

MÓDULO ADICIONAL DO PROTÓTIPO DE APLICAÇÃO WEB PARA ANÁLISE DO MANEJO DE ADUBAÇÃO EM PLANTAS DE LAVOURA COM BASE NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICAS DO SOLO

ADDITIONAL MODULE FOR A WEB APPLICATION PROTOTYPE FOR FERTILIZATION MANAGEMENT ANALYSIS IN CROPS BASED ON PHYSICAL AND BIOLOGICAL SOIL PROPERTIES

MÓDULO ADICIONAL DEL PROTOTIPO DE APLICACIÓN WEB PARA EL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE FERTILIZACIÓN EN CULTIVOS BASADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

Iuri Leonardo Bruski¹, Lucas Antunes da Rocha Volfe², Sandro Silva de Oliveira³, Cristiano Reschke Lajús⁴, Éttore Guilherme Poletto Die⁵, Érika Almeida Santa Catharina⁶, Aline Vanessa Sauer⁷, Ruan Carlos da Silveira Marchi⁸, Fábio José Busnello⁹

DOI: 10.54899/dcs.v23i93.6360

Recibido: 28/07/2026 | Aceptado: 30/07/2026 | Publicación en línea: 12/08/2026.

RESUMO

Esse trabalho dá continuidade ao trabalho que desenvolveu um sistema web para gerência de adubação na agricultura, desenvolvendo um novo módulo para o protótipo de sistema web que interpreta os resultados de análises do solo quantificando a qualidade do solo e classificando sua textura permitindo assim que o agricultor possa identificar pontos de correção na qualidade e quantidade dos nutrientes do solo analisado. O módulo contém novas telas que permite o cadastro de informações relacionadas a análise do solo assim como adiciona novas informações a tela já existe de recomendação de fertilizantes. A metodologia empregada foi desenvolvida com base

¹Graduado em Sistemas da Informação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: iuri.bruski@unochapeco.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0073-1418>

²Graduado em Ciência da Computação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: lucas.volfe@unochapeco.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-6117-0563>

³Doutor em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: silva@unochapeco.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9638-5149>

⁴Doutor em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: clajus@unochapeco.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3847-9793>

⁵Graduando em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: ettorepoletto77@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-7107-7537>

⁶Graduanda em Ciência da Computação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: erika.catharina@unochapeco.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-3779-1460>

⁷Doutora em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Jacarezinho, Paraná, Brasil.

E-mail: Aline.sauer@uenp.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3164-9710>

⁸Doutor em Agronomia, Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Jacarezinho, Paraná, Brasil.

E-mail: ruan.marchi@uenp.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5009-7643>

⁹Doutor em Agronomia, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Chapecó, Santa Catarina, Brasil. E-mail: fbusnello@yahoo.com.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6849-0080>

em pesquisas bibliográficas sobre a qualidade do solo bem como pesquisas das ferramentas utilizadas no desenvolvimento do módulo. As tecnologias utilizadas no desenvolvimento incluem ferramentas de engenharia de software, linguagens de programação Python e Javascript e seus respectivos gerenciadores de pacotes pip e Node.js e os frameworks de desenvolvimento Django para o Back-End e React para o Front-End. Também foram empregadas tecnologias relacionadas a componentização do Front-End como React Hook Form e Material-UI o que permite que fossem utilizados conceitos de responsividade.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Qualidade do Solo. Tecnologia Web. Python. Frameworks Web.

ABSTRACT

This paper continues the work that developed a web system to manage fertilizing into agriculture, by developing a new module to the web app prototype that reads results from a soil analysis report to quantify the actual soil quality and classify its texture allowing the rural producers to find lack of nutrients at the analyzed soil and correct them. The module has new screens that allow the input of information related to the soil analysis just as add new information output on the recommendation report screen for fertilizers. The methodology applied was developed by paper research about soil quality studies and also about the tools used to develop the module. The development tools used include software engineering tools, the Python and Javascript programming languages and their respective package managers pip and Node.js and the frameworks Django used for the Back-End project and React used for the Front-End project. There were also other development tools, or technologies, relating to component creation at the Front-End project which were React Hook Form and Material-UI which allowed the concepts of responsibility to be applied to the project.

Keywords: Precision Agriculture. Soil Quality. Web Technology. Python. Web Frameworks.

RESUMEN

Este trabajo da continuidad al trabajo que desarrolló un sistema web para la gestión de fertilización en la agricultura, desarrollando un nuevo módulo para el prototipo de sistema web que interpreta los resultados de los análisis de suelo, cuantificando la calidad del suelo y clasificando su textura, permitiendo así que el agricultor pueda identificar puntos de corrección en la calidad y cantidad de los nutrientes del suelo analizado. El módulo contiene nuevas pantallas que permiten el registro de información relacionada con el análisis del suelo, así como añade nueva información a la pantalla ya existente de recomendación de fertilizantes. La metodología empleada se desarrolló con base en investigaciones bibliográficas sobre la calidad del suelo, así como en investigaciones de las herramientas utilizadas en el desarrollo del módulo. Las tecnologías utilizadas en el desarrollo incluyen herramientas de ingeniería de software, lenguajes de programación Python y Javascript y sus respectivos gestores de paquetes pip y Node.js, y los frameworks de desarrollo Django para el Back-End y React para el Front-End. También se emplearon tecnologías relacionadas con la componentización del Front-End como React Hook Form y Material-UI, lo que permitió que se utilizaran conceptos de responsividad.

Palabras clave: Agricultura de Precisión. Calidad del Suelo. Tecnología Web. Python. Frameworks Web.



INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão (AP) é um sistema de gerenciamento agrícola que visa otimizar a produção de forma sustentável e protegendo o ambiente utilizando de técnicas geoespaciais e tem como objetivo utilizar estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras. A tecnologia determinante para AP foi o surgimento do GPS em conjunto com equipamentos relacionados ao cultivo e colheita (Brasil, 2017).

A busca pelo aumento na produtividade com o uso de AP gera novas estratégias mais elaboradas que normalmente acabam por gerar mapas de produtividade que não são apenas relacionados à quantidade de produto gerada pela safra, podem ser também relacionados a qualidade do produto e ao uso e fertilidade do solo (Brasil, 2017).

As tecnologias são as bases de implementação para a AP e a mais importante delas são computadores e sistemas de informação, estes que são capazes de facilitar o manejo de dados de produção agrícola e elaborar gráficos e mapas para a compreensão dos resultados. Atividades como o mapeamento de colheita, levantamento de dados de culturas e amostragem sistematizada de solos fornecem dados que por meio destas tecnologias podem ser facilmente coletados e interpretados e por isso pode-se esperar que os computadores definem o crescimento geral da AP e de suas tecnologias emergentes (Coelho, 2005).

O presente estudo objetiva dar continuidade à arquitetura de um sistema web direcionado à gestão da fertilização no campo, através da implementação de um novo módulo projetado para a leitura de laudos laboratoriais de terra. Por meio da integração de atributos químicos, biológicos e físicos, a ferramenta quantifica a sanidade do solo e define sua classificação textural, fornecendo ao produtor uma perspectiva aprofundada para o diagnóstico de deficiências nutricionais. Sob essa ótica, visa-se potencializar o gerenciamento produtivo aliado a práticas sustentáveis.

REFERENCIAL TEÓRICO

Agricultura de Precisão

A AP (Agricultura de precisão) tem várias definições e abordagens, começando do forte vínculo ao georreferenciamento de dados nas lavouras com o uso de GPS, o que gera muita confusão sobre sua definição, e chegando até a visão geral e gestão das lavouras. O termo “agricultura de precisão” é oriundo do fato de que as lavouras geralmente não são uniformizadas e nem mantêm suas características com o passar do tempo, o que gerou a necessidade de bolar novas estratégias para lidar com os problemas gerados a partir dessas diferenças. (Molin *et al.*, 2015).

A Agricultura de Precisão (AP) consolida-se como um sistema de gerenciamento agrícola focado na otimização sustentável da produção e na mitigação dos impactos ambientais, utilizando técnicas geoespaciais e sistemas de navegação, como o GPS, para monitorar a variabilidade espacial e temporal das lavouras (Molin *et al.*, 2015; Brasil, 2017). O uso estratégico de computadores e sistemas de informação viabiliza o mapeamento de colheitas e a amostragem sistematizada de solos, ferramentas que permitem a tomada de decisão baseada em dados precisos. Dentre as primeiras aplicações tecnológicas na área, destacam-se os mapas de produtividade, fundamentais para identificar variações de rendimento dentro dos talões e direcionar intervenções corretivas (Molin *et al.*, 2015).

GPS e a AP

A evolução dos métodos de navegação que aconteceu de forma extraordinária no século XX trouxe com siglo uma das maiores revoluções nesses sistemas, o GPS. A popularização desse sistema até hoje permite que os dispositivos sejam vendidos a preços acessíveis, o que permite o desenvolvimento de novas aplicações a tecnologia e aprimora a qualidade e precisão dos equipamentos relacionados a esse tipo de tecnologia. (Junior, 2002).

Os GPS fazem parte de uma família de sistemas de navegação chamada Sistemas de Navegação Global por Satélite, ou GNSS. Os sistemas GNSS, em geral, são estruturalmente divididos nos segmentos: espacial, de controle e dos usuários e que funcionam com base na transmissão e recepção de ondas de radiofrequência entre os satélites da constelação. (Molin *et*

al., 2015).

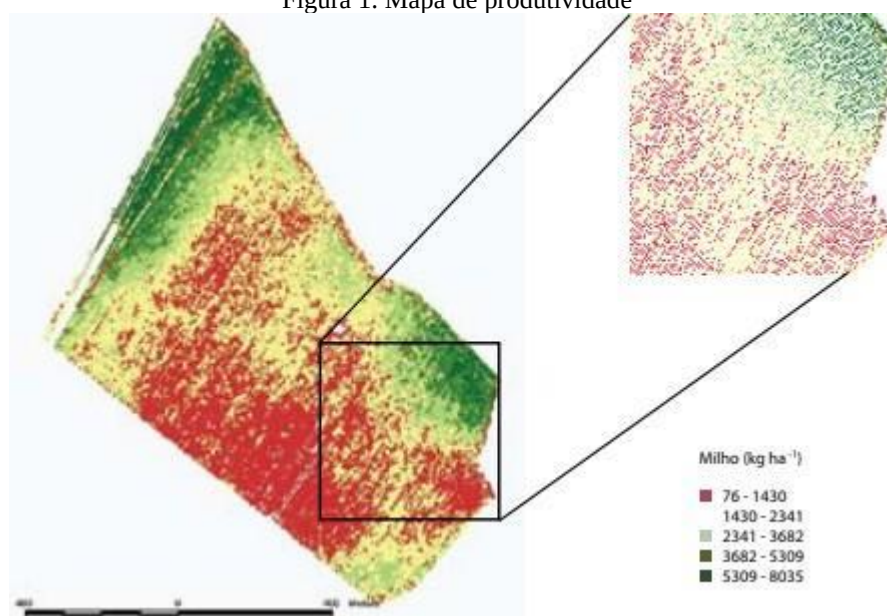
O maior impulso que a AP recebeu tecnologicamente foi o GPS, por meio de inúmeros sistemas pelo mundo, todos GNSS, utilizando de estações temporariamente estacionárias equipadas com rádio transmissor que serviam para mapear as lavouras, também chamados de “barras de luz” (Brasil, 2017).

Mapas de Produtividade

Uma das primeiras empreitadas da tecnologia da informação em conjunto com a AP foram os mapas de produtividade. A partir da identificação da variabilidade espacial existente na lavoura é possível mapear a área de plantio presente na propriedade e definir com base nos resultados da colheita áreas onde a variabilidade espacial está afetando a produtividade da lavoura. (Molin *et al.*, 2015).

O mapa de produtividade é a informação mais completa da lavoura, ele é utilizado para identificar “manchas” de produção nos talões das propriedades rurais. O mapa é composto por um conjunto de pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura, geralmente são utilizados sensores no plantio e na colheita para recolher as informações necessárias a fim de gerar o mapa de produtividade. Depois da coleta, os dados sempre apresentam limitações e erros, portanto, é necessário um tratamento preliminar antes de transformar esses dados no mapa. Como exemplo, a Figura 1 mostra um mapa de produtividade e na legenda a produção da cultura exemplificada pelas cores no mapa . (Brasil, 2009).

Figura 1. Mapa de produtividade



Fonte: Brasil, 2009. pg 15

Qualidade do Solo

O interesse na avaliação dos aspectos da saúde do solo é algo necessário para agricultores tomadores de decisão no meio rural. À medida que a vulnerabilidade do solo aumenta com o intenso cultivo causado por sistemas de plantio de grande escala surgem novos manejos e estratégias para favorecer a saúde do solo por meio de novos sistemas de plantio direto (SPD), rotação de culturas, etc. Esse é o caminho para obter um solo biologicamente ativo e produtivo. Ao implementar a rotação de culturas, promovendo a agrobiodiversidade, obtém-se um aumento na resiliência dos sistemas agrícolas por meio do aumento da biodiversidade microbiana do solo. (Mendes *et al.*, 2020).

Estima-se que em um único grama de solo há cerca de 1 bilhão de bactérias, 1 milhão de actinomicetos e 100 mil fungos. No solo é onde reside a maior biodiversidade do planeta, esses micro-organismos atuam nos processos de formação da matéria orgânica do solo (MOS) o que contribui com o desenvolvimento das plantas e com a remediação de áreas contaminadas por poluentes. (Mendes, *et al.*, 2019).

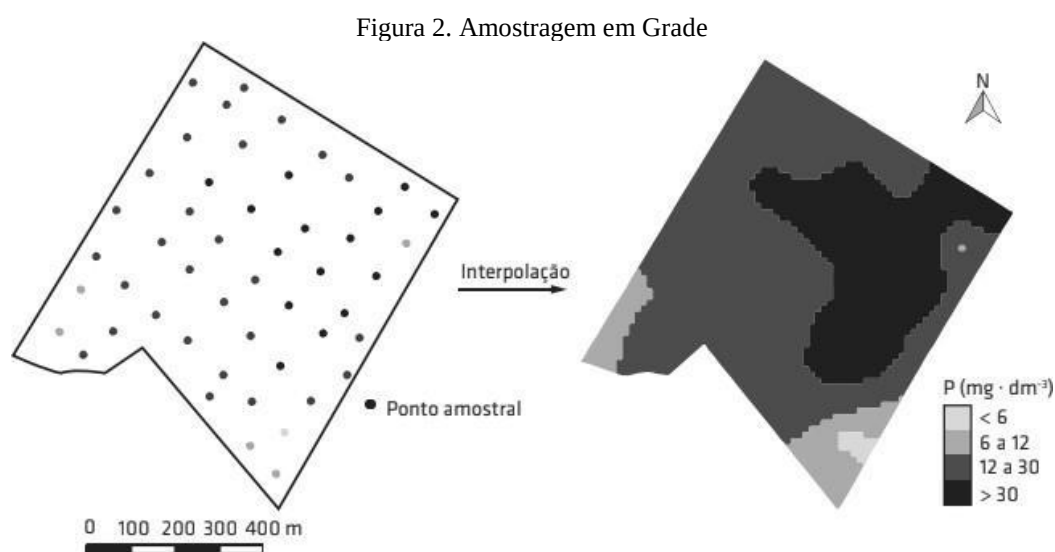
Saúde do Solo

A saúde do solo engloba aspectos ambientais como a qualidade do ar e da água, a saúde

das pessoas e dos animais e o funcionamento global dos ecossistemas. Os aspectos físicos, químicos e biológicos são os grandes responsáveis pela produtividade do solo, e a maquinaria biológica é a engrenagem que move as demais, constituída por cerca de 70% de microrganismos que se relacionam aos componentes físicos e químicos influenciando a produtividade e sustentabilidade das culturas cultivadas no solo. (Mendes, *et al.*, 2019).

Amostragem do Solo

A amostragem tem por objetivo representar uma população com base na avaliação de apenas uma porção dela, no caso da AP a amostragem de solo representa o estado do solo em um talhão baseando-se em alguns pontos do solo contido nesse talhão. A partir da amostragem obtêm-se dados de avaliação sobre os fatores que determinam o estado e qualidade atual do solo. (Molin *et al.*, 2015).



Fonte: Molin *et al.*, 2015. pg 73

Por meio da coleta de amostras é possível gerar um mapa individual da fertilidade do solo, determinando com maior precisão as necessidades do solo. (Brasil, 2009).

O tipo mais comum de amostragem de solo é a amostragem em grade. O talhão é dividido em uma grade determinando vários pontos de coleta paralelos, que geralmente é georreferenciado por meio do uso de GPS e ou GNSS como navegadores e de equipamentos sofisticados para a coleta da amostra, que podem ser de uso manual, parcialmente automatizados e totalmente automatizados. (Molin *et al.*, 2015).

Indicadores Biológicos da Qualidade do Solo

As propriedades biológicas do solo compõem a maioria dos indicadores de qualidade do solo. A atividade microbiana está diretamente relacionada à degradação da matéria orgânica no solo e da ciclagem de nutrientes, assim como em todos os ecossistemas. Entre os indicadores comumente utilizados, destacam-se o carbono da biomassa (CMB), a evolução do CO₂ e a atividade de enzimas no solo. (Santos, 2013).

A biomassa microbiana do solo avalia a massa de microorganismos no solo, que é a parte viva do solo, constituída principalmente por fungos, bactérias e actinomicetos e é responsável pelo metabolismo do solo. Há a importância em medir a atividade microbiana do solo pois determinar apenas a biomassa microbiana não nos informa sobre a atividade desses microrganismos, o que pode resultar em solo com grande massa microbiana mas em sua maioria inativa. (Mendes, *et al.*, 2019).

O CBM pode ser utilizado como indicador da massa viva total presente no solo, mas não indica os níveis de atividade das populações microbianas; nesse caso usa-se a Respiração Basal do solo para definir o CO₂ liberado por esses microorganismos e assim determinar com precisão os níveis de atividade viva nas populações microbianas do solo. (Mendes, W., 2017).

A taxa de respiração basal do solo reflete diretamente a atividade dos microorganismos presentes no solo. A atividade metabólica é um indicador que pode ser afetado por inúmeros fatores, como a disponibilidade de nutrientes no solo, umidade e temperatura. O processo de transformação acionado pela biomassa microbiana se dá por meio das enzimas envolvidas nos processos de ciclagem dos nutrientes. (Santos, 2013)

No solo as enzimas são responsáveis por todas as reações metabólicas ocorridas nas populações de microrganismos e também desempenham um papel fundamental decompondo vários resíduos orgânicos fomentando a ciclagem de nutrientes. (Mendes, *et al.*, 2019)

Entre as enzimas presentes no solo se destacam: β -glucosidase que atua na etapa final do processo de decomposição da celulose; arilsulfatase que atua no ciclo de decomposição do enxofre, liberando íons de sulfato no solo; fosfatases que atuam na mineralização e ciclagem do fósforo.

Indicadores Físicos da Qualidade do Solo

A qualidade física do solo é um importante elemento para a AP, suas propriedades fazem parte dos processos do solo que dão suporte ao crescimento das plantas como suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e estabilidade das raízes. Algumas das principais propriedades físicas utilizadas como indicadores são a textura, espessura, densidade e condutividade hidráulica. (Araújo *et al.*, 2012)

A Textura é uma propriedade estável do solo, entretanto tem pouca relação com outras características como retenção e transporte de água e nutrientes além de influenciar nos processo erosivos. A espessura, sendo uma das principais características, pois em sua faixa que ficam a maior quantidade de atividade da massa microbiana, ou seja, onde mais acontece a ciclagem de nutrientes. (Araújo *et al.*, 2012).

Ferramentas Tecnológicas

O mundo moderno, ou mundo digital, é fundamentado em software. A grande maioria dos dispositivos eletrônicos incluem um computador e um software para o controle. Os sistemas de software não são limitados pelos aspectos físicos do mundo, não são tangíveis, portanto não têm limites naturais. Existem vários tipos de sistemas de software, e todos eles inferem na utilização de ferramentas e tecnologias, incluindo outros softwares, para chegar a uma maior complexidade e assim atingir objetivos ainda maiores. (Sommerville, 2019).

Linguagem UML

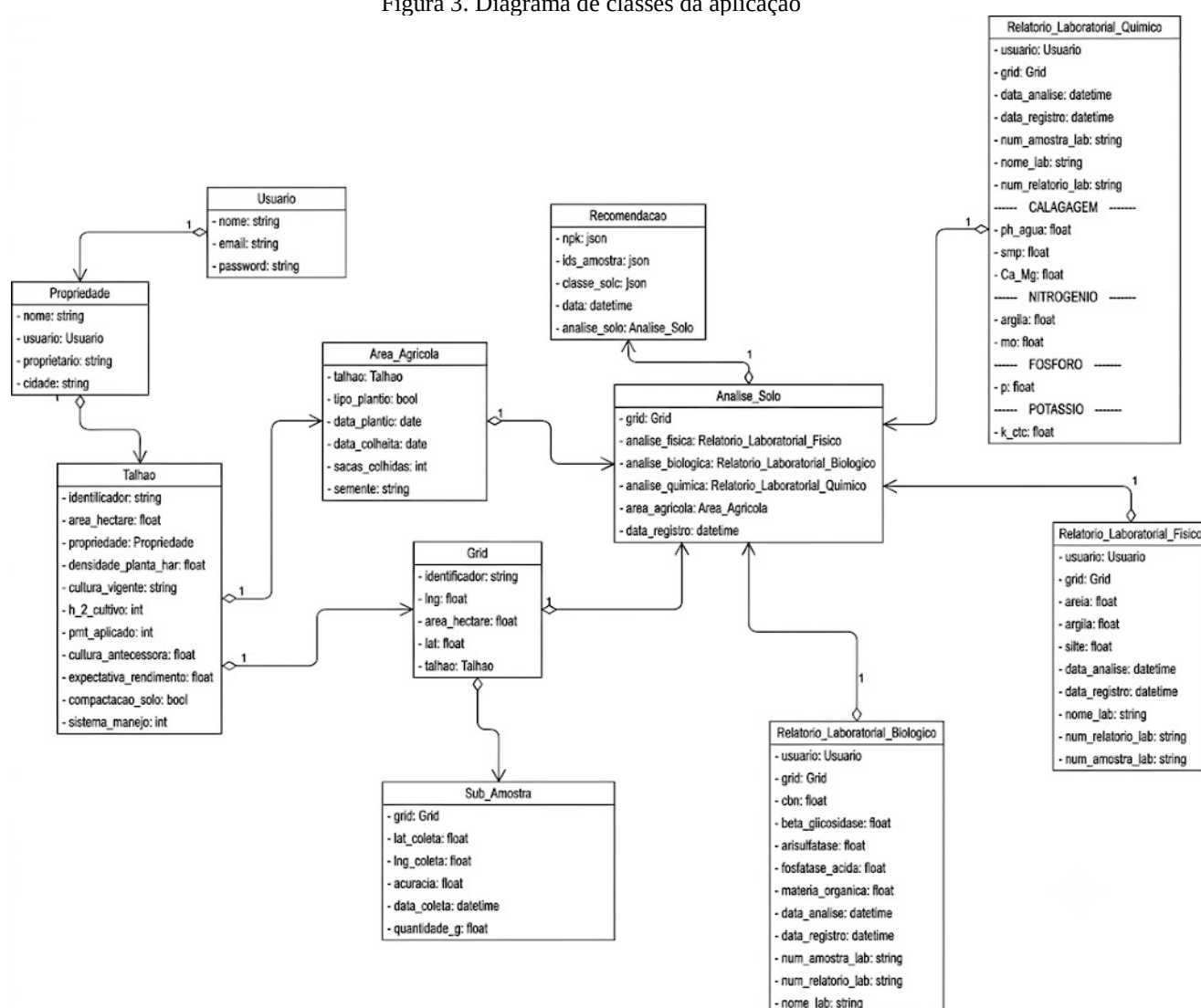
A UML (Unified Modeling Language) é uma modelo de anotações visuais que orienta na descrição de um projeto de sistema de software com ênfase em projetos que utilizam o paradigma de Orientação a Objetos (OO). UML é um padrão relativamente aberto que é controlado por um grupo aberto de empresas formado para estabelecer os padrões de mercado na especificação para o desenvolvimento de software. (Fowler, 2005).

A UML é uma linguagem de modelagem, uma notação e seu objetivo é auxiliar os engenheiros de software na identificação das características do software a ser desenvolvido antes mesmo do trabalho de desenvolvimento começar. Com a crescente complexidade dos sistemas

de software trazida pelas necessidades contemporâneas e pela integração digital do mundo moderno faz com que arquitetos de software tenham de projetar verdadeiros software “edifícios” e assim como na engenharia civil a melhor maneira de começar o desenvolvimento de um edifício é com um projeto bem fundamentado e documentado. (Guedes, 2009).

A UML 2 define 13 tipos de diagramas oficiais, mas não se limita a centralizar seus conceitos em cada diagrama, é possível utilizar elementos do tipo de um diagrama em outro, por exemplo. (Fowler, 2005). Entre os principais diagramas da UML 2 estão: Diagrama de Classes, Diagrama de Atividades ou Diagrama de Domínio, e Diagrama de Casos de Uso.

Figura 3. Diagrama de classes da aplicação



Fonte: Elaborada pelos autores, (2021)

Orientação a Objetos

O intuito da criação da programação orientada a objetos foi o de aproximar o manuseio das estruturas de um programa. Como o manuseio de algum objeto do mundo real. Por isso o nome de programação orientada a objetos. (Leite e Carvalho, 2016).

Utilizando o paradigma de orientação a objetos será necessário sempre que desenvolver classes que servirão como modelo para representar os objetos. Uma classe define todas as características que compõem o objeto mas não representa um objeto em particular, é apenas o modelo e a partir desse modelo objetos serão criados. Por meio de atributos e métodos é possível definir as características específicas do modelo e também seus comportamentos. (Rocha Mendes, 2019).

As principais características no desenvolvimento orientado a objetos são seus quatro pilares: Encapsulamento, Herança, Interface e Polimorfismo.

Arquitetura Restful

A sigla REST, significa em português “Transferência de Estado Representacional”. Trata-se de um conjunto com princípios e definições para a criação de um projeto com suas interfaces definidas. Fazendo com que haja comunicação entre as aplicações. Os serviços REST compõem a maioria dos serviços disponibilizados na Web 2.0. (Rodrigues, 2014).

REST e RESTFUL apresentam os mesmos princípios, a única diferença que existe entre elas é a gramática. (Ferreira Filho, 2009) e REST é um conjunto de princípios de arquitetura. RESTFUL é a capacidade de determinado sistema aplicar os princípios de REST.

Frameworks para Desenvolvimento

Os Frameworks são um recurso cada vez mais importante no desenvolvimento de aplicações. Onde tem como objetivo principal resolver problemas, aplicar funcionalidades, comandos e estruturas, garantindo que o desenvolvedor foque em seus esforços na resolução do seu problema com mais produtividade. (Miranda de Souza, 2018).

É possível dizer que um framework é um conjunto de bibliotecas ou componentes que são usados para a criação de uma base onde será feito o desenvolvimento do seu projeto. Essa

“biblioteca” é um pacote de códigos que foi desenvolvido por uma coletânea, a partir de várias aplicações e a proposta principal é de sempre manter algo uniformizado e padronizado. (Penczek, 2006).

Django Framework

Django é um web framework, gratuito e open source, de alto nível desenvolvido pela comunidade que tem foco em desenvolvimento rápido e simples. Concebido por desenvolvedores com experiência, Django consegue se livrar de muitos dos empecilhos do desenvolvimento web de forma concisa para que qualquer desenvolvedor consiga criar um app sem precisar "reinventar a roda". (Django, 2021).

Banco de Dados

Os fundamentos de armazenamento de dados e bancos de dados surgiram na IBM na década de 1960. (Barcelar, 2012). Um sistema de banco de dados é o que deve registrar e manter dados. Esses dados quando salvos podem ser armazenados em um ou mais bancos de dados, e podem ser qualquer dado considerado significativo para o sistema e organização que se comunica com o banco de dados. (Date, 1989).

Postgresql

Postgresql é um sistema de banco de dados poderoso, open source, que trabalha com arquiteturas relacionais e objetos. Ativo a mais de 30 anos no mercado, tem uma reputação muito boa entre os desenvolvedores por ser um sistema de banco de dados confiável. (Postgresql, 2021).

Git

Git é uma ferramenta de versionamento de código fonte criada para reduzir a complexidade no controle de versões normalmente presente no processo de desenvolvimento de software. A ferramenta apresenta funcionalidades como a de criar ‘branches’ que são clones do estado atual do código para que sejam desenvolvidas as alterações necessárias e então permite

que essas alterações sejam mescladas ao código original por meio de um ‘merge’. (Git, 2021).

METODOLOGIA

Tipo de Pesquisa

O projeto foi desenvolvido através de uma pesquisa quantitativa com enfoque explicativo, fundamentada em uma revisão bibliográfica de artigos, livros e trabalhos acadêmicos, visando à continuidade de um protótipo web de gerenciamento de adubação. O objetivo central foi o desenvolvimento de um módulo para interpretação de dados de solo, correlacionando propriedades físicas e biológicas a recomendações nutricionais.

Ferramentas Tecnológicas

O sistema foi desenvolvido utilizando tecnologias de engenharia de software e desenvolvimento web. No back-end, utilizou-se Python com o framework Django para a construção de APIs REST e o PostgreSQL como sistema gerenciador de banco de dados. A interface (front-end) foi construída com React, utilizando Material-UI v4.1 para componentes visuais e React Hook Form para gestão de dados. O controle de versão foi realizado através do GIT.

Modelagem e Regras de Negócio

A modelagem seguiu a notação UML, definindo requisitos e fluxos de dados para o novo módulo:

Quadro 1. Requisitos funcionais.

Identificador	Nome	Detalhamento
RF01	Registro de amostra de solo	Registrar as amostras de solo por grid e manter os dados relacionados às propriedades física e biológica do solo.
RF02	Relatório biológico	Interpretar e exibir um relatório das informações relacionadas às propriedades biológicas do solo.
RF03	Índice de Qualidade do Solo	Gerar um índice de qualidade do solo utilizando as informações relacionadas às propriedades biológicas do solo.
RF04	Relatório físico	Interpretar e exibir um relatório das informações relacionadas às propriedades físicas do solo.
RF05	Triângulo Textural	Gerar uma perspectiva do estado físico do solo utilizando

		o Triângulo Textural como referência.
--	--	---------------------------------------

Fonte: Autor (2021).

Quadro 2. Requisitos não funcionais.

Identificador	Nome	Detalhamento
RNF01	Escalabilidade	O sistema deve rapidamente calcular e exibir as informações relacionadas às propriedades física e biológica do solo independente da quantidade de dados.
RNF02	Usabilidade	O sistema deve exibir de forma clara as conclusões da análise permitindo acesso fácil aos resultados e a geração de novos relatórios.
RNF03	Responsividade	O sistema deve apresentar os mesmos resultados de forma simples e intuitiva independente de onde acessado, seja via WEB ou mobile.

Fonte: Elaborada pelos autores, (2021)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do módulo ocorreu de forma modular, integrando-se ao sistema de gerenciamento de adubação pré-existente. O processo foi estruturado em duas camadas principais, garantindo a persistência dos novos dados laboratoriais e a exibição de resultados analíticos na interface do usuário.

Desenvolvimento do Back-End

O Back-End foi desenvolvido em Python utilizando o framework Django. Foram criadas novas models para persistir dados laboratoriais físicos e biológicos, além da atualização da model de recomendações. A lógica de negócio para o cálculo do Índice de Qualidade do Solo (IQS) e a classificação textural foi encapsulada em services, garantindo a separação de responsabilidades. As rotas das APIs REST foram expandidas para permitir a comunicação com as novas telas do Front-End.

Desenvolvimento do Front-End

A camada de interface utilizou React, com o gerenciamento de dependências via NPM. Foram adicionados novos itens de menu para acesso aos cadastros de laudos e visualização das recomendações. A interface foi construída utilizando componentes do Material-UI, permitindo a criação de formulários dinâmicos que capturam os parâmetros necessários para o cálculo de qualidade e textura.

Resultados da Implementação

O resultado final consolidou a exibição das recomendações de adubação integradas aos novos indicadores. A tela de visualização de resultados passou a exibir o IQS calculado e a classe textural do solo, utilizando componentes visuais (tarjas coloridas) que facilitam a interpretação rápida pelo agricultor. A responsividade foi mantida, assegurando a usabilidade em dispositivos móveis, conforme ilustrado nos resultados finais.

CONCLUSÃO

O principal produto do presente estudo foi o desenvolvimento e a disponibilização de uma nova abordagem para a interpretação de dados de análise de solo, oferecendo ao agricultor uma visão centralizada da qualidade e produtividade de sua lavoura. A interface responsiva garante que o protótipo seja acessível via dispositivos móveis, facilitando a tomada de decisão diretamente no campo. Em suma, os objetivos propostos foram alcançados, possibilitando um monitoramento mais preciso das condições nutricionais e biológicas do solo, o que viabiliza intervenções corretivas mais eficazes.

Visando à continuidade do desenvolvimento do projeto, sugerem-se ações como o desenvolvimento de novos módulos para o sistema, tais como a geração de relatórios e mapas de calor da propriedade; a realização da integração com contas de redes sociais, como Google ou Facebook, para facilitar o acesso e o cadastro do agricultor; a adequação e atualização do projeto em conformidade com as diretrizes da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD); a disponibilização de uma versão offline do aplicativo para possibilitar o uso em propriedades rurais com pouco ou nenhum acesso à Web; e a utilização de Inteligência Artificial (IA) para aumentar a precisão nas recomendações, gerando previsões de correções nutricionais aplicadas ao solo da propriedade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A. *et al.* Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, jan./abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/PAeT.V5.N1.12>.

BARCELAR, R. R. **Banco de dados: introdução ao estudo de banco de dados**. [S. l.: s. n.],

2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 31 p. Disponível em: https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/425/1/agric_precisao%20%282%29.pdf. Acesso em: 27 jul. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 62 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 46).

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de banco de dados**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

DJANGO. **Why Django?** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.djangoproject.com/start/overview/>. Acesso em: 14 nov. 2021.

FERREIRA FILHO, O. F. **Serviços semânticos: uma abordagem RESTful**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

FOWLER, M. **UML essencial: um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

GIT. **About Git**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://git-scm.com/about>. Acesso em: 11 nov. 2021.

GUEDES, G. T. A. **UML 2: uma abordagem prática**. São Paulo: Novatec, 2009.

JUNIOR, E. S. F. **O sistema GPS como ferramenta para a avaliação da refração ionosférica no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

LEITE, T.; CARVALHO, T. **Orientação a objetos: aprenda seus conceitos e suas aplicabilidades de forma efetiva**. São Paulo: Casa do Código, 2016.

MENDES, I. C. *et al.* **Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos**. Planaltina, DF: Embrapa, 2019.

MENDES, I. C. *et al.* **Rotação de culturas, bioindicadores e saúde do solo**. Planaltina, DF: Embrapa, 2020.

MENDES, W. M. **Microbiologia dos solos cultivados em áreas com diferentes níveis de produtividade de soja**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

MIRANDA DE SOUZA, M. P. Utilização de frameworks no desenvolvimento de sistemas web. **Revista Científica Escola de Comunicações**, [S. l.], 2018.

MOLIN, J. P. *et al.* **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PENCZEK, L. **AFR: uma abordagem para a sistematização do reúso de frameworks orientados a aspectos**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2006.

POSTGRESQL. **PostgreSQL documentation**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.postgresql.org/docs/>. Acesso em: 27 jul. 2026.

ROCHA MENDES, D. **Programação Java com ênfase em orientação a objetos**. São Paulo: Novatec, 2019.

RODRIGUES, L. *et al.* **Desenvolvimento de aplicações móveis com serviços RESTful e HTML5**. São Carlos: UFSCar, 2014.

SANTOS, V. M. **Bioindicadores de qualidade do solo**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2019.