

Prospecção Científica e Tecnológica de Aplicativos de Classificação da Água e Caracterização do Solo na Agricultura

Scientific and Technological Prospecting of Applications for Water Classification and Soil Characterization in Agriculture

Edemir de Carvalho Rodrigues¹

Paula Tereza de Souza e Silva²

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil

²Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil

Resumo

No semiárido brasileiro, a escassez de água de boa qualidade leva muitos agricultores a utilizarem água salina para irrigação, o que pode comprometer o desenvolvimento das culturas em ambientes salinos. Com a Agricultura 4.0, a adoção de tecnologias tornou-se essencial para otimizar a irrigação. Esta pesquisa buscou identificar inovações e aplicativos que fornecem recomendações sobre a classificação da qualidade da água e a caracterização do solo. Foram analisadas fontes como INPI, Google Play Store, Apple Store, Scopus, SciELO, IEEE Xplore, PatentScope®, Espacenet® e Questel Orbit®, utilizando palavras-chave como aplicativo, agricultura, água, solo, *software*, *mobile*, *app*, *water* e *agriculture*, com conectivos “AND” e “OR”. A pesquisa revelou uma carência de aplicativos móveis nesse segmento, destacando-se apenas um aplicativo da Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa) e um protótipo da International Business Machines Corporation (IBM). A escassez de soluções tecnológicas evidencia a necessidade de mais desenvolvimento no setor, especialmente para apoiar agricultores com pouco acesso à assistência técnica na agricultura familiar.

Palavras-chave: Aplicativo; Água; Solo.

Abstract

In the Brazilian semi-arid region, the scarcity of good-quality water leads many farmers to use saline water for irrigation, which can compromise crop development in saline environments. With Agriculture 4.0, the adoption of technologies has become essential to optimize irrigation. This research aimed to identify innovations and applications that provide recommendations on water quality classification and soil characterization. Sources such as INPI, Google Play Store, Apple Store, Scopus, SciELO, IEEE Xplore, PatentScope®, Espacenet®, and Questel Orbit® were analyzed, using keywords such as application, agriculture, water, soil, software, mobile, app, water, and agriculture, with the connectors “AND” and “OR”. The research revealed a lack of mobile applications in this segment, with only one application from the Federal Rural University of the Semi-Arid Region (Ufersa) and a prototype from the International Business Machines Corporation (IBM) standing out. The scarcity of technological solutions highlights the need for further development in the sector, especially to support farmers with limited access to technical assistance in family farming.

Keywords: App; Water; Soil.

Áreas Tecnológicas: Inovação. Prospecção. Tecnologia da Informação.



1 Introdução

Atualmente, com o advento da Agricultura 4.0, busca-se aumentar a eficiência no campo por meio de tecnologias avançadas, incluindo aplicativos agrícolas para a coleta e o processamento de dados em tempo real. De acordo com Bolfe, Jorge e Sanches (2021), a Agricultura 4.0 utiliza tecnologias digitais para melhorar a produção e a gestão agrícolas, promovendo sistemas mais eficientes, sustentáveis e conectados.

Na agricultura, a adoção de aplicativos está impulsionando uma transformação significativa nas atividades agrícolas. Schwab (2016) destacou que está ocorrendo uma revolução tecnológica que irá alterar drasticamente nossa maneira de viver, trabalhar e nos relacionar, marcando um novo padrão em termos de amplitude e de complexidade.

Massruhá *et al.* (2021) afirmam que *softwares* e aplicativos têm se mostrado ferramentas valiosas na agricultura, proporcionando aos agricultores acesso rápido a informações relevantes por meio de dispositivos móveis. Essas soluções tecnológicas também são usadas para fornecer recomendações técnicas, simplificando as tarefas diárias dos agricultores.

Segundo Shahidian, Guimarães e Rodrigues (2017), a utilização de tecnologias especializadas na classificação da água oferece aos agricultores uma maneira mais eficiente e precisa de analisar a qualidade da água utilizada nas práticas agrícolas. Com base nessas informações, os agricultores podem tomar decisões embasadas sobre o manejo adequado da água, ajustando as práticas de acordo com as necessidades das plantas cultivadas.

A água desempenha um papel fundamental na agricultura, sendo essencial para o crescimento saudável das plantas e para a produtividade das lavouras. No entanto, é importante assegurar que a água utilizada na irrigação seja adequada em termos de qualidade e de quantidade. A presença de impurezas, excesso de sais ou contaminantes pode comprometer o desenvolvimento das plantas (Schossler *et al.*, 2012).

Os efeitos da salinidade no solo impactam o desenvolvimento das plantas, principalmente por meio de alterações nas suas propriedades químicas e físicas. Em relação às propriedades químicas, o aumento das concentrações de sais e de sódio trocável resulta na redução da fertilidade do solo, o que, a longo prazo, pode causar desertificação (D'almeida *et al.*, 2005).

O objetivo da pesquisa foi identificar detalhadamente a existência de *softwares* e de aplicativos móveis de recomendação agrícola relacionados à classificação da qualidade da água e à caracterização do solo. O propósito é fornecer uma visão abrangente do estado atual desses *softwares*, destacando lacunas e oportunidades para o desenvolvimento e a inovação tecnológica.

2 Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como uma prospecção científica e tecnológica, com o objetivo de identificar a anterioridade. A amplitude temporal abrange o período de janeiro de 1974 a março de 2024, justificada pela natureza exploratória do estudo. A metodologia adotada integra métodos qualitativos e quantitativos, baseando-se em pesquisa bibliográfica e documental.

Creswell (2010) ressalta a importância de combinar diferentes tipos de dados para aumentar a confiabilidade e a validade da pesquisa, um princípio aplicado ao utilizar diversas fontes e técnicas na metodologia de busca. A análise qualitativa foi direcionada para a avaliação das funcionalidades dos *softwares* e aplicativos identificados, examinando suas características, enquanto a abordagem quantitativa se concentrou na contagem dos *softwares* encontrados em cada fonte, analisando numericamente a quantidade de itens identificados.

Na primeira etapa, a estratégia de pesquisa foi direcionada pelo questionamento central: *Quais aplicativos móveis contribuem para auxiliar na recomendação agrícola, contendo funcionalidades de classificação da água e caracterização do solo?* Além disso, foram definidas as bases de dados em repositórios nacionais e internacionais que contêm dados sobre patentes e registros de *software*, em pesquisas na internet, artigos científicos em plataformas acadêmicas ou de publicações científicas e *sites* especializados oficiais como a busca em loja virtual de aplicativos Google (Google Play Store) e Apple (Apple App Store) para o sistema operacionais Android e IOS, respectivamente, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Fontes de pesquisa utilizadas na prospecção científica e tecnológica

PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA	FONTE
Bases de dados em repositório nacional sobre registro de <i>softwares</i>	Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)
Bases de dados em repositórios internacionais relacionadas a patentes	Questel Orbit
	EPO/Espacenet
	WIPO/Patentscope
Base de dados em repositórios nacionais e internacionais sobre artigos e trabalhos acadêmicos	Scopus/Elsevier
	SciELO
	IEEE Xplore
Busca em site e loja oficial de aplicativos para sistemas operacionais Android e iOS da Apple	Apple App Store
	Google Play Store
	Google Search (Buscador do Google)

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Na segunda etapa, foram definidas as palavras-chave, conforme mostrado no Quadro 2. A pesquisa abrangeu tanto a língua portuguesa quanto a inglesa em bases de dados nacionais e internacionais. As expressões foram buscadas em sua forma completa e separadamente, utilizando combinações com os conectivos “OR” (ou) e “AND” (e) correspondentes.

O operador “AND” foi empregado para recuperar resultados que contivessem todas as palavras-chave especificadas. Por exemplo, uma busca por “X” AND “Y” retornará resultados que incluam tanto “X” quanto “Y”. Já o operador “OR” foi utilizado para obter resultados que contivessem pelo menos uma das palavras-chave especificadas. Por exemplo, uma busca por “X” OR “Y” trará resultados que contenham a palavra “X”, a palavra “Y” ou ambas. Esses métodos de busca foram empregados para garantir a abrangência e a relevância dos resultados obtidos na pesquisa.

Quadro 2 – Palavras-chave e operadores definidos na estratégia de busca

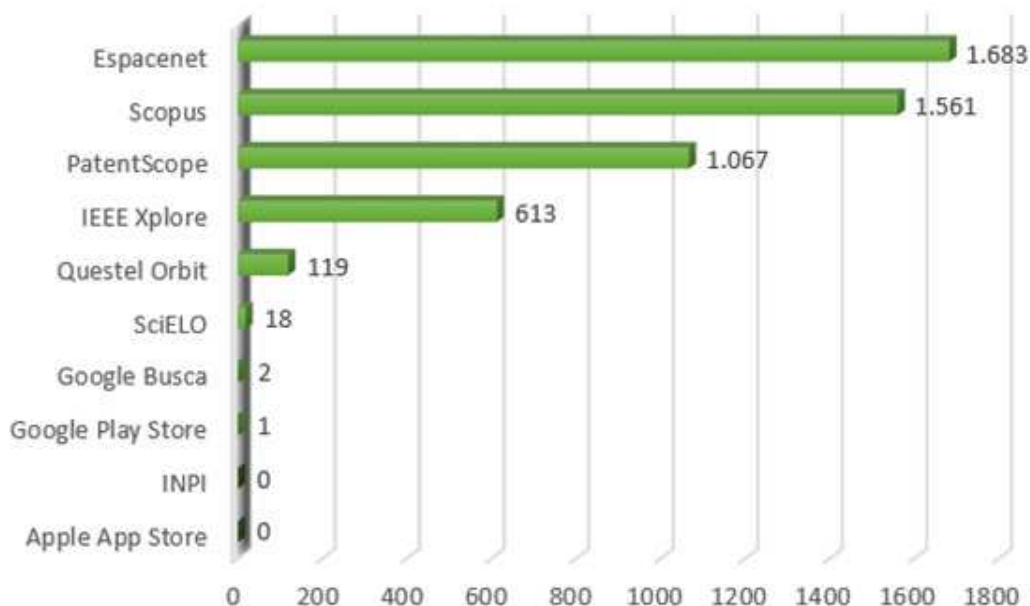
EXPRESSÕES NA ESTRATÉGIA DE BUSCA		
Temática	Aplicativos para auxiliar na recomendação agrícola por meio da classificação da água e das características do solo.	
Campo alvo da busca	Combinação do título do documento (<i>TITLE</i>), o resumo (<i>Abstract</i>) e as palavras-chave (<i>Keywords</i>).	
Operadores aplicados às palavras-chave	AND (Operador booleano de conjunção) e OR (Operador booleano de disjunção).	
Código de refinamento nas buscas por patentes	International Patent Classification" (IPC) ou "Classificação Internacional de Patentes" (CIP): G06Q50/02.	O Código trata de sistemas digitais ou aplicativos móveis para agricultura.
Palavras-chave em português	Expressões específicas	aplicativo AND água AND agricultura AND solo; software AND água AND agricultura AND solo.
Palavras-chave em inglês	Expressões específicas	software AND water AND agriculture AND soil; mobile AND water AND agriculture AND soil; app AND water AND agriculture AND soil.
Palavras-chave em Português e Inglês	Expressão completa	(software OR aplicativo OR mobile OR app) AND (água OR water) AND (agricultura OR agriculture) AND (solo OR soil).

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

3 Resultados e Discussão

Nesta seção, serão detalhadas as estratégias utilizadas na busca e apresentados os resultados obtidos. Conforme ilustrado no Gráfico 1, foram analisadas diversas fontes relacionadas à pesquisa sobre aplicativos que auxiliam na classificação da água e na caracterização do solo.

Gráfico 1 – Quantidade de registros encontrados na busca de anterioridade



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Conforme observado no Gráfico 1, ao utilizar a expressão completa (*software OR aplicativo OR mobile OR app*) AND (*água OR water*) AND (*agricultura OR agriculture*) AND (*solo OR soil*) nas bases de publicações científicas, verificou-se que a SciELO forneceu 11 resultados pertinentes, enquanto o Scopus e o IEEE Xplore contribuíram com 2.514 e 882 resultados, respectivamente, totalizando 3.407 resultados.

É importante ressaltar que, para a soma dos dados obtidos nas bases patentárias, foi considerada a expressão completa, acrescida do IPC G06Q50/02, tendo em vista que a expressão elimina a duplicidade de patentes, proporcionando um somatório mais refinado. Observa-se no Gráfico 1 que as bases de dados de patentes e de registros de *software*, como Questel Orbit, PatentScope e Espacenet, forneceram um total combinado de 3.979 resultados relevantes. Por outro lado, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) não foram encontrados resultados nessa categoria, também utilizando a expressão completa.

Além disso, durante a prospecção por meio do buscador do Google, foram encontrados dois aplicativos com funcionalidades similares para auxiliar na classificação da água e das características do solo. Um desses aplicativos foi localizado tanto na busca quanto na Google Play Store e está registrado no INPI. Também foi encontrado um artigo na plataforma Editora Realize. O outro aplicativo foi encontrado no *site* da International Business Machines (IBM). É importante ressaltar que não foram encontrados aplicativos correspondentes à pesquisa na Apple Store. Os detalhes de todos os resultados serão apresentados a seguir.

Durante a pesquisa prospectiva nas bases de dados de artigos científicos, observou-se que as palavras-chave na base Scopus obtiveram mais resultados em comparação com SciELO e IEEE Xplore. A estratégia de busca utilizou um conjunto de palavras-chave em diferentes combinações com o intuito de abranger tanto o idioma português quanto o inglês, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de pesquisa por termos em bases de dados de artigos científicos

PALAVRAS-CHAVE	SCOPUS	SciELO	IEEE XPLORE
Aplicativo AND água AND agricultura AND solo	0	0	0
<i>Software</i> AND água AND agricultura AND solo	0	1	0
<i>Software</i> AND <i>water</i> AND <i>agriculture</i> AND <i>soil</i>	841	7	236
<i>Mobile</i> AND <i>water</i> AND <i>agriculture</i> AND <i>soil</i>	699	3	422
<i>App</i> AND <i>water</i> AND <i>agriculture</i> AND <i>soil</i>	122	1	240
(<i>software</i> OR <i>aplicativo</i> OR <i>mobile</i> OR <i>app</i>) AND (<i>água</i> OR <i>water</i>) AND (<i>agricultura</i> OR <i>agriculture</i>) AND (<i>solo</i> OR <i>soil</i>)	1.561	18	613

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

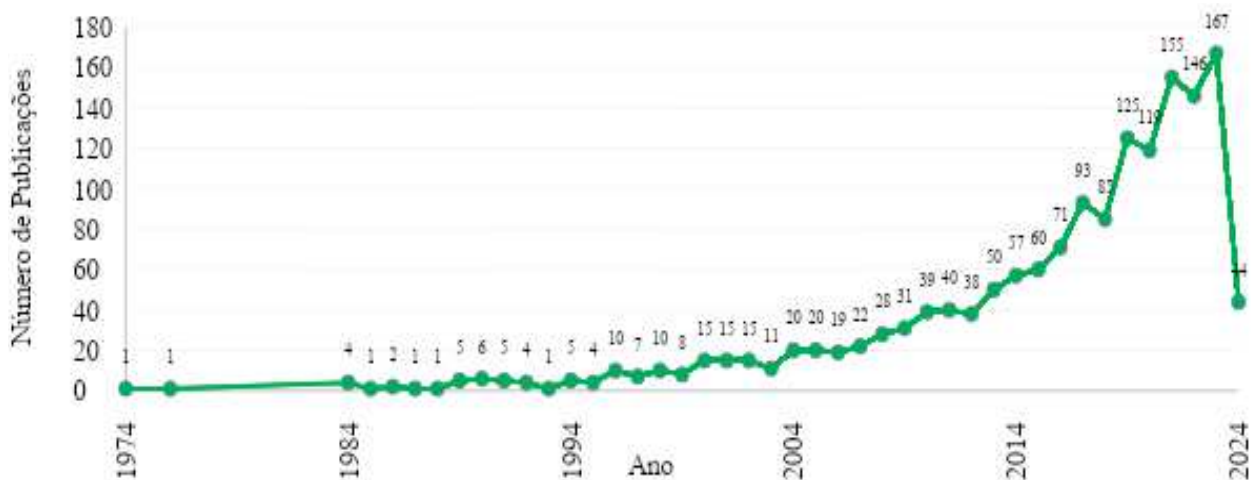
De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, a pesquisa, ao utilizar diferentes conjuntos de palavras-chave nas bases de dados de artigos científicos Scopus, SciELO e IEEE Xplore,

obteve os seguintes resultados: nas três bases de dados, a combinação específica “Aplicativo AND água AND agricultura AND solo” não retornou nenhum resultado. A combinação “Software AND água AND agricultura AND solo” resultou em apenas um artigo encontrado na base SciELO. Utilizando a combinação “Software AND water AND agriculture AND soil”, foram encontrados 841 artigos na base Scopus, sete na base SciELO e 236 na base IEEE Xplore. A pesquisa por “Mobile AND water AND agriculture AND soil” gerou 699 resultados na base Scopus, três na base SciELO e 422 na base IEEE Xplore.

Por fim, a pesquisa usando a expressão “(software OR aplicativo OR mobile OR app) AND (água OR water) AND (agricultura OR agriculture) AND (solo OR soil)” retornou 1.561 artigos na base Scopus, 18 na base SciELO e 613 na base IEEE Xplore. Esses resultados indicam que a combinação de diferentes termos e a utilização de operadores booleanos podem impactar significativamente a quantidade de artigos encontrados em cada base de dados. Além disso, a expressão completa gerou o maior número de resultados na maioria dos casos, evidenciando um filtro eficaz na busca abrangente por artigos relevantes, a fim de eliminar os registros duplicados.

Conforme mostrado no Gráfico 2, a expressão completa citada foi prospectada na base de dados Scopus com o objetivo de realizar uma análise histórica de artigos para auxiliar na recomendação agrícola por meio da classificação da água e das características do solo. Entre as bases de artigos científicos, a base de dados Scopus foi a que obteve o maior número de resultados.

Gráfico 2 – Publicações científicas na plataforma Scopus



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com base em dados gerados pela Scopus (2024)

Após uma análise aprofundada dos dados disponíveis na base de dados Scopus, foi possível identificar um conjunto abrangente de registros de publicações científicas que vão de 1974 até março de 2024. Essa investigação revelou um aumento considerável na produção acadêmica, com um marco notável a partir de 2007, ano em que o número de publicações atingiu 22, superando os números registrados em anos anteriores. Um destaque particular é observado para o ano de 2023, que apresentou um total de 167 publicações, evidenciando um pico na atividade de pesquisa e na publicação científica.

Reforçando a tendência de crescimento, de acordo com o Banco Mundial (2022), esse cenário é impulsionado pelo aumento do financiamento para pesquisas e pela priorização de

estudos em sustentabilidade e alterações climáticas, enfatizando a necessidade de desenvolver soluções tecnológicas não apenas resilientes, mas também capazes de se adaptar e de persistirem diante de um clima global em transformação.

Durante a investigação dos fatores que contribuíram para o crescimento na produção científica, foi identificado também um ambiente propício para inovações com o ingresso de grandes empresas, como Apple e Google, no mercado de aplicativos móveis. Conforme relatado por Lisboa (2021), o Google lançou sua loja de aplicativos em 2007, seguido pelo lançamento da App Store pela Apple em 2008. A validação desse ambiente inovador pode ser evidenciada pelo crescente número de publicações apresentadas no Gráfico 2, no período de 2007 até 2024. Antes de essas grandes empresas entrarem no mercado de tecnologia, não existiam plataformas para publicação de aplicativos.

Diante desse cenário, a tecnologia móvel e os aplicativos podem ter impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento em agricultura inteligente, permitindo a coleta de dados em campo, monitoramento em tempo real e tomada de decisão baseada em dados, o que poderia explicar, em parte, o aumento no número de publicações científicas.

Assim, enquanto a expansão do mercado de aplicativos móveis pode ter desempenhado um papel no estímulo à pesquisa, é provável que o aumento nas publicações também esteja vinculado a uma maior consciência global das questões ambientais, ao avanço da tecnologia de informação e de comunicação aplicada à agricultura e à necessidade de práticas agrícolas sustentáveis diante de desafios como mudanças climáticas e crescimento populacional.

De acordo com o demonstrado na Tabela 2 sobre a prospecção tecnológica nas bases patentárias, a pesquisa teve como objetivo identificar aplicativos móveis que auxiliem na classificação da água e caracterização do solo na agricultura, por meio de análises em bases de patentes nacionais e internacionais, filtrando apenas os aplicativos relacionados a essa temática.

Tabela 2 – Resultados da pesquisa por termos em bases de dados de registros de *softwares*

PALAVRAS-CHAVE	INPI	ESPACENET®	PATENTSCOPE®	QUESTEL ORBIT®
Aplicativo AND água AND agricultura AND solo AND G06Q50/02	0	0	0	0
Software AND água AND agricultura AND solo AND G06Q50/02	0	0	0	0
Software AND water AND agriculture AND soil AND G06Q50/02	0	1.276	956	41
Mobile AND water AND agriculture AND soil AND G06Q50/02	0	1.140	864	79
App AND water AND agriculture AND soil AND G06Q50/02	0	338	419	25
(software OR aplicativo OR mobile OR app) AND (água OR water) AND (agricultura OR agriculture) AND (solo OR soil) AND (G06Q50/02)	0	1.683	1.067	119

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Para esse propósito, o código G06Q50/02 da Classificação Internacional de Patentes (CIP) – código que trata de sistemas digitais ou aplicativos móveis para agricultura – foi aplicado tanto em expressões específicas quanto em expressão completa, como indicado pelos resultados na Tabela 2. A análise dos resultados obtidos nessas buscas revela um panorama desafiador. Observa-se uma notável escassez de registros nacionais no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), contrastando com um cenário mais promissor nas bases internacionais, tal como Espacenet, PatentScope e Orbit.

Como é possível observar na Tabela 2, a utilização da junção de termos, operadores, código CIP e palavras-chave realizada por meio da expressão completa: (*software* OR aplicativo OR *mobile* OR app) AND (água OR *water*) AND (agricultura OR *agriculture*) AND (solo OR *soil*) AND (G06Q50/02) permitiu filtrar dados duplicados, trazendo apenas registros relacionados a aplicativos de recomendação agrícola. Pode-se verificar que expressões específicas individualmente geraram um maior número de resultados de artigos do que o uso da expressão completa. Com isso, tornou-se evidente que a expressão completa foi eficaz, trazendo resultados de busca mais precisos.

A análise dos resultados obtidos das diferentes bases de dados mostra uma disparidade em relação ao registro de patentes. Notavelmente, a base de dados nacional, o INPI, não registrou nenhum resultado, contrastando com os volumes de registros encontrados nas plataformas internacionais. Especificamente, a pesquisa utilizando a expressão “*software* AND *water* AND *agriculture* AND *soil* AND G06Q50/02” revelou 1.276 registros na Espacenet, 956 na PatentScope e 41 na Orbit.

Ao ajustar a busca para incluir os termos “*mobile*” e, posteriormente, “*app*”, observou-se uma redução nos números de registros, sendo 1.140 na Espacenet, 864 na PatentScope, e para “App”, os números foram 338 na Espacenet, 419 na PatentScope e 25 na Orbit. É importante destacar que não foram obtidos resultados para as buscas com as expressões “aplicativo AND água AND agricultura AND solo AND G06Q50/02” e “*software* AND água AND agricultura AND solo AND G06Q50/02” nas bases de dados consultadas.

A ausência de registros na base do INPI mostra a baixa participação do Brasil no desenvolvimento de inovações tecnológicas para a recomendação agrícola, especialmente na classificação da qualidade da água e na caracterização do solo. Essa falta de registros revela uma lacuna, mas também representa uma oportunidade para o país investir em desenvolvimento e em inovação nesse setor.

Embora a busca em bases nacionais tenha se mostrado insatisfatória, a pesquisa internacional destaca um cenário mais otimista, indicando que o campo da Agricultura 4.0 está em plena evolução, conforme apontam os dados apresentados na Tabela 2. Segundo Schwab (2016), a Agricultura 4.0 tem o potencial de revolucionar globalmente o setor agrícola por meio da aplicação de tecnologias digitais avançadas.

Durante pesquisas feitas na internet e nas bases de dados sobre aplicativos de recomendação agrícola de classificação da água e características do solo, foram encontrados dois resultados, sendo esses aplicativos da International Business Machines Corporation (IBM) e da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa). No Quadro 3, pode-se observar o detalhamento desses aplicativos.

Quadro 3 – Comparação entre os aplicativos Qwater da Ufersa e AgroPad da IBM

CARACTERÍSTICA	QWATER DA UFERSA	AGROPAD DA IBM
Finalidade	Aplicativo “QWater” para avaliar a qualidade da água e estimar riscos de desertificação dos solos irrigados.	O AgroPad é um protótipo da IBM de um dispositivo avançado que analisa minúsculas amostras de solo ou água, fornecendo relatórios detalhados.
Fontes	play.google.com/store/apps/details?id=br.com.ufersa.qwater&hl=pt_BR ; editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63216 .	ibm.com/blogs/digital-transformation/br-pt/agropad
Registro	INPI: BR 51 2020 002326 6	INPI: Não
Funcionalidade principal	Avaliar a qualidade da água e estimar riscos de desertificação.	Analisar o solo e a água da lavoura em tempo real com Inteligência Artificial.
Parâmetros analisados	pH, condutividade elétrica, teores de íons e nutrientes.	A definir (protótipo)
Disponibilidade	Disponível para <i>download</i> na Google Play Store.	Em fase de protótipo, não disponível para <i>download</i>
Custo	Gratuito	A definir
Vantagens	Fácil de usar – Gratuito – Auxilia na prevenção da desertificação.	Análises em tempo real – Acessível – Reduz custos – Potencial para aumentar a produtividade.
Desvantagens	Não realiza análises em tempo real – Não disponível para iOS.	Em fase de protótipo, funcionalidades não definidas – Não disponível para <i>download</i> .

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

A Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa) possui um aplicativo denominado QWater, que avalia a qualidade da água e estima os riscos de desertificação dos solos irrigados. As principais funcionalidades do aplicativo são estimar os riscos de salinidade, a toxicidade iônica, os riscos de obstrução de gotejadores na irrigação localizada e problemas com a infiltração de água no solo. Segundo o INPI, a tecnologia foi desenvolvida na linguagem de programação Java, e o número do registro de depósito é BR 51 2020 002326 6. O aplicativo funciona no sistema operacional Android (Medeiros *et al.*, 2019).

A International Business Machines Corporation (IBM) possui um protótipo de aplicativo, porém não foi encontrado nenhum pedido de registro na base de dados do INPI. O aplicativo, denominado AgroPad, é uma tecnologia móvel de análise de solo e da qualidade da água das lavouras. O objetivo da tecnologia apresentada pela International Business Machines Corporation é proporcionar uma forma mais acessível e eficiente para os agricultores analisarem o solo e a qualidade da água de suas lavouras. Por meio de um cartão de papel associado a um aplicativo para dispositivos móveis, os agricultores podem realizar essas análises de forma rápida e precisa sem a necessidade de contratar equipes para coletar amostras e enviá-las para laboratórios (Amaro, 2018).

4 Considerações Finais

Na prospecção realizada, observou-se que apenas dois aplicativos fornecem informações específicas sobre recomendação agrícola, sendo que apenas o QWater da Universidade Federal Rural do Semiárido (Ufersa) possui registro no INPI, enquanto o aplicativo da IBM não está registrado. A pesquisa destacou a escassez de *softwares* voltados para a recomendação agrícola, especialmente para a classificação da qualidade da água e a caracterização do solo, evidenciando a necessidade de avanços tecnológicos nesse setor.

A agricultura moderna, impulsionada pela Agricultura 4.0, demanda soluções inovadoras como aplicativos móveis que podem oferecer informações vitais, especialmente em contextos de pouca assistência técnica, promovendo decisões mais informadas e práticas agrícolas sustentáveis. Assim, o desenvolvimento de novos aplicativos é essencial para o futuro da agricultura global.

5 Perspectivas Futuras

A evolução para a Agricultura 4.0, com sua ênfase em soluções inteligentes e conectadas, aponta para a importância de integrar novas ferramentas digitais que agreguem valor significativo ao trabalho dos produtores agrícolas, impulsionando a inovação no setor. Para futuras investigações, é crucial abordar os desafios encontrados pelos agricultores no uso de aplicativos em suas rotinas, oferecendo diretrizes para sua aplicação eficaz.

Deve-se explorar novas funcionalidades e soluções digitais, visando aprimorar a recomendação agrícola, especialmente como a classificação da qualidade da água e a caracterização do solo. A expansão do conhecimento sobre o impacto dessas tecnologias no campo pode ser alcançada por meio da exploração de novas palavras-chave e bases de dados, enriquecendo o entendimento sobre a interação entre *softwares* e práticas agrícolas.

Adicionalmente, antecipa-se que o futuro da agricultura será marcado pela adoção de tecnologias avançadas como a Inteligência Artificial (IA) e pela integração de variadas fontes de dados, incluindo sensores agrícolas. Essas inovações têm o potencial de fornecer análises mais detalhadas e precisas das condições de cultivo, oferecendo aos agricultores *insights* valiosos para uma tomada de decisão informada. Tais avanços tecnológicos prometem revolucionar a eficiência e produtividade agrícola, alinhando-se com os objetivos da Agricultura 4.0 de criar sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes.

A convergência dessas tecnologias digitais com as práticas agrícolas tradicionais abre caminhos para a otimização dos recursos naturais, a minimização dos impactos ambientais e a maximização da produção agrícola, evidenciando o papel crucial da inovação tecnológica na sustentabilidade e prosperidade futura do setor agrícola.

Referências

- AMARO, R. **AgroPad – O MacGyver das análises**. IBM Blogs: Transformação Digital, 2018. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/digital-transformation/br-pt/agropad%E2%80%8A-%E2%80%8Ao-macgyver-das-analises/#:~:text=O%20sistema%20funciona%20por%20meio,que%20representam%20cada%20componente%20analisado>. Acesso em: 8 ago. 2024.
- APPLE INC. **Apple Store**. 2024. Disponível em: <https://www.apple.com/br/store>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- ASADOLLAHFARDI, Gholamreza. **Water Quality Management: Assessment and Interpretation**. London: Springer, 2015. Disponível em: http://ndl.ethernet.edu/bitstream/123456789/71621/1/2015_Book_WaterQualityManagement.pdf. Acesso em: 11 ago. 2024.
- BANCO MUNDIAL. **What you need to know about food security and climate change**. 2022. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/10/17/what-you-need-to-know-about-food-security-and-climate-change>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- BOLFE, É. L.; JORGE, L. A. de C.; SANCHES, I. D'A. Tendências, desafios e oportunidades da Agricultura Digital no Brasil. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, [s.l.], v. 7, n. 2, 2021. ISSN: 2448-0452.
- BOOTH, A.; PAPAIOANNOU, D.; SUTTON, A. **Systematic Approaches to a Successful Literature Review**. London: Sage Publications, 2016.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- D'ALMEIDA, D. M. B. A. D. *et al.* Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 615-621, 2005.
- ELSEVIER. **Scopus**. 2024. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- ESACENET. **European Patent Office**. 2023. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 22 mar. 2024.
- FINK, A. **Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper**. 4. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2014.
- GOOGLE. **Google Play Store**. 2024a. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- GOOGLE. **Google**. 2024b. Disponível em: <https://www.google.com>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- IEEE. **IEEE Xplore Digital Library**. 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/>. Acesso em: 9 ago. 2024.
- INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Portal INPI**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/>. Acesso em: 21 mar. 2024.
- LISBOA, Alveni. **Você sabe qual foi a primeira loja de aplicativos da história?** Canaltech, editado por Douglas Ciriaco, 12 jun. 2021. Disponível em: <https://canaltech.com.br/apps/primeira-loja-de-aplicativos-da-historia-186185/>. Acesso em: 11 ago. 2024.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* **A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente.** [S.l.]: Embrapa, 2021.

MEDEIROS, Arlan *et al.* Aplicativo “QWater” para avaliar a qualidade da água e estimar riscos de desertificação dos solos irrigados. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MÁQUINAS E MOTORES ELÉTRICOS*, 13., 2019, Natal, p. 1-12. **Anais** [...]. Natal: UFRN, 2019.

ORBIT INTELLIGENCE. **Questel Orbit:** Intellectual Property Intelligence. 2024. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 21 mar. 2024.

PATENTSCOPE (WIPO). **Search.** 2024. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.js/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SCHOSSLER, T. R. *et al.* Salinidade: Efeitos na Fisiologia e na Nutrição Mineral de Plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1.563-1.578, 2012.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SALDAÑA, J. **The Coding Manual for Qualitative Researchers.** 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2016.

SCIELO. **Scientific Electronic Library Online.** 2024. Disponível em: <https://www.scielo.org>. Acesso em: 21 mar. 2024.

SHAHIDIAN, S.; GUIMARÃES, R. C.; RODRIGUES, C. M. **Hidrologia Agrícola.** 2. ed. Évora: Universidade de Évora, ICAAM, 2017. ISBN: 978-989-8550-40-8.

Sobre os Autores

Edemir de Carvalho Rodrigues

E-mail: edemir.carvalho@discente.univasf.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5409-3623>

Especialista em Engenharia de *Software* pela Faculdade Venda Nova do Imigrante em 2023.

Endereço profissional: Prefeitura Municipal de Juazeiro, Rua 15 de Julho, n. 32, Centro, Juazeiro, BA. CEP: 48903-495.

Paula Tereza de Souza e Silva

E-mail: paula.silva@embrapa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2277-8361>

Doutora com dupla titulação “cotutela” entre o Departamento de química fundamental da UFPE e Institut National Polytechnique de Lorraine França (2007). Pós-doutora pelo Institut National Polytechnique de Lorraine França em 2008.

Endereço profissional: Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, s/n, Zona Rural, Petrolina, PE. CEP: 56302-970.