JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v5i2.553
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE TAXA VARIÁVEL EM APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS E SULFORADOS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM RORAIMA

FEASIBILITY OF USING VARIABLE RATE TECHNOLOGY IN THE APPLICATION OF PHOSPHATE AND SULPHORATE FERTILIZERS IN A GRAIN PRODUCTION AREA IN RORAIMA

VIABILIDAD DEL USO DE TECNOLOGÍA DE TASA VARIABLE EN LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES FOSFATOS Y SULFORADOS EN UNA ZONA DE PRODUCCIÓN DE GRANOS EN RORAIMA

Sandro Luciano Barreto Fensterseifer[1*]; Léo Gustavo Erpen [2]; Luís Flávio Hüther [3]; Ricardo Carlos Remos[4];

[1]Doutor pela Universidade Federal de Santa Maria Campus Santa Maria (UFSM/SM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil; [2]Graduando do quarto semestre do curso de agronomia da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (UFSM/FW), Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil; [3]Graduando do quarto semestre do curso de agronomia da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (UFSM/FW), Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil; [4]Graduando do quarto semestre do curso de agronomia da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (UFSM/FW), Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil.
*Autor correspondente: sandrolbf@gmail.com

Recebido: 24/04/2025 | **Aprovado**: 24/05/2025 | **Publicado**: 18/06/2025

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de planos de informação de fertilidade e adubação do solo que geraram mapas de dois elementos químicos, fósforo e enxofre através de uma metodologia de adubação por taxa variável que servirão como fonte de informação para manejo, conservação, e preservação ambiental, utilizando o sistema de informação geográfico ArcGIS, na cidade de Boa Vista, Roraima. A metodologia seguiu fases distintas porem interligadas, que constaram da importação de dados, delimitação da área, geração e manuseio do banco de dados, interpolação e analise espacial e geração do produto final. Para elaboração utilizou-se distintas bases de dados como mapas de declividade e curvas de nível, que são fundamentais para a compreensão da dinâmica do solo na região, e dados em áreas agrícolas já cultivadas. O uso do software proporcionou uma visualização clara das variações da fertilidade do solo, facilitando a identificação das necessidades nutricionais específicas. Este trabalho visa não apenas apresentar os resultados obtidos, mas também fomentar discussões sobre a relevância da tecnologia geoespacial na agricultura e na conservação do solo. A integração dessas ferramentas é essencial para promover um desenvolvimento sustentável nas práticas agrícolas no Brasil.

Palavras-chave: Mapas de fertilidade; ArcGIS; Boa Vista; Nutrientes; Manejo do solo.

Abstract: The present work aimed to develop soil fertility and fertilization information plans that generated maps of two chemical elements, phosphorus and sulfur through a variable rate fertilization methodology that will serve as a source of information for management, conservation, and environmental preservation, using the ArcGIS geographic information system, in the city of Boa Vista, Roraima. The methodology followed distinct but interconnected phases, which included data import, area delimitation, database generation and handling, interpolation and spatial analysis and generation of the final product. For elaboration, different databases were used, such as slope maps and contour lines, which are fundamental for understanding soil dynamics in the region, and data on already cultivated agricultural areas. The use of the software provided a clear visualization of variations in soil fertility, facilitating the identification of specific nutritional needs. This work aims not only to present the results obtained, but also to encourage discussions about the relevance of geospatial technology in agriculture and soil conservation. The integration of these tools is essential to promote sustainable development in agricultural practices in Brazil.

Keywords: Soil fertility maps; ArcGIS; Boa Vista; Nutrients; Soil management.

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar planes de información de fertilidad y fertilización del suelo

que generaron mapas de dos elementos químicos, fósforo y azufre a través de una metodología de fertilización de tasa variable que servirá como fuente de información para la gestión, conservación y preservación ambiental, utilizando el sistema de información geográfica ArcGIS, en la ciudad de Boa Vista, Roraima. La metodología siguió fases distintas pero interconectadas, que incluyeron importación de datos, delimitación de áreas, generación y manejo de bases de datos, interpolación y análisis espacial y generación del producto final. Para su elaboración se utilizaron diferentes bases de datos, como mapas de pendientes y curvas de nivel, fundamentales para comprender la dinámica del suelo en la región, y datos de áreas agrícolas ya cultivadas. El uso del software proporcionó una visualización clara de las variaciones en la fertilidad del suelo, facilitando la identificación de necesidades nutricionales específicas. Este trabajo pretende no sólo presentar los resultados obtenidos, sino también fomentar debates sobre la relevancia de la tecnología geoespacial en la agricultura y la conservación del suelo. La integración de estas herramientas es esencial para promover el desarrollo sostenible en las prácticas agrícolas en Brasil.

Palabras-clave: Mapas de fertilidad; ArcGIS; Boa Vista; Nutrientes; Manejo del suelo.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é um fator crucial para a sustentabilidade da agricultura e, consequentemente, para a segurança alimentar. Com o aumento da demanda por alimentos e a necessidade de uma agricultura sustentável, torna-se imprescindível adotar práticas de manejo que promovam a conservação do solo e a eficiência no uso de insumos. Nesse contexto, a avaliação da fertilidade do solo surge como uma ferramenta fundamental para orientar as práticas agrícolas, permitindo que os produtores tomem decisões informadas sobre adubação e manejo. Segundo a Embrapa (2020), 84% dos agricultores brasileiros já utilizam pelo menos uma ferramenta digital em suas operações, o que reflete a crescente adesão à agricultura de precisão e sua contribuição para a competitividade do setor agrícola.

O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como destaca Ferreira (2019), tem sido essencial na integração de dados provenientes de diversas fontes, como imagens de satélite e amostras georreferenciadas, permitindo a criação de mapas e gráficos que ajudam na tomada de decisões mais precisas e eficientes.

O SIG, como apontado por Rocha *et al.* (2015), revela padrões espaciais complexos, proporcionando uma compreensão mais aprofundada das variabilidades do solo e das culturas, o que torna possível a adoção de práticas de manejo mais adequadas e eficazes.

Este estudo se concentra na elaboração de mapas de fertilidade do solo utilizando o software ArcGIS em uma área agrícola localizada na cidade de Boa Vista, Roraima. A pesquisa aborda especificamente a fertilidade de fósforo e enxofre, além das respectivas adubações necessárias para otimizar o rendimento das culturas. Apesar de os dados utilizados serem baseados em dados de áreas já cultivadas na região, não foram realizadas análises diretas do solo da determinada área. Essa abordagem, indireta, permite uma análise da fertilidade, contribuindo para a formulação de estratégias de manejo e adubação mais eficientes. O uso do software proporcionou uma visualização clara das variações da fertilidade do solo, facilitando a identificação das necessidades de nutrientes.

A justificativa para o presente trabalho deve-se a crescente necessidade de integrar tecnologia geoespacial na agricultura, uma vez que o uso de ferramentas como o ArcGIS pode facilitar a visualização e interpretação dos dados relacionados à fertilidade do solo. Ao mapear as características de nutrientes e fazer as recomendações de adubação, este estudo busca contribuir para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficazes e

sustentáveis.

Este trabalho visa não apenas apresentar os resultados obtidos, mas também fomentar discussões sobre a relevância da tecnologia geoespacial na agricultura contemporânea e na conservação do solo. A integração dessas ferramentas é essencial para promover um desenvolvimento sustentável nas práticas agrícolas no Brasil e no estado de Roraima que vem sendo uma nova frente agrícola.

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de mapas temáticos que representam a fertilidade e as necessidades de adubação do solo na área estudada e discutir a importância da utilização de tecnologias geoespaciais na agricultura, enfatizando seu papel na conservação do solo e na promoção da sustentabilidade agrícola. Acredita-se que os resultados obtidos poderão servir como base para futuras pesquisas e práticas agrícolas na região, contribuindo para um manejo mais consciente e responsável dos recursos naturais.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo apresenta uma abordagem quali-quantitativa, e teve como objetivo avaliar a fertilidade do solo em uma área agrícola. A pesquisa foi realizada com base em dados obtidos de análises de fertilidade do solo previamente realizadas em áreas agrícolas cultivadas próximas à área delimitada na cidade de Boa Vista, Roraima. A fundamentação teórica está baseada nos princípios da ciência do solo e no uso de ferramentas geoespaciais, com enfoque na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para análise e visualização de dados.

2.2 Área de estudo e público-alvo

A área de estudo está localizada em Boa Vista, Roraima, e abrange uma área agrícola que está em crescente expansão. A região foi selecionada devido à sua crescente relevância para a produção agrícola nacional e às demandas crescentes por práticas de manejo sustentável. O público-alvo indireto deste estudo inclui agricultores, técnicos agrícolas e tomadores de decisão interessados em aprimorar práticas de manejo da fertilidade do solo por meio de tecnologias geoespaciais.

2.3 Metodologia da pesquisa

2.3.1 Coleta de Dados

Foram utilizados dados secundários de análises químicas de solo previamente realizadas na área de estudo, abrangendo os nutrientes fósforo (P) e enxofre (S). As amostras de solo foram criadas, porém embasadas em analises próximas, para uma recomendação definitiva deverá ser feita a coleta em pontos georreferenciados, permitindo a associação dos dados de fertilidade a coordenadas específicas.

Os dados coletados tiveram fontes diretas e indiretas, como fonte direta foram realizados analises de solo e coletado informações sobre os elementos tratados no presente trabalho, de forma indireta utilizou-se de fontes de dados bibliográficas e dados do Manual de Solos da Embrapa, bem como outros levantamentos realizados em áreas adjacentes.

2.3.2 Tratamento e Processamento de Dados

Os dados brutos foram organizados e sistematizados em planilhas eletrônicas para análise, foram utilizados critérios agronômicos para calcular as necessidades de adubação para os nutrientes analisados, para elaboração dos mapas de fertilidade e necessidades de adubação

O software ArcGIS foi utilizado para a criação de mapas técnicos, integrando dados de fertilidade e recomendações de adubação. Técnicas de interpolação foram aplicadas para representar espacialmente as variabilidades dos nutrientes no solo.

2.3.3 Análise, interpretação e rotinas executadas no sistema de informação geográfico

Os mapas gerados foram analisados para identificar padrões de fertilidade e áreas críticas com maior ou menor necessidade de adubação. A relação entre a variabilidade dos nutrientes e as práticas de manejo adotadas foi discutida, dividiu-se em etapas as distintas rotinas.

Etapa 1- Delimitação da área de estudo: Para início da rotina delimitou-se a área dentro do servidor de imagens do Google Earth por meio de polígonos, após isto o polígono foi importado para dentro do aplicativo por meio de kml, junto a ele foi importado os dados de levantamento altimétricos da Agencia Aeroespacial Norte Americana, utilizando a função extração por máscara dentro do ArcGIS delimitamos a área dos dados.

Etapa 2- Geração plano de informação curvas de nível e solos: As curvas de nível foram elaboradas através da rotina de análise espacial, seguindo para opção de superfície onde executamos na função geração de contornos, nela utilizamos os dados de altimetria utilizado anteriormente e então importamos para dentro do ArcGIS o mapa de solos do Brasil para sabermos com que classe de solo estamos trabalhando.

Etapa 3- Plano de Informação fertilidade: Para a elaboração do plano de informação de fertilidade e recomendações de adubação realizou-se primeiramente a definição de pontos aleatórios de coleta dentro da área de estudo, através das rotinas de manuseio de dados, seleção de processo e geração de pontos randômicos, que após gerados sofreram edições para uma melhor distribuição espacial, tornando estes mais representativos da realidade de campo.

Etapa 4- Elaboração e edição do banco de dados: Consta do preparo do banco de dados indexado, abrimos a tabela de atributos destes pontos e criamos colunas para inserir dados sobre a fertilidade de Fósforo (P) e Enxofre (S). Após o preenchimento dos dados, é preciso transformar os dados para kg/ha, para posteriormente calcular as necessidades de adubação necessárias. A transformação e realizada na coluna do nutriente deve-se na opção calculadora de campo, abrirá um espaço para colocar a fórmula, então devemos selecionar a coluna fertilidade mg/dm^3 e multiplicar por dois.

Etapa 5- Interpolação e elaboração de planos de informação: Com os dados inseridos passamos para a criação de planos de informação na forma de mapas, para isso vamos seguir as rotinas de ferramentas de análise espacial, processo de interpolação por Krigagem e geramos os mapas referentes a cada um dos nutrientes e sua recomendação agronômica de adubação.

Para calcular as necessidades de adubação gera-se a seguinte equação na coluna que deseja-se calcular:

Nutriente adubação em quilogramas por hectare, onde aplicasse duzentos e cinquenta menos o nutriente da fertilidade em quilogramas por hectare, valores negativos devem ser substituídos por zero.

Para realizar a conversão para pontos, seguimos os respectivos passos de executar a rotina de ferramentas de conversão, onde selecionamos a mudança de raster para pontos. No banco de dados, criar uma coluna, com o nome do elemento com característica de armazenamento de pontos flutuantes.

Foi realizado a interpolação dos pontos de coleta utilizando a ferramenta de interpolação por krigagem , a equação utilizada é a área do pixel vezes o grid code, dividido por dez mil.

Etapa 6- Inserção elementos de um mapa: Rotina na qual inserimos os elementos fundamentais que compõem um mapa, título, legenda, escala, sistema de projeção, orientação.

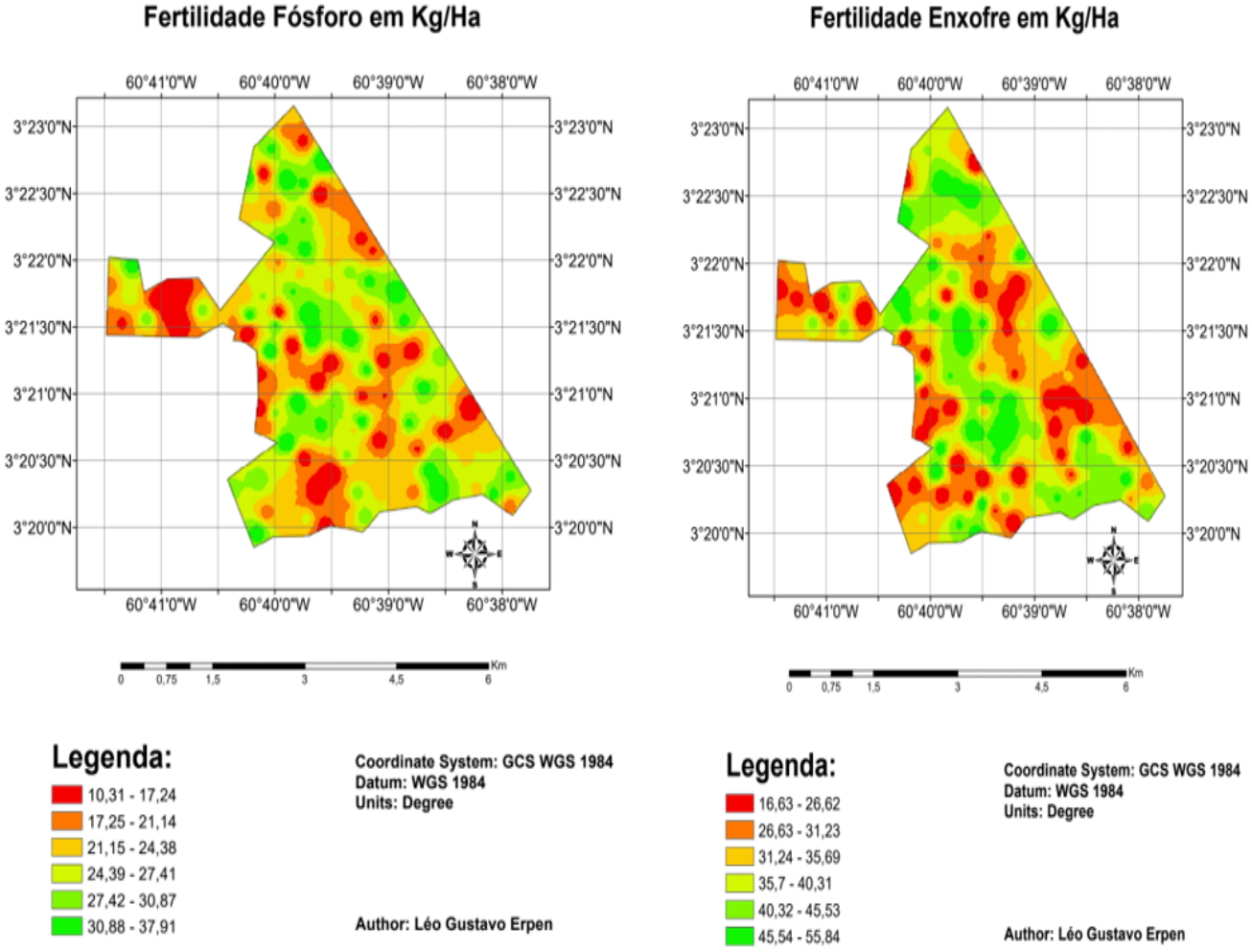
Para uma melhor visualização do trabalho a cor foi alterada e a legenda foi limitada a apenas seis classes com tons de cores distintos.

Etapa 7- Elaboração do algoritmo de cálculo de adubação por taxa variável: Com os mapas gerados foi mensurado o tamanho da área de pesquisa sendo 1735,90 hectares, realizou-se uma analogia com o tamanho dos pixels por meio das propriedades de imagem, com esses dados gerou-se um algoritmo que determina o quanto será aplicado por meio da taxa variável.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

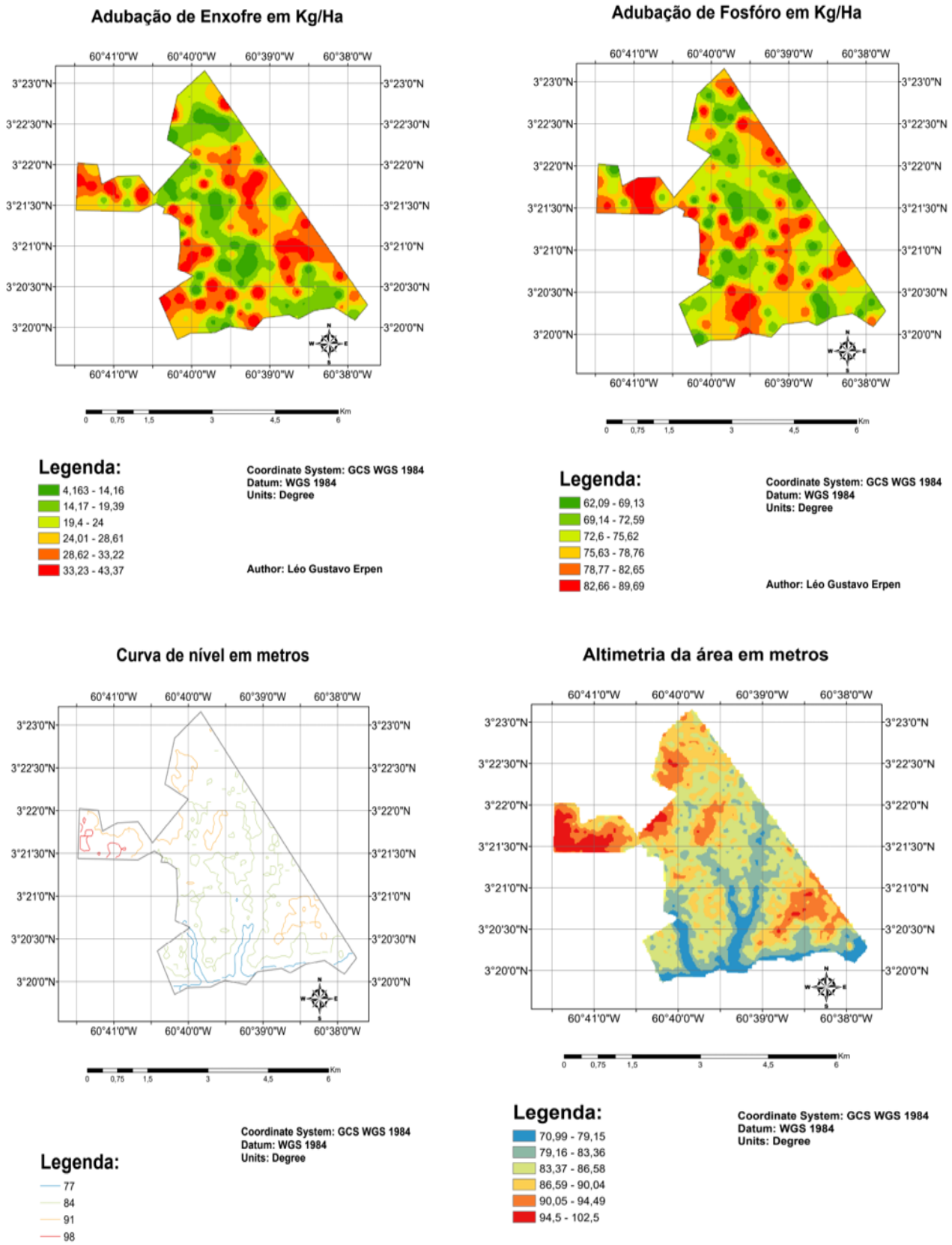
Em sequência gerou-se os mapas de fertilidade e adubação extraídos do aplicativo de Sistema de Informação Geográfico Arcgis, dos nutrientes fósforo e Enxofre, respectivamente. Posteriormente o mapa de altimetria. Tem-se uma visão completa, e uma correlação da distribuição planialtimetrica dos elementos químicos, observando-se os locais nas cores mais escuras com menor concentração dos elementos químicos analisados, sendo estes pontos indicativos da falta do nutriente, consequentemente são locais onde deve-se aplicar em maior quantidade o elemento químico.

Figura 1 – Fertilidade fósforo e enxofre.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Figura 2 – Adubação fósforo e enxofre, curvas de nível e altimetria.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o impacto positivo do uso de ferramentas geoespaciais na

identificação e manejo das necessidades nutricionais do solo. A redução na necessidade de aplicação de fosfatados de 208.308 kg/ha para 136.765,22 kg/ha representa uma diminuição significativa, de aproximadamente 34%, no volume do consumo necessário. Esse resultado reflete a eficiência fornecida pelo mapeamento preciso da fertilidade do solo, permitindo que a adubação seja ajustada às condições específicas de cada área, reduzindo custos e minimizando o desperdício de fertilizantes.

A metodologia de adubação por taxa variável confirma o que as literaturas científicas internacionais propõem conforme Molin *et al.* (2011) e McBratney *et al.* (2005), que destacam a importância da agricultura de precisão para a sustentabilidade agrícola. Da mesma forma, a redução da necessidade de aplicação de enxofre, de 52.077 kg/ha para 43.696,22 kg/ha, representa uma economia de cerca de 16%. Esse dado reforça a importância do planejamento baseado em dados espaciais, que possibilita uma aplicação mais eficiente e localizada dos nutrientes. Além disso, uma menor quantidade de insumos utilizados reduz o risco de contaminação ambiental, como a lixiviação de nutrientes.

De acordo com Cazale & Cazale (2022), a Agricultura de precisão permite maximizar o uso de recursos como fertilizantes, sementes e água, melhorando a qualidade dos produtos e reduzindo os impactos ambientais. Isso beneficia tanto os agricultores quanto os consumidores, promovendo uma agricultura mais eficiente e sustentável.

Esses resultados também ressaltam a relevância de uma abordagem indireta para a avaliação da fertilidade, especialmente em áreas onde análises de solo in loco podem não ser viáveis. O uso de dados de áreas cultivadas na região, aliado ao mapeamento geoespacial, mostrou-se uma estratégia eficiente para orientar o manejo agrícola.

Embora não substitua as análises diretas, essa metodologia complementa as práticas tradicionais, oferecendo um panorama abrangente das necessidades do solo, os resultados obtidos vão além da economia de insumos, e destacam o papel da tecnologia geoespacial como uma aliada essencial na agricultura moderna, promovendo a sustentabilidade e conservando os recursos naturais. A experiência adquirida neste estudo pode servir como modelo para outras regiões, incentivando a adoção de práticas tecnológicas avançadas para melhorar a eficiência agrícola, reduzir custos de produção e minimizar impactos ambientais.

4 CONCLUSÃO

A conclusão deste estudo destaca a eficiência do uso de tecnologias geoespaciais, como o ArcGIS, no manejo agrícola, promovendo a redução de custos de produção por meio da otimização na aplicação de fertilizantes, com significativa economia financeira. Além disso, reforça-se a importância da capacitação de agrônomos no uso de tecnologias de taxa variável, essenciais para implementar estratégias de manejo mais precisas e sustentáveis. Os resultados obtidos evidenciam que a integração dessas ferramentas pode beneficiar tanto a produtividade quanto a conservação dos recursos naturais, impulsionando a sustentabilidade agrícola em novas fronteiras agrícolas como Roraima.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

Contribuições dos autores

Léo Gustavo Erpen, desenvolvimento dos mapas, Luís Flávio Hüther, análise, interpretação dos dados e escrita, Ricardo Carlos Remos, revisão e correção, Sandro Fenstreseifer, revisão, escrita e metodologia.

REFERÊNCIAS

Cazale, A. T. & Cazale, R. C. T. (2022). Agricultura de precisão e a aplicação por taxa variável: impulsionadores da competitividade e desenvolvimento do agronegócio. *In: Ciências Agrárias:* diálogos em pesquisa, tecnologia e transformação, v. 4, cap. 16. DOI: 10.47402/ed.ep.c202344116808, 2023. Editora e-Publicar.

Chitolina, J. C.; Prata, F.; Silva, F. C. da; Muraoka, T. & Vitti, A. C. (1999). Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de solo para análise de fertilidade. *In:* Silva, F. C. da (Org.). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p.13-48.

Dobermann, A. & George, T. Field-scale soil fertility variability in acid tropical soils. *In:* World Congress Of Soil Science, 15., 1994, Acapulco. Transactions. Mexico, DF: International Society of Soil Science: Mexican Society of Soil Science, 1994. v.5, p.610-627.

Embrapa (2020). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, 412 p.

Ferreira, M. L. (2019) Sistema de informação geográfica (SIG) aplicado na agricultura de precisão. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 3, 15-23.

Molin, J. P.; Menegatti, L. A. A. & Gimenez, L. M. (2011). Agricultura de Precisão: Gerenciamento da Variabilidade Espacial e Temporal em Sistemas Agrícolas**.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 801–808. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800013

Montezano, Z. F.; Corazza, E. J. & Muraoka, T. (2006). Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(5), 839-847.

Rocha *et al.* (2015). *Contribuição de alguns fatores nos resultados da análise química de terra e seus efeitos nas recomendações de adubação e calagem*. Piracicaba: ESALQ, 1982. 200 p. Tese (Doutorado).