como a utilização dessas tecnologias pode contribuir com os agricultores na sua tomada de decisão?

Desta forma, realizamos este estudo com o objetivo de identificar as metodologias utilizadas para o desenvolvimento de software aplicadas em sistemas agropecuários, suas limitações e potencialidades. Para realizá-lo, optamos pela revisão sistemática e analisamos 50 artigos, publicados entre 2017 e 2023. Assim, este trabalho pode contribuir com pesquisas futuras sobre desenvolvimento de software na agropecuária.

O trabalho está estruturado em quatro seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção, descrevemos a metodologia aplicada ao estudo. Posteriormente, apresentamos os resultados obtidos e, em seguida, elaboramos as discussões sobre o tema proposto. Por fim, as considerações finais e as referências que embasaram o presente estudo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizamos uma revisão sistemática de acordo com o protocolo de Sampaio e Mancini (2007), com enfoque quantitativo e qualitativo, a fim de identificar as metodologias utilizadas no desenvolvimento de software em sistemas agropecuários, suas limitações e potencialidades. Assim, os estudos serão esquematizados em conformidade com a temática proposta, com o intuito de identificar as diferentes metodologias e as lacunas para o desenvolvimento de estudos futuros.

A revisão sistemática da literatura consiste em uma investigação rigorosa, por meio de protocolo e metodologia previamente definidos para a pesquisa, com o intuito de buscar evidências científicas e identificar lacunas sobre um tema (Ramos; Faria; Faria, 2014).

2.1 Seleção dos artigos

A revisão sistemática foi realizada durante os meses de setembro a novembro de 2022 e fevereiro a março de 2024. A busca por artigos científicos abrangeu o período compreendido entre os anos de 2012 a 2023, no banco de dados Web of Science e Scopus, para verificar como os estudos sobre o desenvolvimento de software vêm sendo abordados na literatura internacional. Os descritores foram aplicados aos campos de título, resumo e palavras-chave.

Na Web of Science e na Scopus, utilizamos as *strings*: "*Information systems*" and "*Agricultural management*" or "*Software development*" and *farm** or "*Software engineering*" and *agricult** or "*Software development*" and *agricult** or "*Information systems*" and *agricult** and "*Design Science research*" or "*Mobile-based information systems*" and *agricult** or "*Mobile-based information systems*" and *farm** or "*Agricultural management*" and "*Software development*" or "*web application*" and *agricult** or "*web application*" and *farm** or "*Agriculture systems*" and "*Software development*" or "*Small-scale Farmers*" and "*Software development*" or "*Design Science research*" and *agricult** or "*Design Science research*" and *farm** or "*Software development*" and "*Agroforestry Systems*".

Para selecionar os artigos, optamos por aqueles publicados em inglês e português. Após a busca, realizamos uma primeira triagem pelo título, seguido do resumo e, finalmente, pelo texto. Selecionamos 610 artigos na base de dados da Web of Science e 98 na base de dados da Scopus, totalizando 708 artigos, dos quais 15 foram removidos por duplicidade. Posteriormente, dos 693 artigos obtidos, excluímos 643, pois não abordavam o escopo do estudo, resultando em 50 artigos, o que corresponde a 7,06% da amostra.

Para a escolha dos artigos e a remoção dos duplicados, utilizamos a ferramenta StArt (*State of the Art through Systematic Review*), desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES) do Departamento de Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Em seguida, exportamos os dados para o software Excel para a análise dos dados quantitativos e qualitativos.

Para a triagem, selecionamos os artigos em conformidade com os critérios de inclusão e exclusão, previamente definidos em protocolo. Foram

excluídos os artigos de revisão, revisão sistemática e metanálise, além de artigos de conferências, por não apresentarem o mesmo rigor de seleção por pares, se comparados aos artigos publicados em revistas. No Quadro 1, verifica-se os critérios de inclusão e exclusão utilizados na seleção dos artigos.

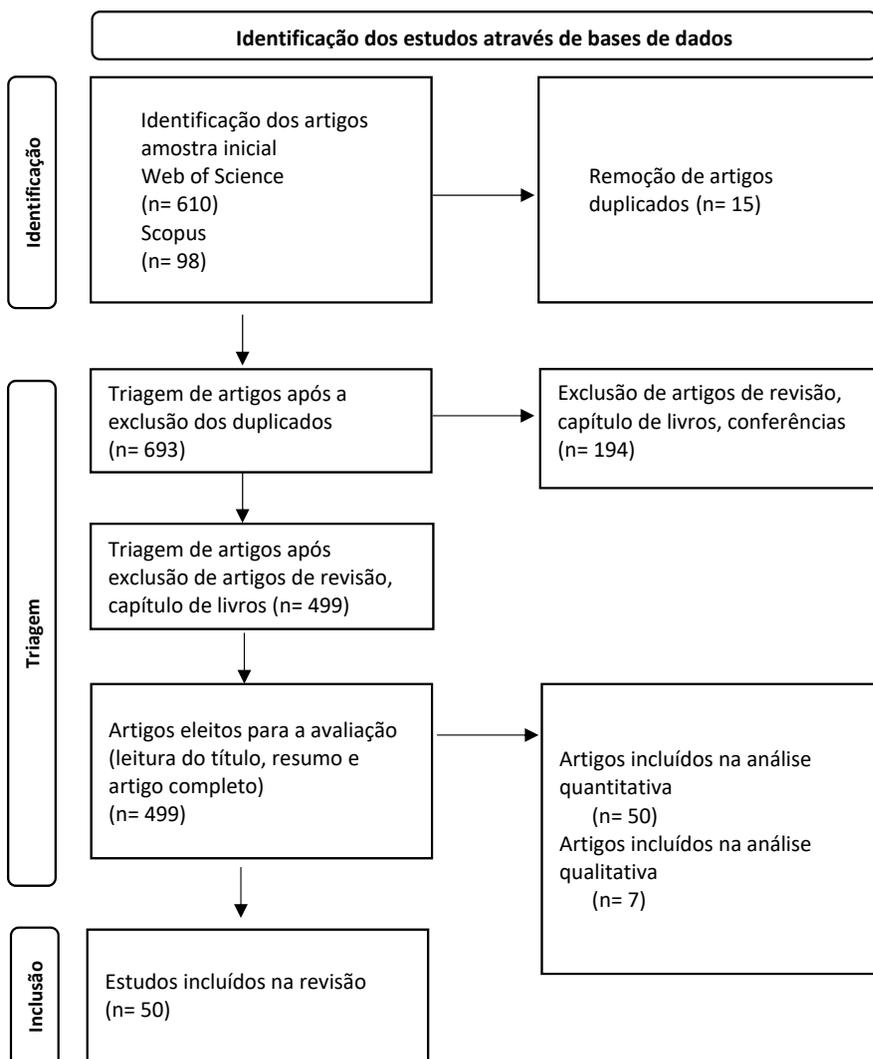
Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão na seleção dos artigos

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
a) Trabalhos que descrevem o desenvolvimento de software no setor agrícola;	a) Trabalhos que não identificam o desenvolvimento de software no setor agrícola;
b) Trabalhos dos últimos 12 anos (2012-2023);	b) Trabalhos em que os documentos não estejam disponíveis na web;
c) Publicações escritas em português e inglês;	c) As publicações que não apresentam strings de busca no seu título ou no seu resumo.
d) Publicações que apresentam strings de busca no seu título, resumo ou palavras-chave.	

Fonte: elaboração própria

Já os critérios de seleção, apresentando a base de dados, o número de artigos encontrado, o critério de seleção e a classificação em critérios quantitativos e qualitativos são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Protocolo da revisão sistemática para o desenvolvimento da pesquisa



Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

2.2 Seleção de dados

Para a análise dos dados, utilizamos uma abordagem quantitativa para 50 artigos, contemplando o desenvolvimento de software em sistemas agropecuários. Posteriormente, para a análise qualitativa, selecionamos sete artigos que utilizaram metodologias específicas para o processo de desenvolvimento de software.

A adoção da abordagem qualitativa justifica-se por possibilitar a identificação de metodologias de desenvolvimento de software centradas no usuário, que o envolvem desde as fases iniciais do processo. Essa participação ativa contribui para a criação de soluções mais eficazes, funcionais e adequadas às demandas concretas do cotidiano. Quanto à análise quantitativa, foi extraído de cada artigo as seguintes informações: ano de publicação, número de citações, quantidade de artigos citados por periódico, nuvem de palavras e área geográfica em que o estudo foi realizado.

3 RESULTADOS

Nesta seção, apresentamos uma análise quantitativa e qualitativa sobre o desenvolvimento de software em sistemas agropecuários. Para a análise quantitativa, apresentam-se as publicações por ano, no período analisado, os artigos selecionados por base de dados, os mais citados, os selecionados por revistas, a localização geográfica dos estudos e a nuvem de palavras-chave. Para a análise qualitativa, abordam-se os métodos dos artigos selecionados para o desenvolvimento de software em sistemas agropecuários.

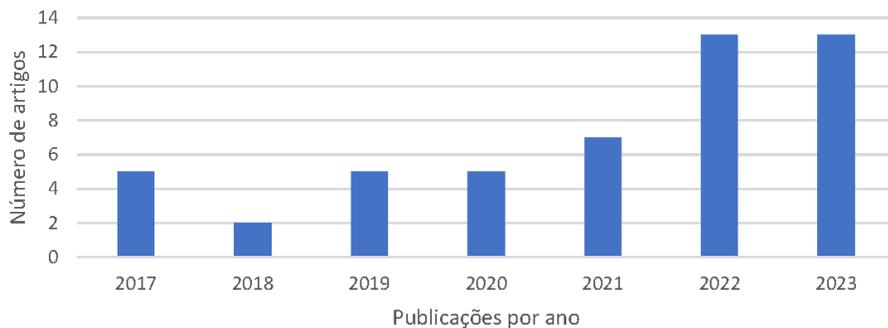
3.1 Análise quantitativa

Na análise quantitativa, selecionamos artigos com o enfoque em desenvolvimento de software para sistemas agropecuários. Para isso, foram adotados critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, que resultaram em 50 artigos.

Conforme exposto na Figura 2, selecionamos os artigos publicados a partir de 2017, uma vez que as produções referentes ao período de 2012

a 2016 não atenderam aos critérios de inclusão. Foi possível observar uma oscilação de publicações neste período, sendo 2018 o ano que apresentou o maior declínio. Já em 2021, 2022 e 2023, foi verificado um aumento de publicações, o que pode ser explicado pela evolução na tecnologia e até incentivado pelo período pós pandemia.

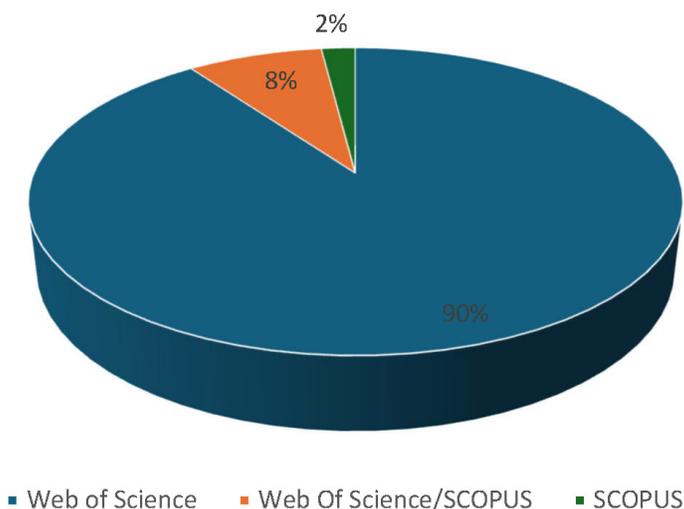
Figura 2 – Número de artigos publicados por ano (2017 a 2023)



Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Na Figura 3, verifica-se a quantidade de artigos selecionados por base de dados. Identifica-se que a base de dados Web of Science se destaca em relação à base de dados Scopus, pois apresenta 45 artigos. Apenas 1 artigo encontra-se na base de dados Scopus e 4 artigos estavam indexados nas duas bases de dados.

Figura 3 – Número de artigos selecionados por base no período de 2017 a 2023



Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Nesse contexto, a maioria dos artigos encontrados estão indexados na base de dados da Web of Science, representando 90% dos artigos selecionados, seguido por 8% que estavam nas duas bases de dados e 2% na base de dados Scopus.

No Quadro 2, apresentamos os seis artigos mais citados, considerando a amostra de 50 publicações. O artigo mais citado, com 195 citações, foi publicado na revista *Computers and electronics in agriculture*, em 2019. Isso evidencia que o ano de publicação não determina o número de citações, pois os cinco artigos publicados em 2017 apresentaram 3, 5, 7, 20 e 23 citações, respectivamente.

Quadro 2 – Artigos com mais citações em outras revistas

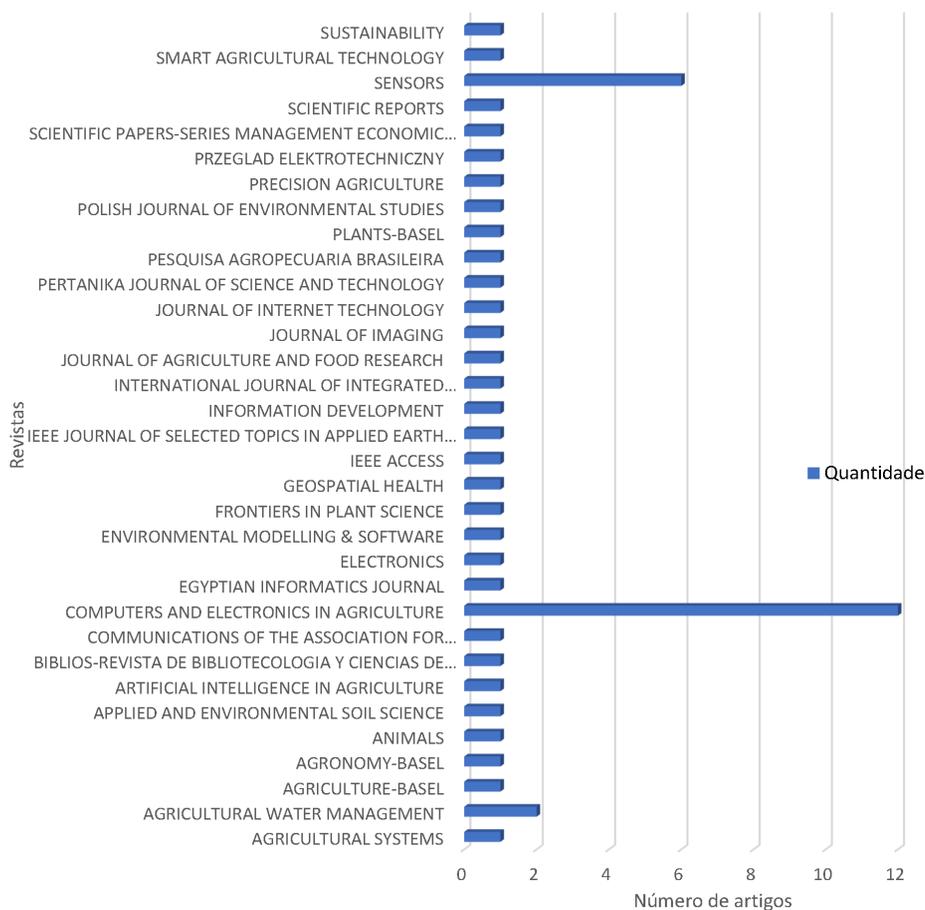
Título	Citações
<i>IoT and agriculture data analysis for smart farm</i>	195

Título	Citações
<i>A flexible decision support system for irrigation scheduling in an irrigation district in China</i>	23
<i>Rice and wheat grain counting method and software development based on Android system</i>	20
<i>Monitoring system for agronomic variables based in WSN technology on cassava crops</i>	20
<i>Classification of piglet (Sus Scrofa) stress conditions using vocalization pattern and applying paraconsistent logic Et</i>	11
<i>RIC-Net: A plant disease classification model based on the fusion of Inception and residual structure and embedded attention mechanism</i>	8

Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Na Figura 4, verifica-se o número de publicações por revistas pela temática abordada. As revistas que predominam o número de artigos são *Sensors*, *Agricultural water management* e *Computers and electronics in agriculture.*, as quais apresentaram, no mínimo, dois artigos selecionados cujo fator de impacto JCR era de 3.847, 6.611 e 6.757, respectivamente.

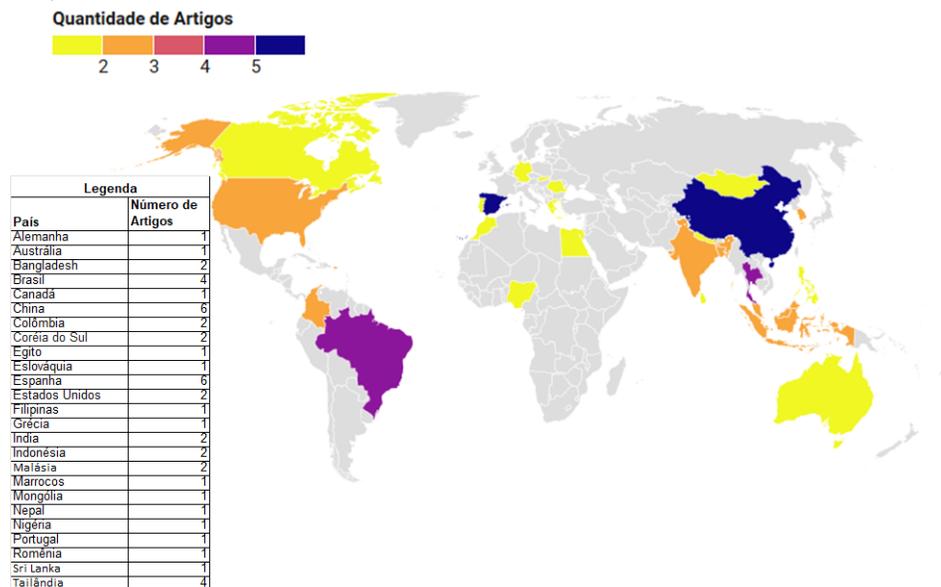
Figura 4 – Artigos publicados sobre a temática por revista no período de 2017 a 2023



Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Na Figura 5, verifica-se a área onde o estudo foi aplicado. Na amostra, consideramos 48 artigos, pois 1 artigo definia como área de estudo toda a Europa e o outro estudo definia dois países, Camboja e Vietnã. Logo, o mapa a seguir apresenta as áreas estudadas, sendo a parte em amarelo com menos estudos e a parte em azul escuro com mais estudos realizados.

Figura 5 – Localização geográfica dos estudos publicados sobre a temática no período de 2017 a 2023



Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Destaca-se que dois estudos não foram incluídos no mapa. O primeiro é de Medici *et al.* (2021), no qual a área de estudo abrangeu diversas regiões da Europa, como norte, centro, sul, sudoeste e sudeste, sem delimitar um país específico. O segundo, de Chang *et al.* (2023), foi realizado em dois países, Camboja e Vietnã. Ademais, constata-se que a maioria dos estudos foram realizados na Espanha e na China.

Na Figura 6, apresentamos a nuvem de palavras-chave dos 50 artigos selecionados. Essa figura indica a frequência com que as palavras-chave são indicadas nos artigos. Desse modo, o tamanho das palavras evidencia a importância em que elas são combinadas e quais termos são fundamentais na busca de conhecimento sobre a temática pesquisada.

Diante disso, Ginige *et al.* (2020) e Nova e Gonzalez (2022) utilizaram o método *design science research* (DSR), que consiste em um processo rigoroso para identificar problemas reais na construção de artefatos, desenvolver, avaliar a sua utilidade e comunicar os resultados (Baskerville *et al.*, 2018; Montero; Kapinga, 2019).

Nesse cenário, Ginige *et al.* (2020) desenvolveram um Sistema de Informação Baseado em Dispositivos Móveis (MBIS) para capacitar os usuários a melhorarem suas atividades de subsistência. Nessa pesquisa, foi projetado, desenvolvido e avaliado um artefato para capacitar os agricultores do Sri Lanka no controle de produção, na escolha e na diversificação de culturas, devido ao problema de superprodução, que ocasionava a extrema pobreza desses agricultores. Verificou-se o empoderamento dos agricultores após a utilização do aplicativo, e atitudes como senso de controle, motivação e autoeficácia tiveram resultados positivos. No caso da autoeficácia, esta aumentou em 25%.

Já Nova e Gonzalez (2022) desenvolveram um aplicativo de inclusão financeira para agricultores na zona rural da Colômbia, por meio de uma abordagem de pesquisa em ciência do design. O aplicativo foi concebido, projetado, implementado e avaliado de forma colaborativa. A metodologia DSR apoiou o desenvolvimento deste projeto. Posteriormente, o desenho de avaliação foi realizado com base no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) e sessões de *debriefing*.

Enquanto Morales *et al.* (2020) Weckesser *et al.* (2022) e Roslin *et al.* (2021) utilizaram entrevistas com agricultores e especialistas para o desenvolvimento de software, Weckesser *et al.* (2022) optaram por uma abordagem participativa, pois além das entrevistas com agricultores e especialistas, houve a discussão, a reflexão e a avaliação de testes do protótipo. Entretanto, Lizzoni *et al.* (2018) optaram pela realização de questionário e pesquisa bibliográfica e documental para desenvolvimento de software e Wang *et al.* (2022) desenvolveram o aplicativo com o processo iniciando pelo design, seguido pelo desenvolvimento, garantia de qualidade, treinamento, implementação e pós-implementação.

Desse modo, Morales *et al.* (2020) desenvolveram uma plataforma de gestão agrícola baseada nos princípios do *Enterprise Resource Planning*

(ERP) e com a capacidade de recolher informação geolocalizada de diferentes parcelas relacionadas com vinho de Denominação de Origem Protegida (DOP) e Indicação Geográfica Protegida (IGP). Foram realizadas entrevistas com agricultores, responsáveis técnicos de adegas e diretores de entidades de qualidade para entender a necessidade da plataforma, a viabilidade e as percepções da utilidade. No caso dos viticultores, foi realizada uma amostragem aleatória estratificada em toda a Espanha. Verificou-se que agricultores, técnicos e gestores percebem a necessidade de mudanças nos negócios agrícolas para viabilizar o gerenciamento, sendo necessárias mudanças tecnológicas, que são escassas no setor. Ademais, essa ferramenta pode auxiliar na gestão agrícola, pois permite a inserção de dados, a gestão da informação e a análise e rastreabilidade de produtos e processos.

Já Weckesser *et al.* (2022) desenvolveram uma interface de usuário em que as saídas de conhecimento unificadas estejam disponíveis em uma aplicação web, o Crop Portal. Como metodologia, optou-se pela abordagem participativa. Foram realizadas entrevistas em grupo com agricultores e consultores agrícolas, além da discussão de dados relevantes para a adubação nitrogenada em trigo de inverno. Posteriormente, houve a formalização do conhecimento especializado e desenvolvimento do sistema integrado de apoio à decisão, reflexão sobre discussões consultivas, anotação de conhecimento especializado, concretização da linguagem subjetiva e do vocabulário utilizado, elaboração de árvores de decisão específicas para consultores e armazenamento de padrões de decisão em ontologias *Web Ontology Language* (OWL). Houve a otimização do protótipo através de vários testes de campo e avaliação do Portal Safra por agricultores e consultores, além da avaliação da qualidade percebida por meio de questionário padronizado. E, por fim, teste de campo para classificar quantitativa e qualitativamente o desempenho consultivo.

Roslin *et al.* (2021) desenvolveram um aplicativo de gerenciamento agrícola para smartphone conhecido como Padi2U e implementaram o Teste de Aceitação do Usuário (UAT) para os usuários finais. Como metodologia, o Padi2U foi desenvolvido com a utilização do software *Master App Builder* e integração com as imagens multiespectrais. O Padi2U fornece recomendações com base no Departamento de Agricultura (DOA), como verificação

de arroz, controle de pragas e doenças e manejo de ervas daninhas. A etapa final envolveu a implementação da pesquisa, em que todas as funções do Padi2U foram desenvolvidas e testadas. A UAT foi conduzida com 13 entrevistados na Malásia, e os resultados mostraram que os usuários não tiveram problemas ao usar o aplicativo. Assim, o índice de satisfação foi de 100%.

Para desenvolver um sistema de informação que auxilia o agricultor na tomada de decisão por meio de indicadores financeiros, Lizzoni *et al.* (2018) aplicaram um questionário para 20 agricultores familiares do oeste paranaense, com abordagem quantitativa. Também, realizaram uma pesquisa bibliográfica e documental para verificar os sistemas de informação disponíveis no mercado. Posteriormente, foi elaborado um projeto de software a partir do uso de elementos da *unified modeling language* (UML). Como framework de desenvolvimento, foi utilizado o ASP.NET Core MVC 1.1, com banco de dados PostgreSQL 9.5. A *integrated development environment* (IDE) aplicada para o desenvolvimento foi o Microsoft Visual Studio 2015 Community Edition. Verificou-se que o aplicativo desenvolvido, Planejamento Financeiro Rural (Plafir), auxiliou os agricultores na tomada de decisão para indicar quando o agricultor deve investir em uma atividade, além de disponibilizar indicadores financeiros.

Por fim, Wang *et al.* (2022) desenvolveram um sistema Bee-Smart baseado em nuvem para otimizar a manutenção e o monitoramento de fazendas de abelhas. O sistema de software tem três categorias principais de requisitos, que são de engenharia, qualificação e entrega. Uma aprovação padrão foi realizada após a conclusão de cada segmento e fase. Verificou-se que o protótipo do sistema é eficaz, ajudando no registro histórico de cada colmeia e nas atividades de néctar da área. Desse modo, facilita o acesso às informações claras e precisas em tempo real, melhorando a produtividade e eficiência em uma fazenda onde existe a produção de colmeia.

4 DISCUSSÃO

Nessa seção, destacam-se os benefícios da aplicação da metodologia DSR para o desenvolvimento de software, bem como a importância desta tecnologia para a agropecuária, identificando seu papel na tomada de decisão.

4.1 Aplicação da metodologia *Design Science Research* (DSR)

No que tange à pesquisa baseada na DSR, verifica-se que consiste em um processo rigoroso para identificar problemas reais na construção de artefatos. Além disso, busca-se o avanço no conhecimento teórico para aperfeiçoar um processo e contribuir com a teoria do design (Baskerville *et al.*, 2018; Montero; Kapinga, 2019).

Inicialmente, a DSR teve sua origem na “Ciência do Artificial” (Simon, 1996). A primeira abordagem metodológica foi proposta por Nunamaker Jr., Chen e Purdin (1990). Posteriormente, diversos autores foram aprimorando os processos no desenvolvimento de projetos e na contribuição de teorias de design, como Walls, Widmeyer e El Sawy (1992), March e Smith (1995), Markus, Majchrzak e Gasser (2002), Hevner *et al.* (2004), Peffers *et al.* (2007) e Kuechler e Vaishnavi (2008).

Assim, a DSR é uma metodologia de desenvolvimento de artefatos que tem o objetivo de gerar conhecimento útil e aplicável na criação ou na melhoria de produtos ou softwares já existentes. Sua função é identificar um problema e, a partir disso, desenvolver a ferramenta (Lacerda *et al.*, 2013). Para Peffers *et al.* (2007), existem seis etapas para a aplicação desta metodologia, sendo elas: identificação do problema; definição de resultados esperados; projeto e desenvolvimento; demonstração; avaliação; e comunicação.

Nesse contexto, Venable *et al.* (2018) verificaram que a avaliação de artefatos e a teoria do design são fundamentais para a DSR. Os artefatos devem ser examinados tanto para constatar a sua utilidade quanto para analisar a qualidade do conhecimento construído. Isso reduz o risco de desenvolver um programa com falhas.

Já Tlhobogang e Setoto (2018) criaram um sistema de fornecimento de informações agrícolas para orientar o trabalho de agricultores e extensionistas, e a metodologia foi baseada na DSR. Percebeu-se que os pequenos produtores precisam de informações para melhorar sua produtividade e manejo. Desse modo, o desenvolvimento de artefatos pode contribuir para o avanço de suas práticas produtivas.

Por meio da metodologia DSR, Ginige *et al.* (2020), desenvolveram com eficiência um aplicativo voltado para capacitar agricultores a aprimorarem

suas atividades de subsistência. Com esse processo, foi possível definir as necessidades dos usuários, além de avaliar os impactos do sistema para os agricultores.

4.2 Perspectivas para a agropecuária com a utilização de tecnologias

Cada vez mais, para que os empreendimentos agropecuários possam ter competitividade, é necessário a adoção de tecnologias (Medici *et al.*, 2021). Nesse sentido, a redução de custos é estratégica e se torna possível com a utilização de software que pode desempenhar processos mais eficazes com menor tempo (Muangprathub *et al.*, 2019).

Na agricultura familiar, existe uma carência de sistemas de informações para auxiliar o agricultor na tomada de decisão (Lizzoni *et al.*, 2018; Kajornkasirat *et al.*, 2021). Por isso, estudos para o desenvolvimento de software contribuem para a mudança desse cenário. Carlson *et al.* (2017) perceberam que o aplicativo OFoot, que permite estimar a pegada de carbono desde o berço até ao portão em uma fazenda de orgânicos, favoreceu escolhas para diminuir a emissão de carbonos na agricultura orgânica, sendo um diferencial, pois os artefatos geralmente são construídos para a agricultura convencional.

Agricultores, técnicos e gestores percebem a necessidade de mudanças nos negócios agrícolas para viabilizar o gerenciamento. Assim, são necessárias mudanças tecnológicas, escassas no setor (Nova; González, 2022). Morales *et al.* (2020) identificaram que a ferramenta ERP desenvolvida pode auxiliar na gestão agrícola, pois permite a inserção de dados, a gestão da informação e a análise e rastreabilidade de produtos e processos. Por meio desse sistema, é possível a verificação das informações em tempo real. Essa ferramenta já é utilizada por mais de 1.500 fazendas, que estão continuamente inserindo informações, podendo, futuramente, contribuir com um sistema de previsões e modelagens em tempo real, sugerindo modelos e mudanças que beneficiarão as atividades.

Outros aspectos também são importantes para o agronegócio, como o aumento da produtividade, a eficácia e o melhoramento dos processos com a adoção de tecnologias. Wan *et al.* (2019) verificaram que o sistema

desenvolvido para o serviço de gerenciamento da produção familiar na China pode melhorar a eficiência da produção agrícola. Já Muangprathub *et al.* (2019) constataram que o software projetado trouxe benefícios para a agricultura, pois a umidade do solo foi controlada, reduzindo custos e aumentando a produtividade agrícola. Por sua vez, Liu *et al.* (2017) desenvolveram para o sistema Android um aplicativo de contagem de grãos e perceberam que o mesmo desempenha a função projetada de forma rápida, eficiente e com exatidão, contribuindo com os agricultores.

A antecipação de cenários faz parte do planejamento dos gestores e são fundamentais para a tomada de decisão, e ao fornecer informações econômicas, produtivas e climáticas, permitem aos agricultores tomar decisões mais informadas. Ao fornecerem projeções baseadas em dados históricos e variáveis ambientais, esses sistemas contribuem significativamente para o planejamento, a gestão de riscos e o uso mais eficiente dos recursos, otimizando a produtividade e reduzindo perdas. (Rotundo *et al.*, 2022). Vourak *et al.* (2020) verificaram que o software iSAGEDSS possibilita que criadores de ovinos e caprinos de diferentes sistemas de produção, em diversos países europeus, pressuponham futuras decisões ao estimar valores financeiros robustos, além de dados ambientais do manejo de pastagens.

Já Medici *et al.* (2021) identificaram que a ferramenta web PAMCoBA permite comparar cenários da tecnologia com a agricultura convencional e a agricultura de precisão, podendo ajudar os agricultores ao fornecer dados necessários para a tomada de decisão. Esta é uma ferramenta inovadora que estima a redução de insumos utilizados para modelar cenários ambientais e fornece dados para os formuladores de políticas públicas.

Outros benefícios podem ser proporcionados pelo uso da tecnologia, como a troca de conhecimento entre usuários de sistemas e especialistas. Weckesser *et al.* (2022) desenvolveram um sistema de apoio à decisão voltado à recomendação de fertilização para a cultura do trigo de inverno, com o objetivo de auxiliar agricultores e técnicos na definição de doses adequadas de nutrientes, considerando as necessidades da planta, as características do solo e as condições climáticas, sendo suporte para a tomada de decisão. O estudo foi realizado de forma participativa e o protótipo foi baseado em práticas agrícolas. A temática da fertilização atua como elemento de

sensibilização dos usuários, despertando maior interesse, engajamento e compreensão sobre o tema, o que fortalece a troca de conhecimentos e contribui para decisões mais informadas.

Ademais, a satisfação e o conforto dos agricultores, além do empoderamento na utilização de artefatos, pode contribuir com a mudança de uma realidade e reduzir desigualdades sociais, melhorando o bem-estar e podendo transformar a realidade (Ginige *et al.*, 2020). Mraz *et al.* (2020) verificaram que o aplicativo desenvolvido para a gestão da fazenda possibilitou o acesso a todas as informações importantes da fazenda com tranquilidade e conforto em qualquer lugar. Já Ginige *et al.* (2020) constataram que, após a utilização do aplicativo, houve uma mudança no comportamento dos agricultores na seleção de culturas. Com a diversificação, houve uma minimização da superprodução de determinadas culturas, melhorando a subsistência.

A seguir, o Quadro 3 apresenta os aplicativos desenvolvidos e suas contribuições para a atividade agropecuária.

Quadro 3 – Ferramentas tecnológicas desenvolvidas aplicadas à agricultura, levantamento e contribuições com base na literatura

Autores	Ferramentas Desenvolvidas	Finalidade	País
Islam <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo da web utilizando o ResNet50	Fornecer um sistema de agricultura inteligente para detectar a doença das folhas das plantas	Bangladesh
Saban <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo web My Farm	Otimizar o armazenamento de alimentos, realizando o monitoramento e a regulação dos níveis de umidade e temperatura; permitir a supervisão e o controle remoto de diversos processos, como irrigação e ajustes térmicos	Marrocos
Arshad <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo web para apoiar os proprietários de fazendas de gado	Informar o usuário sobre dados individuais de saúde do gado provenientes de sensores colocados em diferentes áreas do corpo	Egito
Chen <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo da web Smart Agriculture	Auxiliar os agricultores na identificação confiável de pragas de várias culturas e impulsionar o avanço da agricultura inteligente	China
Jain (2023)	Aplicativo Android/web para controlar irrigação por gotejamento	Fornecer uma solução para disponibilizar a quantidade de água adequada para o manejo agrícola	Índia
Wang <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo web PreCowKetosis	Prever o risco de cetose em vacas leiteiras com base no modelo XGBoost	Mongólia

Autores	Ferramentas Desenvolvidas	Finalidade	País
Alves e Matos (2023)	Aplicativo web para aumentar a segurança dos tratores agrícolas	Prevenir acidentes e minimizar as consequências (humanas e materiais) que podem ser aplicadas a tratores agrícolas antigos e novos	Portugal
Yu <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo da web Rice-MapEngine	Permitir o mapeamento da cultura do arroz para que usuários, como funcionários do governo, usem o sensoria-mento remoto para a tomada de deci-sões relacionadas à agricultura	Nepal
Chang <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo da web ope-racional Fier-Mekong	Prever perdas econômicas de arroz induzidas por inundações	Camboja e Vietnã
Vincentdo e Surantha (2023)	Aplicativo web Hidropônico Inteligente	Monitorar e regular o pH e os níveis de nutrientes das plantas que estão sendo observadas	Indonésia
Pun <i>et al.</i> (2023)	Ferramentas baseadas na web integradas a um modelo de aprendizado profundo	Controlar a infestação de pragas em vegetais e evitar perdas econômicas	Austrália
Debnath <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo adaptado a interfaces baseadas em smartphones e na web	Identificar diversas doenças que afetam tomateiros	Bangladesh
Dai <i>et al.</i> (2023)	Aplicativo móvel para auxiliar trabalhadores agrícolas	Detectar e diagnosticar doenças foliares do milho, apoiando decisões informadas sobre o manejo de doenças, aumento do rendimento das culturas e melhoria da segurança alimentar	China
Cofas (2022)	Aplicativo web ZooSyst	Analisar a eficiência econômica para as espécies ovina, caprina, touros e bubalinos	Romênia
Lee <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo da web para determinar pragas e doenças	Auxiliar no reconhecimento e na classi-ficação de doenças dos citros	Coreia do Sul
Kundu <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo da web asso-ciado Maize-Disease-Detector	Prever desde doenças até a estimativa da perda de safra da cultura do milho em TLB, ferrugem, multidoença e clas-ses saudáveis	Índia
Ndunagu <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo web para irrigação	Realizar irrigação e gerenciamento de recursos hídricos para áreas rurais para aumentar a produtividade agrícola	Nigéria
Ni <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo web para controle de mirtilos	Quantificar os danos causados por contusões de mirtilo	Estados Unidos
Soler-Mendez <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo web Agroclimatic	Realizar consultas, recolha de dados e cálculo de variáveis com os dados adquiridos de diferentes estações agro-meteorológicas públicas numa única plataforma	Espanha

Autores	Ferramentas Desenvolvidas	Finalidade	País
Arago <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo da web sobre informações de vacas	Melhorar a eficiência de detecção de comportamentos de cio em pé de vacas; permitir atualizações sobre informações de vacas, inseminações, registros de gravidez e parto; estimar o tempo de viagem da geolocalização do usuário até a fazenda; fornecer monitoramento ao vivo e acessibilidade e controle remoto da câmera	Filipinas
Nova <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo para inclusão financeira – O Finagro-APP	Fornecer serviços de informação sobre os benefícios projetados por meio de linhas de crédito e apólices de seguro	Colômbia
Rotundo <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo da web para facilitar a fertilização para a cultura de soja e milho	Fornecer informações básicas para otimizar as taxas de adubação para soja e milho	Brasil
Wang <i>et al.</i> (2022)	Sistema Bee-Smart baseado em nuvem	Otimizar a manutenção e o monitoramento de fazendas de abelhas	Malásia
Weckesser <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo da web Crop Portal	Visualizar rapidamente as informações de culturas para campos individuais a partir de fontes de dados heterogêneas com especialistas para os agricultores poderem tomar melhores decisões	Alemanha
Hyun <i>et al.</i> (2022)	Sistema de Informação de Suporte a Aplicações de Fertilizantes Orgânicos (Oasis)	Realizar a simulação hindcast do crescimento da cultura sob práticas de manejo orgânico	Coreia do Sul
Zhao <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo web de detecção de doenças de plantas	Realizar a identificação de doenças em tempo real em um ambiente real com alta precisão da cultura do milho, da batata e do tomate	China
Aliane <i>et al.</i> (2022)	Aplicativo baseado em web e Matlab para agricultura de precisão	Permitir consultar as condições de voo, planejamento de rotas e processamento de imagens multiespectrais e cálculo de índices de vegetação	Espanha
Puttinaovarat e Horkaew (2021)	Sistema de gerenciamento de banco de dados geoespacial de plantas medicinais	Permitir a localização dos locais das plantas e a apresentação de dados em um mapa de calor interativo, incluindo a apresentação automática de um itinerário que fornece a rota ideal entre a localização do usuário e os destinos das plantas selecionadas	Tailândia
Medici <i>et al.</i> (2021)	Ferramenta web que apoia a avaliação dos benefícios econômicos líquidos da integração de tecnologias de agricultura de precisão	Permitir avaliar e comparar tecnologias de agricultura de precisão com sistemas convencionais; avaliar a viabilidade financeira e o impacto ambiental de várias tecnologias de agricultura de precisão na sua exploração	Tailândia

Autores	Ferramentas Desenvolvidas	Finalidade	País
Li <i>et al.</i> (2021)	Software de análise econômica	Fornecer análise econômica em escala de campo capaz de estimar os benefícios líquidos sob várias práticas de gerenciamento de mitigação de gases de efeito estufa	Canadá
Kajornkasirat <i>et al.</i> (2021)	Aplicativo da web e um aplicativo móvel para gestão de produtores de camarões	Monitorar a qualidade da água em fazendas de camarão; analisar dados necessários para selecionar um parâmetro em uma caixa de listagem e mostrar a associação entre fatores de qualidade da água e dados de camarão; analisar o desempenho de crescimento do camarão	Tailândia
Juhriyansyah e Firdaus (2021)	Aplicativo web para avaliação do solo na cultura do arroz	Avaliar a aptidão da terra para o cultivo de arroz, usando o método de correspondência baseado na FAO	Indonésia
Roslin <i>et al.</i> (2021)	Aplicativo de gerenciamento agrícola – Padi2U	Permitir a verificação de arroz, o controle de pragas e doenças e o manejo de ervas daninhas	Malásia
Ginige <i>et al.</i> (2020)	Sistema de informação baseado em dispositivos móveis (MBIS) para capacitar os usuários a melhorarem suas atividades de subsistência	Controlar suas atividades de subsistência, auxiliar na seleção de culturas dos agricultores de maneiras que ajudem a alcançar uma melhor correspondência entre oferta e demanda	Sri Lanka
Mraz <i>et al.</i> (2020)	Aplicativo web AgroCont	Facilitar a criação de documentação e gerenciamento de registros em uma fazenda selecionada	Eslováquia
Vouraki <i>et al.</i> (2020)	Aplicativo web iSAGE-DSS baseada na solução Happy Goats	Permitir aos pequenos produtores de ruminantes de leite e carne fazerem planos anuais de gestão, testando cenários hipotéticos futuros; abordar todos os parâmetros importantes da fazenda (tamanho do lote, produção, processamento, pastagem, alimentação, renda e custos e preços)	Grécia
Morales <i>et al.</i> (2020)	Aplicativo ERP de gestão agrícola de produção de vinho	Resolver o problema da falta de dados agrícolas; fornecer ao usuário ferramentas de gestão para suas operações agrícolas; permitir ao tomador de decisão obter informações geolocalizadas em tempo real; e estabelecer as bases para o desenvolvimento futuro de sistemas agrícolas baseados em <i>big data</i>	Espanha
Borges <i>et al.</i> (2020)	Software para Definição de Unidades de Manejo (SDUM)	Permitir identificar áreas com o mesmo comportamento em relação às variáveis do solo, possibilitando ao usuário ter uma visão melhor e mais precisa da área a ser trabalhada, e identificar causas de variação na produtividade	Brasil

Autores	Ferramentas Desenvolvidas	Finalidade	País
Wan <i>et al.</i> (2019)	Aplicativo Assistente de Gerenciamento e Aplicativo de Serviço de Gerenciamento	Oferecer gerenciamento de processos agrícolas, gerenciamento de produtos agrícolas e serviços de valor agregado em fazendas	China
Muangprathub <i>et al.</i> (2019)	Aplicativo com gerenciamento de dados via smartphone	Controlar a irrigação das culturas de hortaliças	Tailândia
Bayano-Tejero <i>et al.</i> (2019)	Aplicativo web para registro e visualização de dados	Oferecer gestão integral da produção de azeitona por interconexões máquina a máquina e melhorar a rastreabilidade dos produtos gerados neste ou em outros setores semelhantes	Espanha
Silva <i>et al.</i> (2019)	Software que prediz o estresse no leitão	Analisar a possibilidade de classificar automaticamente as condições estressantes de leitões por meio da vocalização	Brasil
Lekbangpong <i>et al.</i> (2019)	Aplicativo web e um aplicativo móvel para monitorar fatores ambientais	Oferecer controle ambiental para funções de resfriamento evaporativo, sistema de nebulização, sistema de irrigação e sistema de luz artificial para auxiliar o crescimento da erva-de-são-joão	Tailândia
Lizzoni <i>et al.</i> (2018)	Aplicativo denominado Planejamento Financeiro Rural (Plafir)	Auxiliar o agricultor na tomada de decisão por meio de indicadores financeiros	Brasil
Caicedo-Ortiz <i>et al.</i> (2018)	Aplicativo web para monitoramento da cultura da mandioca	Oferecer informações em tempo real, medindo a umidade e a temperatura do solo da cultura da mandioca	Colômbia
Carlson <i>et al.</i> (2017)	Ferramenta on-line OFoot	Estimar a pegada de carbono de fazendas orgânicas	Estados Unidos
Canadas <i>et al.</i> (2017)	Ferramenta web baseada na regulamentação espanhola para o manejo integrado de pragas de uvas de mesa	Avaliar quando um determinado limite de ação de pragas foi ultrapassado, afetando, assim, as safras de uvas de mesa	Espanha
Gonzalez-Esquivia <i>et al.</i> (2017)	Aplicativo web para a análise das necessidades de irrigação das culturas	Permitir um monitoramento remoto das culturas de alface, incluindo funcionalidade para upload de imagens, análise de imagens, armazenamento de banco de dados e visualização gráfica dos resultados	Espanha
Liu <i>et al.</i> (2017)	Aplicativo de contagem de grãos de arroz e trigo para Android	Proporcionar contagem de grãos atual com base em tecnologias de análise de imagens	China
Yang <i>et al.</i> (2017)	Sistema de apoio à irrigação – FIS-DSS	Permitir programação e planejamento de irrigação agrícola	China

Fonte: elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa

Percebe-se o desenvolvimento de diversos aplicativos e softwares para o setor agropecuário, contribuindo com a gestão, produtividade e manejo

de diversas culturas. Essa evolução tecnológica é fundamental para garantir o desenvolvimento econômico e a competitividade do setor agropecuário mundial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve o objetivo de identificar as metodologias utilizadas para o desenvolvimento de software aplicadas em sistemas agropecuários, suas limitações e potencialidades. Verificamos que a maioria dos artigos não utilizaram metodologias específicas para o desenvolvimento de software, limitando-se a métodos aplicados para a linguagem de programação. Para o desenvolvimento dos softwares, utilizou-se metodologias como o *Design Science Research* (DSR), entrevistas com agricultores e especialistas e questionários com as partes interessadas.

A utilização de tecnologia é estratégica para a tomada de decisão, pois melhora os processos, reduz custos e possibilita uma melhor eficiência, proporcionando a competitividade no agronegócio. A agricultura digital, por meio da agricultura de precisão, *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Cloud Computing*, *Machine Learning*, trouxe avanços para a agropecuária, proporcionando o aumento da produtividade e a redução do desperdício dos insumos. Isso possibilita o desenvolvimento sustentável, porém, a realidade no Brasil aponta vários desafios, como a falta de conectividade, acesso à tecnologia e mão de obra qualificada no campo para esse ambiente digital. Assim, as políticas públicas devem contemplar pequenos e médios agricultores, proporcionando a utilização desses recursos a fim de diminuir as desigualdades encontradas.

Alguns estudos podem não estar na presente amostra, pois outras bases de dados não foram incluídas, como o Science Direct, Scielo e Periódico Capes, remetendo a algumas limitações. Ademais, os artigos de conferências também foram excluídos. Desse modo, a amostra qualitativa poderia ser maior e a análise dessas metodologias deve ser ponderada.

Sugere-se estudos futuros aplicados ao desenvolvimento de software com a utilização da metodologia DSR para os negócios agropecuários, além de desenvolvimento de artefatos para atividades da agricultura familiar,

como sistemas agroflorestais e produção agroecológica, e formulação de políticas públicas para os pequenos e médios produtores.

REFERÊNCIAS

ALIANE, N.; MUÑOZ, C. Q. G.; SÁNCHEZ-SORIANO, J.. Web and MATLAB-based platform for UAV flight management and multispectral image processing. *Sensors*, [S. l.], v. 22, n. 11, p. 4243, 2022.

ALVES, R.; MATOS, P. A solution to prevent and minimize the consequences of accidents with farm tractors in the context of mountainous regions with low population density. *Sensors*, [S. l.], v. 23, n. 18, p. 7811, 2023.

ARAGO, N. *et al.* Smart dairy cattle farming and in-heat detection through the internet of things (IoT). *International Journal of Integrated Engineering*, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 157-172, 2022.

ARSHAD, J. *et al.* Deployment of an intelligent and secure cattle health monitoring system. *Egyptian Informatics Journal*, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 265-275, 2023.

BASKERVILLE, R.; BAIYERE, A.; GREGOR, S.; HEVNER, A. Design science research contributions: finding a balance between artifact and theory. *Journal of the Association for Information Systems*, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 358-376, 2018.

BAYANO-TEJERO, S. *et al.* Machine to machine connections for integral management of the olive production. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 166, p. 104980, 2019.

BORGES, L. F.; BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; MAGALHÃES, P. S. G.; MICHELON, G. K. Web software to create thematic maps for precision agriculture. *Pesquisa agropecuária brasileira*, [S. l.], v. 55, p. e00735, 2020.

CAICEDO-ORTIZ, J. G. *et al.* Monitoring system for agronomic variables based in WSN technology on cassava crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 145, p. 275-281, 2018.

CAÑADAS, J.; DEL ÁGUILA, I. M.; PALMA, J. Development of a web tool for action threshold evaluation in table grape pest management. *Precision agriculture*, [S. l.], v. 18, n. 6, p. 974-996, 2017.

CARLSON, B. R.; CARPENTER-BOGGS, L.; HIGGINS, S. S.; NELSON, R.; STOCKLE, C.;

WEDDELL, J. Development of a web application for estimating carbon footprints of organic farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 142, p. 211-223, 2017.

CHANG, C. – H. *et al.* Operational forecasting inundation extents using REOF analysis (FIER) over lower Mekong and its potential economic impact on agriculture. *Environmental Modelling & Software*, [S. l.], v. 162, p. 105643, 2023.

CHEN, Y.; CHEN, M.; GUO, M.; WANG, J.; ZHENG, N. Pest recognition based on multi-image feature localization and adaptive filtering fusion. *Frontiers in Plant Science*, [S. l.], v. 14, p. 1282212, 2023.

COFAS, E. Zoosyst-computer system destined for the analysis of the production potential of ruminant species. 2022.

DAI, D.; XAI, P.; ZHU, Z.; CHE, H. MTDL-EPDCLD: A multi-task deep-learning-based system for enhanced precision detection and diagnosis of corn leaf diseases. *Plants*, [S. l.], v. 12, n. 13, p. 2433, 2023.

DEBNATH, A. *et al.* A smartphone-based detection system for tomato leaf disease using efficientNetV2B2 and its explainability with artificial intelligence (AI). *Sensors*, [S. l.], v. 23, n. 21, p. 8685, 2023.

GINIGE, T.; RICHARDS, D.; GINIGE, A.; HITCHENS, M. Design for empowerment: Empowering Sri Lankan farmers through mobile-based information system. *Communications of the Association for Information Systems*, [S. l.], v. 46, p. 444-483, 2020.

GONZÁLEZ-ESQUIVA, J. M. GARCÍA-MATEOS, G.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J. L.; RUIZ-CANALES, A.; ESCARABAJAL-HENERAJOS, D.; MOLINA-MARTÍNEZ, J. M. Web application for analysis of digital photography in the estimation of irrigation requirements for lettuce crops. *Agricultural water management*, [S. l.], v. 183, p. 136-145, 2017.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. *MIS quarterly*, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 75-105, mar. 2004.

HYUN, S. *et al.* Development of a mobile computing framework to aid decision-making on organic fertilizer management using a crop growth model. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 181, p. 105936, 2021.

ISLAM, M. *et al.* DeepCrop: deep learning-based crop disease prediction with web

application. *Journal of Agriculture and Food Research*, [S. l.], v. 14, p. 100764, 2023.

JAIN, R. K. Experimental performance of smart IoT-enabled drip irrigation system using and controlled through web-based applications. *Smart Agricultural Technology*, [S. l.], v. 4, p. 100215, 2023.

JUHRIYANSYAH, D.; DWI, H.; FIRDAUS, A. Evaluation of peatland suitability for rice cultivation using matching method. *Polish Journal of Environmental Studies*, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 2041-2047, 2021.

KAJORNKASIRAT, S.; RUANGSRI, J.; SUMAT, C.; INTARAMONTRI, P. Online analytics for shrimp farm management to control water quality parameters and growth performance. *Sustainability*, [S. l.], v. 13, n. 11, p. 1–11, 2021.

KUECHLER, B.; VAISHNAVI, V. On theory development in design science research: anatomy of a research project. *European Journal of Information Systems*, [S. l.], v. 17, n. 5, p. 489-504, 2008.

KUNDU, N. *et al.* Disease detection, severity prediction, and crop loss estimation in MaizeCrop using deep learning. *Artificial intelligence in agriculture*, [S. l.], v. 6, p. 276-291, 2022.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Design Science Research: A research method to production engineering. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LEE, S.; CHOI, G.; PARK, H. – C.; Choi, C. Automatic classification service system for citrus pest recognition based on deep learning. *Sensors*, [S. l.], v. 22, n. 22, p. 8911, 2022.

LEKBANGPONG, N. *et al.* Precise automation and analysis of environmental factor effecting on growth of St. John's wort. *Ieee Access*, [S. l.], v. 7, p. 112848-112858, 2019.

LIU, T.; CHEN, W.; WANG, Y.; WU, W.; SUN, C.; DING, J.; GUO, W. Rice and wheat grain counting method and software development based on Android system. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 141, p. 302-309, sept. 2017.

LI, Z.; QI, Z.; QIANJING, J.; NATHAN, S. An economic analysis software for evaluating best management practices to mitigate greenhouse gas emissions from cropland. *Agricultural Systems*, [S. l.], v. 186, p. 102950, 2021.

LIZZONI, L.; FEIDEN, A.; FEIDEN, A. PLAFIR: web application for rural financial planning. *Biblios*, [S. l.], v. 73, n. 73, p. 91-104, 2018.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. *Decision support systems*, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MARKUS, M. L.; MAJCHRZAK, A.; GASSER, L. A design theory for systems that support emergent knowledge processes. *MIS quarterly*, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 179-212, 2002.

MEDICI, M.; PEDERSEN, S. M.; CANAVARI, M.; ANKEN, T. A web-tool for calculating the economic performance of precision agriculture technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 181, n. June 2020, p. 105930, 2021.

MONTERO, C. S.; KAPINGA, A. F. Fortalecimento da pesquisa da ciência do design: integração da co-criação e do co-design. In: NIELSEN, P.; KIMARO, H. C. (Ed.). *Information and communication technologies for development*. Oslo: University of Oslo, 2019. p. 486-495

MORALES, D. A.; SÁNCHEZ-BRAVO, P.; LIPAN, L.; CANO-LAMADRID, M.; ISSA-ISSA, H.; CAMPO-GOMIS, F. J.; LLUCH, D. B. L. Designing of an enterprise resource planning for the optimal management of agricultural plots regarding quality and environmental requirements. *Agronomy*, [S. l.], v. 10, n. 9, p. 1-22, 2020.

MRÁZ, M. *et al.* Development of the web application by the information system for data processing and documentation on selected farm in agricultural production. *Przegląd Elektrotechniczny*, [S. l.], v. 96, n. 1, p. 218-221, 2020.

MUANGPRATHUB, J. BOONNAM., N.; KAJORNKASIRAT, S.; LEKBANGPONG, N.; WANICHOMBAT, S.; NILLAOR, P. IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 156, n. 9, p. 467-474, jan. 2019.

NDUNAGU, J. N. *et al.* Development of a Wireless sensor network and iot-based smart irrigation system. *Applied and Environmental Soil Science*, [S. l.], v. 2022, n. 1, p. 7678570, 2022.

NI, X. *et al.* A deep learning-based web application for segmentation and quantification of blueberry internal bruising. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 201, p. 107200, 2022.

NOVA, N. A.; GONZÁLEZ, R. A. A financial inclusion app and USSD service for farmers in rural Colombia. *Information Development*, [S. l.], v. 42, n. 3, 2022.

NUNAMAKER JUNIOR, J. F.; CHEN, M.; PURDIN, T. D. M. Systems development in information systems research. *Journal of management information systems*, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 89-106, 1990.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M.; CHATTERJEE, S. A design science research methodology for information systems research. *Journal of management information systems*, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PUN, T. B.; NEUPANE, A.; KOECH, R. A deep learning-based decision support tool for plant-parasitic nematode management. *Journal of Imaging*, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 240, 2023.

PUTTINAOVARAT, S.; HORKAEW, P. A geospatial database management system for the collection of medicinal plants. *Geospatial Health*, [S. l.], v. 16, n. 2, 2021.

RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, Á. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014.

ROSLIN, N. A. CHE'YA, N. N.; ROSLE, R.; ISMAIL, M. R. Smartphone application development for rice field management through aerial imagery and normalised difference vegetation index (Ndvi) analysis. *Pertanika Journal of Science and Technology*, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 809-836, 2021.

ROTUNDO, J. L. *et al.* Development of a decision-making application for optimum soybean and maize fertilization strategies in Mato Grosso. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 193, feb. 2022.

SABAN, M. *et al.* A smart agricultural system based on PLC and a cloud computing web application using LoRa and LoRaWan. *Sensors*, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 2725, 2023.

SAMPAIO, R.; MANCINI, M. Estudos de revisão sistemática : um guia para síntese. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SILVA, J. P.; NÄÄS, I. A.; ABE, J. M.; CORDEIRO, A. F. S. Classification of piglet (Sus Scrofa) stress conditions using vocalization pattern and applying paraconsistent logic Et. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 166, p. 105020, 2019.

SIMON, H. A. *The Sciences of the Artificial*. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SOLER-MÉNDEZ, M.; PARRAS-BURGOS, D.; BENOUNA-BENNOUNA, R.; MOLINA-MARTÍNEZ, J. M. Agroclimatic Evolution web application as a powerful solution for

managing climate data. *Scientific Reports*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 6716, 2022.

TLHOBOGANG, B.; SETOTO, B. Developing a small-scale agriculture knowledge and information dissemination system: tankyu practice approach. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED APPLIED INFORMATICS, 7., 2018, Yonago. *Proceedings* [...]. Yonago: [S. n.], 2018. p. 244–249.

VENABLE, J.; PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. FEDS: A framework for evaluation in design science research. *European Journal of Information Systems*, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 77-89, 2016.

VINCENTDO, V.; SURANTHA, N. Nutrient film technique-based hydroponic monitoring and controlling system using ANFIS. *Electronics*, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1446, 2023.

VOURAKI, S.; SKOURTIS, I.; PSICHOS, K.; JONES, W.; DAVIS, C.; JOHNSON, M.; RUPÉREZ, L. R.; THEODORIDIS, A.; ARSENOS, G. A decision support system for economically sustainable sheep and goat farming. *Animals*, [S. l.], v. 10, n. 12, p. 1-18, 2020.

WALLS, J. G.; WIDMEYER, G. R.; EL SAWY, O. A. Building an information system design theory for vigilant EIS. *Information systems research*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 36-59, 1992.

WAN, X. – F.; ZHENG, T.; CUI, J.; ZHANG, F.; MA, Z. – Q.; YANG, Y. Near field communication-based agricultural management service systems for family farms. *Sensors*, [S. l.], v. 19, n. 20, p. 4406, 2019.

WANG, C.; TANG, Y.; AHMAD-AKHIA, M. F.; ABDUL-RAHMAN, H.; YAP, J. B. H. Cloud-Based system for sustainable stingless bee farm. *Journal of Internet Technology*, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 539-551, 2022.

WANG, H. *et al.* PreCowKetosis: a shiny web application for predicting the risk of ketosis in dairy cows using prenatal indicators. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 206, p. 107697, 2023.

WECKESSER, F.; BECK, M.; HÜLSBERGEN, K. – J.; PEISL, S. A Digital Advisor Twin for Crop Nitrogen Management. *Agriculture*, [S. l.], v. 12, n. 2, 2022.

YANG, G.; LEI, L.; PING, G.; MO, L. A flexible decision support system for irrigation scheduling in an irrigation district in China. *Agricultural water management*, [S. l.], v. 179, p. 378-389, 2017.

YU, Z. *et al.* Ricemapengine: a google earth engine-based web application for fast paddy rice mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, [S. l.], v. 16, p. 7264-7275, jan. 2023.

ZHAO, Y.; SUN, C.; XU, X.; CHEN, J. RIC-Net: a plant disease classification model based on the fusion of Inception and residual structure and embedded attention mechanism. *Computers and Electronics in Agriculture*, [S. l.], v. 193, p. 106644, 2022.

