

# **PROTÓTIPO DE APLICAÇÃO WEB PARA ANÁLISE DO MANEJO DE ADUBAÇÃO EM PLANTAS DE LAVOURA SUBMETIDAS AO SISTEMA AGROBIOLÓGICO**

## **1 INTRODUÇÃO**

O aumento da demanda global por alimentos impulsionou a adoção de novas tecnologias agrícolas capazes de maximizar a produtividade e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais (ARTUZO et al., 2016).

Nesse cenário, a Agricultura de Precisão (AP) surge como uma estratégia que possibilita a tomada de decisões mais assertivas a partir da análise de dados temporais e espaciais, visando mitigar a variabilidade das lavouras e otimizar a aplicação de insumos (DE OLIVEIRA, 2016; BRASIL, 2013).

Estudos apontam que fatores como clima, cultura antecessora e disponibilidade de nutrientes no solo afetam diretamente a qualidade e o rendimento da produção agrícola (Vitousek et al., 2009; SAHU, 2019).

Para enfrentar tais desafios, a integração de ferramentas digitais, geoestatística e modelagem computacional tem sido amplamente explorada, possibilitando interpretações mais precisas e recomendações de manejo adequadas (EMBRAPA, 2014; LANDIM, 2002).

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo web para auxiliar na interpretação de análises de solo, com uma interface Web para a interação com o usuário. A interface da ferramenta fornece recursos para acompanhar o processo de gerenciamento da propriedade e seus cultivos.

Assim, tendo como objetivo desenvolver um protótipo web para interpretar resultados de análises químicas e orgânicas de solo associando a tabelas interpretativas para sugerir doses corretivas de bioinsumos.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A agricultura de precisão (AP) tem se consolidado como um dos principais avanços tecnológicos no setor agrícola, permitindo maior eficiência no uso de recursos e melhoria da qualidade produtiva por meio do monitoramento e manejo localizado (PIRES et al., 2004). O uso de geoestatística e técnicas como a krigagem tem possibilitado a interpolação de dados de solo e a identificação de áreas críticas de manejo, reduzindo incertezas no processo produtivo (LANDIM, 2002; VIEIRA, 2000).

Nesse contexto, a análise de bioindicadores do solo torna-se uma ferramenta estratégica, já que microrganismos e enzimas estão diretamente ligados à ciclagem de nutrientes e à sustentabilidade do sistema agrícola (MENDES, 2020). Tecnologias como a BioAS, desenvolvida pela Embrapa, reforçam essa importância ao integrar variáveis biológicas e químicas em índices de qualidade do solo (EMBRAPA, 2020).

Além disso, a correta recomendação de calagem e adubação, baseada em manuais técnicos e tabelas regionais, é essencial para equilibrar nutrientes, evitar a degradação do solo e promover maior produtividade (CQFS-RS/SC, 2016). Para viabilizar tais práticas de forma acessível, a integração com tecnologias digitais como aplicações web, bancos de dados relacionais e interfaces responsivas, amplia as possibilidades de gestão eficiente e sustentável, unindo os conhecimentos da agronomia à ciência da computação.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa foi conduzida como um estudo aplicado de caráter quantitativo e explicativo, fundamentado em uma ampla revisão bibliográfica sobre agricultura de precisão, bioindicadores do solo, geostatística e tecnologias de desenvolvimento web. Foram analisados trabalhos acadêmicos, manuais técnicos e diretrizes de adubação e calagem, especialmente o Manual de Calagem e Adubação para os Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), que orientou a parametrização das recomendações de fertilização no protótipo.

A etapa experimental consistiu no acompanhamento de cultivos de milho e soja, com coleta e análise de indicadores químicos e biológicos do solo, correlacionados com tabelas interpretativas (PRIEBE et al., 2018; SEGATTO, 2020). Posteriormente, foi realizada a modelagem computacional do sistema, utilizando princípios da Engenharia de Software e da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para definição de diagramas de caso de uso, classes e atividades (SOMMERVILLE, 2019).

O desenvolvimento técnico foi estruturado em duas camadas:

- Back-End, implementado em Python com o framework Django, utilizando banco de dados PostgreSQL e recursos de Object Relational Mapper (ORM) para o gerenciamento dos dados.
- Front-End, desenvolvido em React, garantindo responsividade e adaptação a diferentes dispositivos (LOUDON, 2010).

Dessa forma, a metodologia contemplou desde a coleta e interpretação de dados do solo até a implementação computacional do protótipo, visando fornecer uma ferramenta acessível e eficiente para produtores e técnicos.

## 4 RESULTADOS

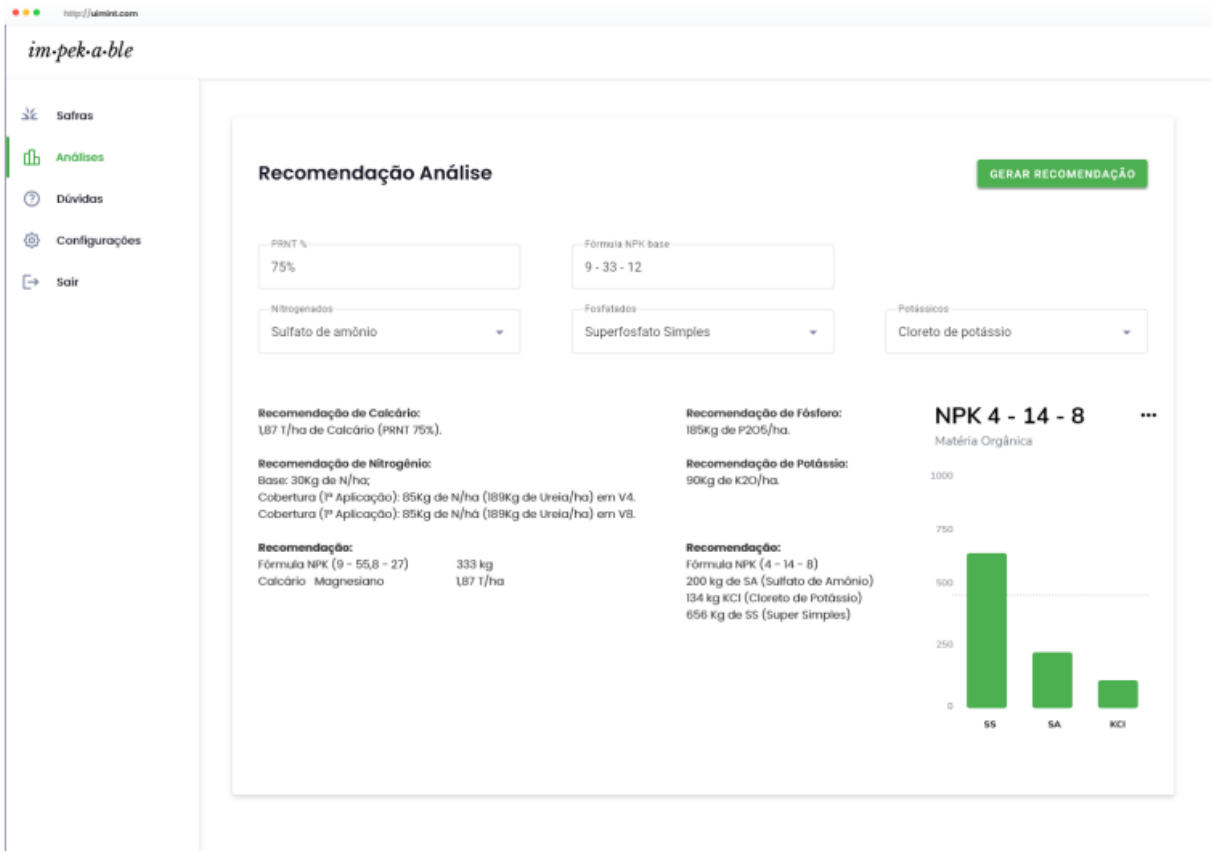
O protótipo desenvolvido apresentou telas funcionais para cadastro de usuários, propriedades e safras, além do registro de pontos amostrais e resultados laboratoriais. A aplicação permitiu a interpretação automática dos indicadores químicos e biológicos do solo, exibindo relatórios com diagnósticos nutricionais e recomendações de correção.

Entre as funcionalidades destacam-se:

- Classificação de nutrientes como fósforo, potássio, nitrogênio e argila, com base em tabelas regionais;
- Geração automática de recomendações de calagem e adubação, considerando diferentes cenários de manejo;
- Histórico de cultivos, possibilitando ao produtor acompanhar a evolução do solo ao longo do tempo;
- Interface responsiva, permitindo acesso tanto por computadores quanto por dispositivos móveis.

A Figura 1 representa a tela de recomendações para correção do solo após avaliar os valores cadastrados de uma análise.

**Figura 1** - Tela de recomendações para correção do solo



Fonte: autores.

A Figura 2 mostra como é apresentada a interpretação e feito a sugestão da dose corretiva do solo.

**Figura 2** - Tela de recomendação



Fonte: autores.

A integração entre os módulos de Back-End e Front-End garantiu agilidade na inserção e interpretação de dados. Testes preliminares com dados simulados demonstraram que a aplicação é capaz de reduzir erros de interpretação, agilizar a recomendação de insumos e promover maior eficiência no uso de fertilizantes.

## 5 DISCUSSÕES

Os resultados obtidos demonstram que o uso de sistemas digitais aplicados à agricultura, como o protótipo proposto, pode contribuir significativamente para o manejo sustentável e eficiente do solo. O emprego de ferramentas de Agricultura de Precisão já é reconhecido como fundamental para reduzir custos e melhorar a qualidade da produção (PIRES et al., 2004; SAHU, 2019). Além disso, a adoção de bioindicadores e análises biológicas complementares, como as sugeridas pela metodologia BioAS da Embrapa, amplia a compreensão da saúde do solo e sua resiliência (MENDES, 2020; EMBRAPA, 2020).

Outro ponto relevante é a utilização da geoestatística e de métodos como a krigagem, que permitem extrapolar informações para áreas não amostradas, aumentando a confiabilidade das recomendações (LANDIM, 2002; VIEIRA, 2000). Quando associadas a plataformas computacionais, essas técnicas possibilitam ao produtor otimizar recursos e diminuir impactos ambientais, conforme ressaltado por Gomes et al. (2008) e Brito et al. (2019), ao discutir o uso racional de fertilizantes e alternativas como a rochagem.

O desenvolvimento do protótipo também evidencia a importância de integrar conceitos de ciência da computação à agronomia, uma vez que linguagens e frameworks como Django e React proporcionam escalabilidade e acessibilidade à solução (SOMMERVILLE, 2019; LOUDON, 2010). Assim, a discussão aponta para a relevância da interdisciplinaridade como elemento central para avanços em tecnologias agrícolas digitais.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho possibilitou o desenvolvimento de um protótipo de aplicação web inovador para interpretação de análises de solo e recomendação de adubação em sistemas agrícolas. Os resultados demonstraram que a integração entre indicadores químicos, biológicos e ferramentas computacionais contribui para decisões mais precisas, redução de custos e sustentabilidade no manejo do solo.

Conclui-se que a proposta atendeu aos objetivos estabelecidos, oferecendo um sistema funcional e adaptável, com potencial para auxiliar agricultores e técnicos em diferentes contextos produtivos. Trabalhos futuros poderão incluir módulos de interpolação estatística, relatórios avançados e integração com sensores de campo, ampliando ainda mais a aplicabilidade da ferramenta.

## REFERÊNCIAS

ARTUZO, F. D.; SOARES, C.; WEISS, C. R. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **ESPACIOS**, v.38, n.2, p. 6-17, 2016.

BRASIL. Agricultura de precisão. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília**, p. 36, ed. 3, 2013.

BRITO, R. S. et al. Rochagem Na Agricultura: Importância E Vantagens Para Adubação Suplementar. **AJEBTT**, Rio Branco, UFAC v.6, n.1, p. 528-540, 2019.

CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p.

DE OLIVEIRA, R. P. Apoio à Decisão na Adoção da Agricultura de Precisão: A Tecnologia da Informação em Apoio ao Conhecimento Agrônomo. **RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 89-109, jan./jun. 2016. ISSN: 2448-0452

**EMBRAPA, BioAS – Tecnologia de Bioanálise de Solo como a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola.** 2020.

EMBRAPA. Geotecnologias e Geoinformação: O produtor pergunta, a Embrapa responde. **EMBRAPA**, Brasília, DF, p.254 2014.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bioquímicos, fertilizantes e corretivos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento ISSN 1516-4691 Novembro, 2008.

LANDIM, P.M.B, STURARO, J.R. Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. **Geomatemática**, Texto Didático 6, DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, 2002.

LOUDON, K. Desenvolvimento de grandes aplicações Web. **Novatec Editora**, Sebastopol, Calif O'Reilly, 2010.

MENDES, I. C. et al. Rotação de culturas, bioindicadores e saúde do solo. **Silva, PA, Oliveira, LC, Org**, p. 102-110, 2020.

PIRES, J. L.F. Discutindo Agricultura De Precisão – Aspectos Gerais. **Embrapa**, Passo Fundo, v. 42, p. 21, dez. 2004.

PRIEBE, H. A. et al. Modelagem para recomendação de calagem e adubação para as principais regiões produtoras de grãos do Brasil na linguagem SQL. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.40, p. 131-139, 2018.SAHU, D. Precision agriculture technologies. 2019.

SEGATTO, Thalia Aparecida et al. Caracterização de atributos de qualidade do solo e recomendação de calagem e adubação para sistemas de cultivo com inclusão de soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 225-231, 2020.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. ed 10. Editora Pearson, 2019.

VIEIRA, S. R. Geoestatística Aplicada à Agricultura De Precisão. **Agricultura de Precisão**, Viçosa, p. 94-108, jun. 2000.

VITOUSEK, P. M. et al. Nutrient Imbalances in Agricultural Development. **SCIENCE**, v. 324, p. 1519-1520, jun. 2009.