



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS POSSE

**DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DA ESCOLA
FAZENDA DO IF GOIANO- CAMPUS POSSE**

GABRYELA ROCHA PESSOA

Orientador: Prof^ª. Me. Danilo Gomes de Oliveira

Coorientador: Prof^ª.Dr. Italo Lacerda Fernandes

**Posse – GO
2024**

GABRYELA ROCHA PESSOA

**DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DA ESCOLA
FAZENDA DO IF GOIANO- CAMPUS POSSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse,
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharelado em Agronomia.

Orientação: Prof.^a Me. Danilo Gomes de
Oliveira

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS POSSE
Coordenação do Curso Bacharelado em Agronomia

Trabalho de Conclusão de Curso
Gabryela Rocha Pessoa

Título:

DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DA ESCOLA
FAZENDA DO IF GOIANO- CÂMPUS POSSE

Comissão Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Danilo Gomes De Oliveira
IF Goiano – Campus Posse

Prof. Esp. Nome Completo
Instituição

Prof. Me. Nome Completo
Instituição

Posse – GO, 22 de fevereiro de 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

PP475d Pessoa , Gabryela
d Dependência Espacial dos Atributos Químicos do
Solo da Escola Fazenda do IF-Goiano Campus Posse /
Gabryela Pessoa ; orientador Danilo Gomes de
Oliveira ; co-orientador Italo Fernandes Lacerda . -
- Posse, 2024.
44 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Posse, 2024.

1. Baixa fertilidade . 2. Cerrado . 3. Malhas
amostrais . I. Gomes de Oliveira , Danilo , orient.
II. Fernandes Lacerda , Italo , co-orient. III.
Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)

- Tese
- Dissertação
- Monografia – Especialização
- Artigo - Especialização
- TCC - Graduação
- Artigo Científico
- Capítulo de Livro
- Livro
- Trabalho Apresentado em Evento
- Produção técnica. Qual: _____

Nome Completo do Autor: Gabryela Rocha Pessoa

Matrícula:2018107200240185

Título do Trabalho: **DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DA ESCOLA FAZENDA DO IF GOIANO- CAMPUS POSSE**

Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 29/03/2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumpru quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Posse, 27 de fevereiro de 2024

Gabryela Rocha Pessoa

Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Danilo Gomes de Oliveira

Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)

Documento assinado eletronicamente por:

- Gabryela Rocha Pessoa, 2018107200240185 - Discente, em 27/02/2024 10:50:19.
- Danilo Gomes de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2024 10:48:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 576880

Código de Autenticação: fdf8ef3ecf



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, 01, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 3481-4677



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 2/2024 - CEXT-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 22 do mês de fevereiro do ano de dois mil e **vinte e quatro**, realizou-se a defesa de Trabalho de Curso do(a) acadêmico(a) **GABRYELA ROCHA PESSOA**, do Curso de Bacharel em Agronomia, matrícula **2018107200240185**, cuja monografia intitula-se “**DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DA ESCOLA FAZENDA DO IF GOIANO-CAMPUS POSSE**”. A defesa iniciou-se às **16** horas e **20** minutos, finalizando-se às **16** horas e **50** minutos. Após apresentação do Trabalho de Curso, a Comissão Examinadora realizou a arguição que foi respondida pelo(a) discente, a média da apresentação oral foi de **9,1**, a média do trabalho escrito foi de **8,7**, perfazendo média geral de **8,9**.

A comissão examinadora considerou o Trabalho de Curso:

- () Reprovado/Ausente
- (x) Aprovado, com recomendações que devem ser incorporadas à versão final.
- () Aprovado, sem recomendações de modificação da versão final.

Após atender às considerações da banca e respeitando o prazo disposto em calendário acadêmico, o discente deverá fazer a submissão da versão corrigida em formato digital (.pdf) no Repositório Institucional do IF Goiano – RIIF, acompanhado do Termo Ciência e Autorização Eletrônico (TCAE), devidamente assinado pelo autor e orientador. Os integrantes da banca examinadora assinam a presente.

(Assinado Eletronicamente)

Danilo Gomes de Oliveira

Presidente/Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Lucas Felisberto Pereira

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Maria Caroline Aguiar Amaral

Membro Externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Lucas Felisberto Pereira, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCBAGR-POS, em 27/02/2024 10:30:43.
- Danilo Gomes de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/02/2024 10:25:04.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 576093

Código de Autenticação: 6e88ba53ae



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, 01, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 3481-4677

Dedico este trabalho ao meu irmão,
Gabryel Rocha Pessoa.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado até aqui e me dado a graça de chegar a reta final. Aos meus pais Noicy e Osvaldo que me apoiaram todos esses anos sempre me ajudando a levantar quando eu cair várias vezes e nunca deixando eu desistir eu amo muito vocês, e também às minhas avós Adelaide e Maria Socorro que sempre estiveram presentes e rezando por mim.

Ao meu orientador por todo apoio e dedicação para que este trabalho acontecesse e agradeço também pelos puxões de orelha, por me atender e ler o trabalho tarde da noite, e principalmente por não me deixar desistir desse trabalho.

Agradeço também aos meus amigos em especial Maria Eduarda Moura, Jeovanna, Pedro Rezende, Hiago, Alex, Yanne, Gusthavo, Thiago Zils, Mateus, Natanael, Thiago Antônio, Cleiton, que me ajudaram durante todo esse processo desde a coleta do solo até o processamento dos dados na construção das planilhas, serei eternamente grata, amo todos vocês.

E também aos meus outros amigos que me ajudaram de outras formas, e que fizeram parte dessa caminhada, torcendo e rezando por mim. Principalmente Maria Eduarda Sousa que me deu puxões de orelha quando eu disse que não ia conseguir, que me apoiou e que me disse várias vezes como tinha orgulho da minha caminhada, eu amo muito você, e obrigada por sempre acreditar.

A Sarah que me ajudou em todo processo do laboratório, nas partes de pouco conhecimento e ela me auxiliou no manuseio, com muita paciência, e por essa amizade que construimos neste tempo, a melhor técnica do laboratório.

E um agradecimento mais que especial pra minha dupla da faculdade Fabiana Costa, que me aguentou e que me apoiou, que chegamos até aqui juntas entre trancos e barrancos, e por muitos desafios, sentirei falta das brigas nos trabalhos, das noites em claro pra entregar projetos, amo você da faculdade pra vida toda.

O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.

- Cora Coralina

RESUMO

O cerrado brasileiro, devido às suas características favoráveis, tornou-se uma importante região agrícola. No entanto, seus solos frequentemente apresentam baixa fertilidade, o que limita a produtividade das culturas. A adoção da agricultura de precisão, com o uso de mapas de variabilidade, tem se mostrado crucial para otimizar o manejo do solo e aumentar a produção agrícola na região. A coleta de amostras de solo em malhas amostrais, combinada com georreferenciamento e análise geoestatística, emerge como uma ferramenta fundamental para identificar a variabilidade espacial dos atributos do solo. Este estudo tem como objetivo avaliar a dependência espacial dos atributos químicos do solo na Fazenda Escola do IF-Goiano Campus Posse, fornecendo insights valiosos para melhorar o manejo agrícola na região. A metodologia envolveu a coleta e análise de amostras de solo na Fazenda Escola próxima ao IF Goiano - Campus Posse. Após a demarcação da área, foram coletados 500 pontos de amostragem, cujas coordenadas foram registradas e transferidas para análise computacional. Em seguida, foram criadas 100 malhas amostrais georreferenciadas. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 10 cm, com cinco amostras por ponto. Foram realizadas análises de umidade, matéria orgânica, pH e presença de metais pesados (cobre, potássio, ferro e magnésio). Os dados foram tabulados, analisados estatisticamente e submetidos à análise geoestatística para identificar a dependência espacial entre os atributos químicos do solo. Os resultados revelam solo ácido e com baixa fertilidade, indicando baixos teores de nutrientes essenciais. Análises estatísticas e de mapas mostram relações negativas entre alguns elementos, apontando que solos mais tóxicos possuem menores teores de bases trocáveis. A análise de dependência espacial indica diferentes alcances para os atributos, com o modelo esférico sendo o mais preciso. O estudo também identifica áreas com dispersão, baixa quantidade e perda por lixiviação. Esses insights são cruciais para desenvolver estratégias agrícolas mais eficientes na região do Cerrado.

Palavras-chave: Baixa fertilidade; Cerrado; Malhas amostrais.

ABSTRACT

The Brazilian cerrado, due to its favorable characteristics, has become an important agricultural region. However, its soils often exhibit low fertility, which limits crop productivity. The adoption of precision agriculture, using variability maps, has proven crucial to optimize soil management and increase agricultural production in the region. Soil sampling in grid patterns, combined with georeferencing and geostatistical analysis, emerges as a fundamental tool to identify the spatial variability of soil attributes. This study aims to evaluate the spatial dependence of soil chemical attributes at the IF-Goiano Campus Posse Farm School, providing valuable insights to improve agricultural management in the region. The methodology involved the collection and analysis of soil samples at the Farm School near IF Goiano - Campus Posse. After demarcating the area, 500 sampling points were collected, with their coordinates recorded and transferred for computational analysis. Subsequently, 100 georeferenced sampling grids were created. Soil samples were collected at a depth of 0 to 10 cm, with five samples per point. Analyses were conducted for moisture, organic matter, pH, and the presence of heavy metals (copper, potassium, iron, and magnesium). The data were tabulated, statistically analyzed, and subjected to geostatistical analysis to identify spatial dependence among soil chemical attributes. The results reveal acidic soil with low fertility, indicating low levels of essential nutrients. Statistical analyses and maps show negative relationships among some elements, indicating that more toxic soils have lower levels of exchangeable bases. The analysis of spatial dependence indicates different ranges for the attributes, with the spherical model being the most accurate. The study also identifies areas with dispersion, low quantity, and leaching losses. These insights are crucial for developing more efficient agricultural strategies in the cerrado region.

Palavras-chave estrangeira: Low fertility; Cerrado; Sampling grids

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Realização do contorno	7
Figura 2: Contorno da área da escola fazenda	8
Figura 3: Pontos no mapsource.....	8
Figura 4: Representação Google earth.....	9
Figura 5: Pontos para a coleta.....	9
Figura 6: Demarcação da pá e coleta na profundidade de 0-10 cm	10
Figura 7: Amostras colocadas no balde após a coleta.....	11
Figura 8: Homogeneização das amostras do solo.....	11
Figura 9: Amostras sendo colocadas nos saquinhos.....	12
Figura 10: Identificação das amostras nos sacos.....	12
Figura 11: Cadinhos para solo.....	13
Figura 12: Dessecador com os cadinhos para resfriamento.....	13
Figura 13: Peso das amostras.....	14
Figura 14: Amostras já na estufa.....	14
Figura 15: Cadinhos de porcelana.....	15
Figura 16: Amostras na mufla.....	15
Figura 17: Pesagem das amostras para a abertura.....	16
Figura 18: Amostras nos Tubos identificados com letras dos respectivos pontos.....	17
Figura 19: Amostras no banho-maria.....	17
Figura 20: Amostras após o banho-maria.....	18
Figura 21: Ultrapure (TYPE) WATER.....	18
Figura 22: Filtro Quantitativo.....	19
Figura 23: Realização da leitura no equipamento.....	20
Figura 24: Leitura do pH do solo em água no pHmetro.....	20
Figura 25: Para a obtenção do variograma no programa.....	21

Figura 26: Para a obtenção do mapa no programa.....	21
Figura 27: Mapa dos atributos químicos avaliados neste estudo. *Cu(cobre) *Fe (Ferro)...	25
Figura 28: Mapa do atributo químico avaliado neste estudo. *K(Potássio).....	26
Figura 29: Mapa representativo do pH na área.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva dos atributos químicos do solo.....	22
Tabela 2: Correlação dos atributos químicos.....	23
Tabela 3: Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para atributos da química do solo.....	24

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo Geral	2
2.1. Objetivos Específicos	2
3. REVISÃO DA LITERATURA	2
3.1 CERRADO	2
3.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO	3
3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS NO CERRADO.....	5
3.4. GEOESTATÍSTICA.....	5
3.5 DEPENDÊNCIA ESPACIAL	6
4. METODOLOGIA.....	7
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O cerrado nos últimos anos vem ganhando grande espaço na agricultura, e se tornou uma das principais regiões do país na produção agrícola. Com isso vem aumentando a produção de grãos nacional. Essa implantação da agricultura no cerrado se deve às características da região, com seus solos planos, profundos e de boa precipitação (MATIAS, et al, 2019).

Seus solos apresentam por sua vez baixa fertilidade, devido ao seu alto grau de intemperização e por seu material de origem, na maioria acaba limitando o crescimento das plantas cultivadas, por esta razão vem sendo visto como grande área de estudos buscando sempre melhorias para aumentar sua produção (RESENDE et al, 2014).

Com os notáveis avanços tecnológicos, o manejo desses solos tem experimentado melhorias contínuas. O emprego de ferramentas, como a agricultura de precisão, tem se destacado, sendo aprimorada constantemente. Quando combinada com um manejo adequado das áreas de produção agrícola, essa abordagem tem demonstrado notável eficácia em todo Brasil (CHERUBIN et al, 2015)

A agricultura de precisão, ressalta o uso dos mapas de variabilidade das áreas cultivadas, que permitem a implementação de alternativas de manejo do solo e da cultura de forma mais eficiente. Essa abordagem baseia-se no conhecimento da variabilidade espacial do local, o qual é essencial para orientar as decisões de manejo a serem seguidas. Essa técnica é fundamental para estudar o comportamento dos atributos do solo, permitindo a compreensão e suas delimitações, sendo uma informação crucial para o desenvolvimento de planos de correção e adubação precisos, visando otimizar a produção vegetal (COMPARIN, 2023).

Existem diversas ferramentas e estratégias que podem ser utilizadas para determinar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo. Uma das principais abordagens é a georreferenciada de solo. A utilização de técnicas como a coleta de amostra de solo em malhas amostrais, com o auxílio do georreferenciamento e o emprego da geoestatística, desempenha um papel crucial na identificação da variabilidade espacial destes. Essa abordagem permite a detecção de zonas com restrições químicas que podem afetar o rendimento das culturas, a partir dessas informações, torna-se possível adotar práticas de manejo específicas para cada zona, otimizando assim a produção agrícola de forma personalizada (MATIAS et al, 2019).

Portanto, destaca-se a importância do conhecimento da variabilidade espacial e temporal, especialmente em relação aos atributos do solo. Vários estudos ressaltam a relevância de compreender a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo. Esses estudos

indicam que entender essa variação ao longo do tempo e espaço é essencial para orientar estratégias de manejo agrícola.

Com isso este trabalho tem como objetivo fazer uma avaliação na Fazenda escola por meio da dependência espacial dos atributos químicos do solo, realizando desta forma a identificação dos metais como Cobre, Potássio, Magnésio e Ferro, assim como também a determinação da matéria orgânica, umidade e pH do solo da Fazenda escola do IF-Goiano Campus Posse. Onde o solo do mesmo não apresentou nenhum manejo e esta sob vegetação natural e já sofreu com muitas queimadas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a dependência espacial dos atributos químicos, realizando a identificação de cobre, potássio, ferro e magnésio presentes no solo da escola fazenda do Instituto Federal Goiano- Campus Posse.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliação das malhas amostrais;
- Avaliar a concentração de cobre, potássio, ferro e magnésio no solo;
- Teor de matéria orgânica;
- pH;

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CERRADO

O bioma do Cerrado abrange aproximadamente 25% do território brasileiro, nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul ,Distrito Federal, oeste de Minas Gerais, oeste da

Bahia, sul do Maranhão e oeste do Piauí. Sua vegetação nativa é composta por sub-bosques de gramíneas, com presença de arbustos e árvores (MOTA et al., 2012). De acordo com a classificação climática de Köppen, a região possui um clima tropical, caracterizado por ser úmido e sazonal. As precipitações variam de 800 mm a 1.500 mm, sendo que cerca de 90% da precipitação anual ocorre entre os meses de outubro a abril, que é considerada a estação chuvosa (ALVARES, et al., 2013).

A extensão do Cerrado representa o segundo maior bioma do Brasil, superado apenas pela Floresta Amazônica, abrangendo 204 milhões de hectares. Essa região desempenha um papel crucial no panorama agrícola nacional e global, destacando-se como uma reserva significativa de biodiversidade e uma fronteira essencial na produção de alimentos. A aplicação de tecnologia possibilita a integração de até 127 milhões de hectares ao sistema produtivo, enquanto preserva 38% do Cerrado como uma reserva natural (SOUSA, 2004).

Uma das principais características que deu origem ao cerrado está relacionada com a ocorrência frequente de incêndios naturais na região, o que desempenhou um papel importante na formação de sua flora (ASSAD, 2020). Essa característica contribuiu para que o cerrado brasileiro seja considerado uma savana tropical com maior biodiversidade do mundo. Devido às condições climáticas predominantes, com períodos secos e quentes, as plantas mais adaptadas aos ambientes com essas características e mais resistentes ao fogo tiveram maior probabilidade de sobreviver na região do cerrado. Essa seleção natural ao longo do tempo resultou em uma vegetação adaptada a incêndios recorrentes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Segundo Ferreira (2021) como resultado disso acaba apresentando solos com maior teor de ferro e alumínio, além de solos com pH ácido devido às queimadas frequentes e o material de origem. Durante os incêndios, a matéria orgânica e os minerais presentes no solo são decompostos, liberando esses elementos. Além disso, as cinzas resultantes das queimadas podem conter altas concentrações de ferro e alumínio, que são depositadas no solo, esses processos de queimada e deposição de cinzas ao longo do tempo podem aumentar a concentração desses elementos nos solos do cerrado (FERREIRA, 2021).

3.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A agricultura de precisão engloba diversas definições e conceitos, podendo ser descrita como um sistema de gerenciamento agrícola que se baseia na análise da variação espacial e

temporal, com o objetivo de alcançar retornos econômicos, sustentabilidade e outros benefícios. Esse gerenciamento é realizado por meio do uso de ferramentas e tecnologias de agricultura de precisão, que permitem o emprego racional dos insumos agrícolas, com o intuito de detectar, monitorar e manejar a variabilidade temporal e espacial dos sistemas agropecuários (MAPA, 2017).

Através da agricultura de precisão, é possível obter uma compreensão mais aprofundada das características e necessidades específicas de cada região ou área dentro de uma propriedade agrícola. Isso é alcançado por meio do uso de técnicas como a coleta de dados georreferenciados, o monitoramento de indicadores agrônômicos, a aplicação seletiva de insumos e a adoção de práticas de manejo diferenciadas (MAPA, 2017).

A pesquisa e implementação da Agricultura de Precisão (AP) têm sido impulsionadas por diversos fatores, incluindo a busca por economia de insumos, aumento da produtividade e obtenção de um melhor custo-benefício na produção agrícola (COMPARIN, 2023). Essas são algumas das razões que contribuíram para o crescente interesse e adoção da AP tanto no Brasil quanto no mundo.

A AP oferece abordagens e tecnologias que permitem uma gestão mais precisa e eficiente das atividades agrícolas, levando em consideração as variabilidades espaciais e temporais das características do solo, das plantas e do ambiente. Isso resulta em uma utilização mais eficiente de recursos, redução de desperdícios, otimização dos processos de tomada de decisão e, conseqüentemente, melhoria nos resultados agrícolas (PONTES et al, 2019).

O objetivo principal da agricultura de precisão é maximizar a eficiência e a produtividade do sistema agropecuário, ao mesmo tempo em que se reduz os impactos ambientais e se promove a sustentabilidade. Por meio da análise da variabilidade espacial e temporal, os produtores podem tomar decisões mais informadas e estratégicas em relação ao uso de fertilizantes, defensivos agrícolas, irrigação, plantio, colheita, entre outros aspectos do manejo agrícola (COMPARIN, 2023).

Na agricultura moderna, a aplicação de insumos agrícolas visa melhorar a eficiência e reduzir a contaminação ambiental, aumentando a lucratividade do agricultor. A agricultura de precisão destaca-se como uma ferramenta crucial, baseada na coleta, análise e aplicação adequada de informações sobre o solo, histórico de produtividade e uso correto de produtos químicos/biológicos, com o uso de equipamentos apropriados. (BAERDEMAEKER, 2013).

3.3. ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS NO CERRADO

O Cerrado se destaca por sua característica de baixa fertilidade natural. A fertilidade nessa região é determinada principalmente pela soma de bases (S)², pela saturação por bases (V%)³, pela capacidade total de troca de cátions (T ou CTC)⁴, pela saturação por alumínio (m%)⁵ e pelo grau de acidez (pH). Os solos predominantes nessa área são classificados como solos distróficos, caracterizados por uma saturação por bases (V%) inferiores a 50% no horizonte B. Esses solos geralmente apresentam baixa fertilidade, com teores de alumínio nulo ou baixo (RONQUIM, 2020).

Grande parte desses solos possui baixos teores de nutrientes essenciais para as plantas. Além disso, é comum encontrar altos teores de ferro e alumínio nos solos do Cerrado. Esses elementos podem impactar o desenvolvimento das plantas em algumas circunstâncias. Outra característica dos solos do Cerrado é o pH ácido (CARNEIRO, 2017). Em geral, esses solos apresentam um pH abaixo de 6. Isso está relacionado à presença de orgânicos e minerais que são liberados durante a matéria orgânica e intemperismo das rochas (SILVA, 2021).

Devido à baixa fertilidade natural, altos teores de ferro e pH ácido dos solos do Cerrado, é comum a necessidade de práticas como calagem (correção do pH) e adubação para viabilizar o desenvolvimento das culturas agrícolas na região. Essas práticas visam melhorar a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas e neutralizar a acidez do solo, proporcionando condições mais seguras para o crescimento e produção agrícola (FACCO, 2020).

3.4. GEOESTATÍSTICA

A Geoestatística é um ramo da estatística que emprega o conceito de variáveis regionalizadas para avaliar a variabilidade espacial. Sua abordagem vai além da obtenção de um modelo de dependência espacial, buscando também estimar valores para pontos em locais onde não foram coletados dados (GREGO, 2014). Com o auxílio da geoestatística, é possível estimar o valor de uma determinada propriedade para uma localidade onde não houve medição, utilizando uma função de correlação espacial entre os dados, caracterizada por ser sem viés e apresentar variância mínima (VIEIRA, 2000).

Desta forma, por meio da geoestatística, é possível avaliar a dependência espacial e utilizá-la para interpolar valores em locais não medidos, proporcionando a geração de

informações para a construção de mapas contínuos a partir da amostragem discretizada. Além disso, a geoestatística contribui para estruturar amostragens em função da variabilidade espacial. Na agricultura de precisão, essa abordagem oferece a oportunidade de criar mapas relacionados à produtividade agrícola (GREGO,2014).

Um fator que pode resultar no fenômeno conhecido como efeito pepita pura (EPP) é a presença de descontinuidade na origem do semivariograma. À medida que ocorre essa descontinuidade, o fenômeno que deu origem à variável em análise torna-se mais aleatório. Essa peculiaridade é atribuída a uma possível regionalização que é inferior à escala de trabalho da malha de amostragem, e/ou a variações espúrias associadas à coleta e medição das amostras (STURARO, 2015).

3.5 DEPENDÊNCIA ESPACIAL

Uma descrição precisa da dependência espacial é essencial para entender tanto o quanto um atributo está continuamente distribuído no espaço em estudos de variabilidade espacial, quanto a forma como ele varia (sua estrutura). O semivariograma é a principal ferramenta usada na Geoestatística para descrever a dependência espacial. Ele é um gráfico que relaciona distâncias com semivariâncias

Estudos têm evidenciado que o solo, naturalmente, experimenta variações em suas propriedades químicas ao longo do espaço e do tempo, decorrentes da complexa interação entre pedologia, topografia e clima (ARAÚJO et al., 2018). A modelagem dessa variabilidade torna-se viável por meio do emprego de técnicas geoestatísticas. A geoestatística permite a análise da variabilidade espacial dos atributos do solo por meio de modelos teóricos de variogramas, possibilitando a estimativa de valores em locais não amostrados por meio da krigagem, isto, por sua vez, viabiliza a criação de mapas temáticos dos atributos de interesse na área estudada (SILVA et al., 2010).

Conhecer a variabilidade espacial dos atributos do solo é de fundamental importância para tomada de decisão quanto ao manejo a ser adotado. Além disso, tal informação pode explicar variações observadas na produtividade das culturas, uma vez que os mapas de produtividade ilustram esta variabilidade (GUO et al., 2012).

Dessa maneira, a utilização desses mapas, aliada à espacialização das classes de interpretação dos teores dos atributos químicos do solo, viabiliza a formulação de estratégias para o manejo de calagem e adubação. Isso permite elevar a fertilidade do solo e planejar, para

o futuro, a presença apenas da classe mais adequada para a cultura a ser implantada, como é o caso do pH em água (GUO et al., 2012).

4. METODOLOGIA

A coleta das amostras do solo foi conduzida na escola Fazenda, localizada nas proximidades da sede do IF Goiano- Campus Posse. O município de Posse (14°4'56' S 46°22'40" W) está situado na Microrregião do Vão do Paranã, com altitude média de 816 m. O clima é tropical com estação seca no inverno (Aw, segundo classificação climática de Köppen-Geiger), com temperatura média de 24 °C. A área experimental está inserida no bioma Cerrado. No qual a área apresenta histórico de queimadas ao longo dos anos.

Para iniciar a coleta, primeiramente procedeu-se à demarcação da área da Escola Fazenda utilizando o GPS. Para realizar o contorno, foi necessário deslocar-se até as extremidades da escola, demarcando um ponto a cada cinquenta metros ao longo do perímetro, conforme ilustrado na Figura 1. Ao final do processo, foram demarcados 500 (quinhentos) pontos, abrangendo toda a extensão da área demarcada.

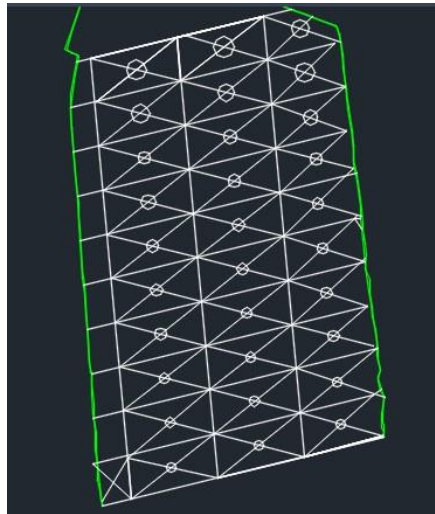
Figura 1: Realização do contorno



Fonte: Autor (2024)

Após coletados 500 (quinhentos) do contorno, os dados foram transferidos para o computador. Em seguida, lançados no programa Autocad®, onde foi realizada a criação da malha amostral com um total de 100 (cem) pontos, todos eles georreferenciados, com cada coordenada geográfica visto na figura 2.

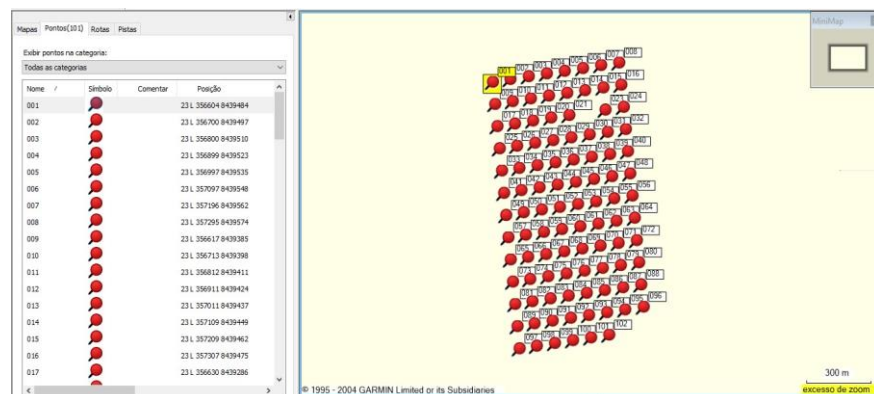
Figura 2:Contorno da área da escola fazenda



Fonte: Autocard

Após a coleta dos dados de localização geográfica de cada ponto, essas informações foram integradas ao Software Mapsource, incorporando as coordenadas de latitude e longitude correspondentes, Esse processo permitiu obter a localização precisa de cada ponto. Posteriormente, ao conectar o GPS ao computador, os dados foram transferidos para o mesmo, conforme exemplificado na Figura 3. Essas coordenadas também foram inseridas no Google Earth para proporcionar uma visualização do mapa, como ilustrado na Figura 4 .

Figura 3:Pontos no mapsource



Fonte: Garmin

Figura 4: Representação Google earth



Fonte: Google Earth

A coleta de amostras de solo foi conduzida com o auxílio de um receptor de GPS da marca Garmin Etrex 10, o mesmo que foi empregado para delimitar as áreas de interesse, conforme ilustrado na Figura 5, onde mostra de forma geral como os pontos são visualizados no dispositivo.

Figura 5: Pontos para a coleta



Fonte: Autor (2024)

A amostragem do solo aconteceu de forma deformada, onde não há preocupação em manter a estrutura do solo representada na figura 6. A coleta das amostras de solo foi realizada em profundidades que variaram de 0 a 10 cm, empregando os seguintes instrumentos: pás,

balde e sacos plásticos destinados ao armazenamento das amostras. A Figura 6 também destaca a demarcação efetuada na pá para garantir a precisão na coleta, marcando claramente os 10 cm de profundidade.

Figura 6: Demarcação da pá e coleta na profundidade de 0-10 cm



Fonte: Autor (2024)

Ao chegar no ponto indicado pelo GPS, foi feita a coleta do solo no ponto central e, em seguida, foram coletados mais 4 pontos aleatórios com uma distância de 5 metros entre eles. As amostras simples de cada um desses pontos foram colocadas no balde, junto com o solo do ponto central, e homogeneizado para obter a amostra composta de cada ponto conforme demonstrado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7: Amostras colocadas no balde após a coleta



Fonte: Autor (2024)

Figura 8: Homogeneização das amostras de solo



Fonte: Autor (2024)

Todas as amostras foram devidamente numeradas de acordo com o ponto do grid amostral, colocadas em sacos devidamente identificados (Figura 9 e 10), ao final foram coletadas 100 amostras de solo compostas em toda a escola fazenda.

Figura 9: Amostras sendo colocadas nos saquinhos



Fonte: Autor (2024)

Figura 10: Identificação das amostras nos sacos



Fonte: Autor (2024)

Após a coleta no campo, as amostras foram transportadas para o laboratório de recepção e secagem do Instituto Federal Goiano-Campus Posse , marcando o início da segunda fase do estudo. Nesta etapa crucial, procederam à amostragem da umidade do solo, matéria orgânica, pH e assim como à leitura dos níveis de metais pesados selecionados .Os metais pesados de foco neste estudo incluem cobre, potássio, ferro e magnésio.

Primeiro foi necessário preparar os cadinhos para a amostragem de umidade do solo, foram utilizados cadinhos de alumínio. Primeiramente, os cadinhos passaram por uma fase de limpeza com água e detergente. Em seguida, foram colocados em uma estufa aquecida a 105°C para secagem, permanecendo lá por cerca de 20 minutos. Essa etapa é fundamental para assegurar a qualidade e confiabilidade dos resultados das análises subsequentes.

Figura 11: Cadinhos para solo



Fonte: Autor (2024)

Após esse período, os cadinhos foram retirados da estufa e transferidos para um dessecador (Figura 12). Ficou lá durante 30 minutos, permitindo seu resfriamento e estabilização da umidade. Concluindo este processo, os cadinhos completamente secos foram submetidos à pesagem (Figura 13). Estas etapas garantiram a preparação adequada dos cadinhos, certificando-se de que estão limpos, secos e prontos para receber as amostras de solo.

Figura 12: Dessecador com os cadinhos para resfriamento



Fonte: Autor (2024)

Após os cadinhos devidamente secos, foram adicionadas aproximadamente 15g de solo (Figura 13), com os cadinhos anteriormente pesados e feita a retirada da tara. A análise foi feita de 14 em 14 amostras. Após isto foi realizado a determinação da umidade atual que representa o teor de umidade presente na amostra de solo. Para o procedimento, a amostra foi colocada nos cadinhos de alumínio numerados e de peso conhecido, sendo pesadas e levadas até a estufa a 105-110°C durante 24 horas (Figura 14), depois foram retiradas da estufa. (EMBRAPA, 1997).

Figura 13: Peso das amostras

Fonte: Autor (2024)

Figura 14: Amostras já na estufa

Fonte: Autor (2024)

Após o aquecimento, os cadinhos contidos com as amostras foram retirados da estufa e transferidos para um dessecador, onde passam por um processo de secagem. Posteriormente, as amostras foram pesadas novamente, para o controle da perda de umidade.

Logo em seguida foi iniciada a análise de matéria orgânica. Para o mesmo foi necessário a utilização de cadinhos de porcelana (Figura 15), que foram preparados da mesma forma dos utilizados para realizar a análise de umidade.

Figura 15: Cadinhos de porcelana



Fonte: Autor (2024)

Foram medidas 5 g de solo , retiradas das amostras que foram utilizadas inicialmente para a determinação da umidade, uma vez que o solo não retém mais a mesma quantidade de água. Após a pesagem, as amostras foram colocadas na mufla a 550 graus por seis horas (Figura 17), em seguida, foi necessário um dessecador para resfriamento e prevenção da absorção de umidade (EMBRAPA, 2017). Após um resfriamento completo, as amostras foram novamente pesadas para obtenção dos valores de matéria orgânica do solo na fazenda escola.

Figura 16: Amostras na mufla



Fonte: Autor (2024)

Da amostra, foram retirados 0,5 g, onde em cada amostra foi realizada uma triplicata totalizando trezentas amostras para iniciar o processo de pré-digestão (conforme mostrado na Figura 18). Ou seja, as trezes amostras agora ficaram em 42 amostras, foi um processo

cauteloso. A análise dos metais pesados de interesse envolveu a execução de uma pré-digestão das amostras de solo que foi a abertura deste. Para a abertura das amostras, foi adotado o método de digestão de ácido nítrico-clorídrico numa proporção de 1:3 (ANG E LEE, 2005).

Figura 17: Pesagem das amostras para a abertura.



Fonte: Autor (2024)

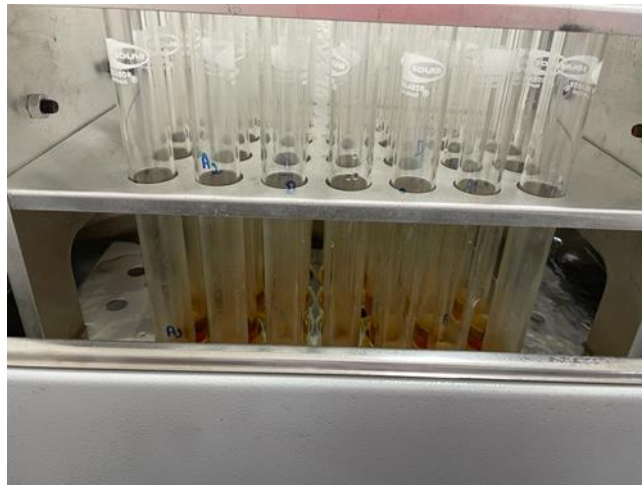
Inicialmente, o solo foi transferido agora para tubos para iniciar o processo de digestão (Figura 18), que se iniciou adicionando 9 ml da mistura ácida recém-preparada (Figura 19). Os tubos contendo as amostras foram então colocados em um banho-maria (Figura 20), onde foram fervidos a 85°C por um período de 4 horas. Este procedimento garantiu a dissolução completa das amostras, possibilitando a análise dos metais pesados de interesse (ANG e LEE 2005).

Figura 18: Amostras nos tubos identificados com letras dos respectivos pontos.



Fonte: Autor (2024)

Figura 19: Amostras no banho maria



Fonte: Autor (2024)

Figura 20: Amostras após banho maria



Fonte: Autor (2024)

Durante este processo as paredes internas dos tubos foram lavadas com água ultra-pura feita no Ultrapure (TYPE) WATER (Figura 21), para evitar a perda da amostra. Na última parte do processo de digestão as amostras foram filtradas com filtro do tipo faixa azul (Figura 22). Estas foram adicionadas ao balão volumétrico de 50 mL adicionando água ultrapura em uma quantidade suficiente para se obter um volume final do balão volumétrico (UDDIN, 2016).

Figura 21: Ultrapure (TYPE) WATER



Fonte: Autor (2024)

Figura 22: Filtro Quantitativo.



Fonte: Autor (2024)

Para a última etapa da digestão foi utilizado o equipamento de Espectrofotômetro de Absorção Atômica para a medição dos metais pesados de interesse nas amostras (UDDIN, 2016) . Antes de realizar a leitura, foi necessário realizar a calibração do equipamento. Além disso, as amostras foram comparadas com amostras-base do metal escolhido para a leitura, com o objetivo de estabelecer uma referência para as amostras de solo a serem analisadas. Essa comparação permitiu obter uma base de comparação e avaliar a presença e concentração dos metais pesados nas amostras em estudo.

Foi necessário garantir que a lâmpada correspondente ao metal escolhido esteja presente para realizar a leitura de cada amostra. Após essa etapa, iniciou a leitura utilizando a amostra previamente identificada no equipamento, a amostra foi colocada no equipamento e a leitura realizada. Em seguida, o processo foi repetido para a próxima amostra. A cada leitura, foi colocado no Espectrofotômetro a amostra que contém apenas água ultrapura para estabelecer uma leitura de referência e garantir a precisão dos resultados obtidos.

Foi realizada a leitura de um elemento por vez começando com cobre, em seguida o magnésio, ferro e por último o potássio Cada elemento levou 4 horas para realizar a leitura das amostras como demonstrada na figura 23.

Figura 23: Realização da leitura no equipamento



Fonte: Autor (2024)

Após finalizadas as leituras foi feita a última análise a de pH do solo, para esta foi necessário pesar 10 g dos solos coletados de cada ponto, para esta análise também foi feita uma triplicata das amostras. A quantidade anteriormente pesada foi adicionada em um copo de plástico de 50 ml, adicionados 25 ml de água destilada. Cada amostra foi agitada com um bastão de vidro por 60s e depois ficaram em repouso durante uma hora (EMBRAPA,2017). Depois do repouso, estes foram agitados ligeiramente com o bastão de vidro, após realizado este processo iniciou-se a leitura com pHmetro como visto na figura 24 (DONAGEMA, 2011).

Figura 24: Leitura do pH do solo em água no pHmetro.



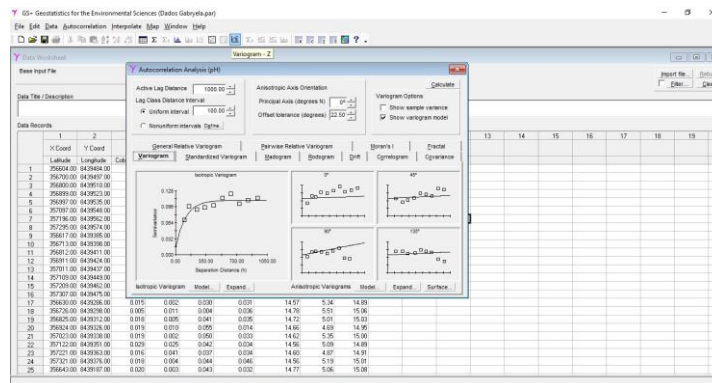
Fonte: Autor (2024)

Após finalizada todas as análises, foi realizada a tabulação de todos os dados,esses valores foram adicionados à planilha do excel, cada dado dos 100 pontos coletados, as amostras de cobre, magnésio, ferro, potássio e ph foi realizada uma triplicata das amostras, destes foi feita uma média. No excel para obter a média, mediana, erro padrão, variância da amostra, mínima e máxima dos mesmos, destes foi feita uma análise descritiva.

Realizou-se uma análise exploratória dos dados das características químicas do solo. Além disso, para identificar a estrutura da dependência espacial dos dados, verificou-se a geoestatística. Os dados experimentais foram submetidos ao ajuste de modelos teóricos de variogramas utilizando o Software GS + versão 7.0®. A análise de dependência espacial, de acordo com as técnicas de geoestatística, parte da suposição de que medições feitas em distâncias curtas são mais semelhantes entre si do que aquelas realizadas em distâncias maiores (LIMA,2010).

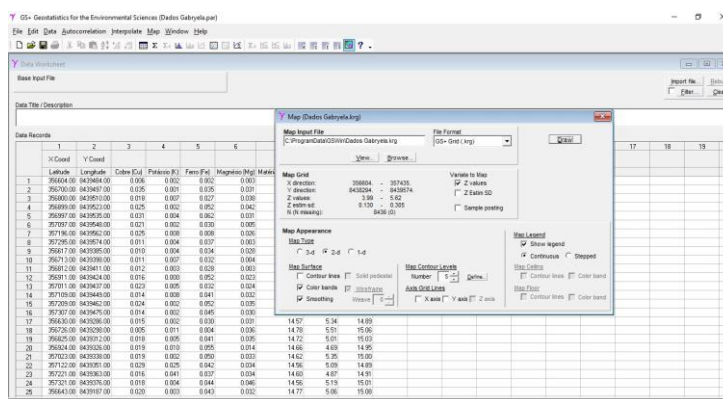
Onde os dados que estavam no excel foram transferidos para o GS+ versão 7.0® para obter o variograma e mapa (Figura 26 e 27) da escola fazenda para cada atributo analisado.

Figura 25: Para a obtenção do variograma no programa



Fonte: Autor (2024)

Figura 26: Para a obtenção do Mapa no programa



Fonte: Autor (2024)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados seis atributos químicos do solo e um atributo físico sendo a umidade, e na Tabela 1, encontram-se os valores da estatística descritiva. Esses representam as médias dos atributos químicos do solo para a profundidade de 0-10 cm, acompanhados de seus respectivos desvios padrão. Os valores de média e mediana foram na sua maioria similares, indicando a normalidade dos dados. Nota-se que de modo geral, apresentou baixa amplitude numérica, mostrando um solo bastante pobre nos atributos aqui estudados. Os solos da escola são bastante perdidos, pelo intemperismo, como pode ser visto nos mapas de isolinhas resultados semelhantes ao trabalho de Guedes (2009).

Segundo a classificação feita pela Embrapa (2015), a escala do pH usada para medir a acidez ativa varia entre 0 e 14, quando o pH se situa entre 4 a 5 indica a presença de alumínio trocável indicando solos ácidos, mas quando o pH está em torno de 5,2 a 5,3 o alumínio trocável está quase na sua totalidade insolubilizado e não causa mais danos às raízes (SOBRAL, 2015). Os resultados apresentados da média do pH em água foi de 5,1 demonstrando que os solos da escola fazenda são ácidos.

Os teores de matéria orgânica de Cu, Fe, Mg e K encontram-se baixos o que sugere que o solo da escola fazenda apresenta baixa fertilidade. Os valores baixos das bases trocáveis magnésio e potássio indicam que o solo sofreu muito intemperismo (SOBRAL, 2015). A baixa fertilidade observada em solos sob vegetação natural é uma ocorrência esperada, decorrente do

acúmulo de nutrientes na parte aérea e nas raízes, em comparação com espécies exóticas que recebem adubação (LIMA,2010), onde nas áreas da escola fazenda não houve nenhum tipo de manejo, estando presente ainda sua vegetação natural predominante que é o cerrado.

Tabela 1: Estatística descritiva dos atributos químicos do solo.

Atributos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Assimetria	CV (%)
Cu	0,02	0,02	0,005	0,29	277
K	0,011	0,007	0,011	2,26	0,01
Fe	0,036	0,041	0,014	1,03	0,02
Mg	0,03	0,03	0,011	1,05	0,01
MOS	0,323	0,26	0,39	6,15	15,3
Umidade	0,205	0,107	0,35	4,15	12,3
Ph (H2O)	5,12	5,21	0,325	2,02	10,5

*MOS: matéria orgânica * CV: coeficiente de variação * Cu:Cobre * K: Potássio * Fe: Ferro *Mg: Magnésio.

Segundo Júnior et al. os coeficientes de assimetria são utilizados para caracterizar como e quanto e a distribuição de frequência se e próxima ou não da simetria, se os valores apresentados forem zero é considerada simétrica, distribuição é assimétrica à direita e positiva, caso der negativo e a esquerda. O cobre (Cu) apresentou coeficiente zero demonstrando que é assimétrico positivo, já os outros atributos apresentaram valores acima de zero sendo considerados de assimetria negativa, sendo o de maior valor o da matéria orgânica (MOS) com 6,15.

O Coeficiente de Variação (CV) é uma medida que representa a estimativa do erro experimental em relação à média geral do ensaio. Acredita-se que, quanto menor for a estimativa do CV, maior será a precisão do experimento, e vice-versa. Em outras palavras, uma maior precisão está associada a uma maior qualidade experimental, resultando em diferenças menores entre as estimativas de média que são estatisticamente significativas. Segundo a classificação de Warrick (1980) tem-se que os valores de CV para K, Fe, Mg, umidade e matéria orgânica (MOS) apresentaram valores baixos sendo considerados dados homogêneos, somente o CV para Cu apresentou valor acima de 35% este é visto como uma série heterogênea. apresentou valor acima de 35% este é visto como uma série heterogênea.

A Tabela 2 exibe a correlação entre os atributos químicos. As correlações entre Cu e K, MOS e K, pH e K, Cu e pH, F e MOS, ph e MOS, Mg e pH foram negativas para todos esses atributos. Desta forma quanto mais elevado for o nível de toxicidade do solo, menor será a presença das bases trocáveis como K e Mg, e para matéria orgânica (MOS), Cu e Fe.

Tabela 2: Correlação dos atributos químicos

Atributo	Cu	K	Fe	Mg	Matéria orgânica	Umidade	pH
pH	0,1332089	0,1247636	0,0732997	0,1163142	0,170007502	0,023809206	1

A determinação do alcance do semivariograma permite inferências sobre a distância máxima de homogeneidade em relação às amostras vizinhas, como visto na tabela 3 (GOMES,2022). Os atributos com o maior alcance foram Cu e K, atingindo 3110,0 metros, enquanto o pH demonstrou o menor alcance, com 116,00 metros. Compreender o alcance da dependência espacial é crucial para determinar o raio de amostragem, garantindo a independência dos pontos amostrais.

O modelo teórico de semivariograma que melhor se ajustou aos dados foi o esférico. A avaliação do Índice de Dependência Espacial (IDE), de acordo com os critérios estabelecidos por Zimback (2001), classificou-o como moderado para os atributos K, Cu e Fe, e forte para MOS e umidade e baixo para o pH. Desta forma, quanto maior o IDE de um atributo, melhor é a estimativa por meio da técnica de krigagem para locais não amostrados.

Tabela 3: Parâmetros dos modelos teóricos de semivariância ajustados para atributos da química do solo.

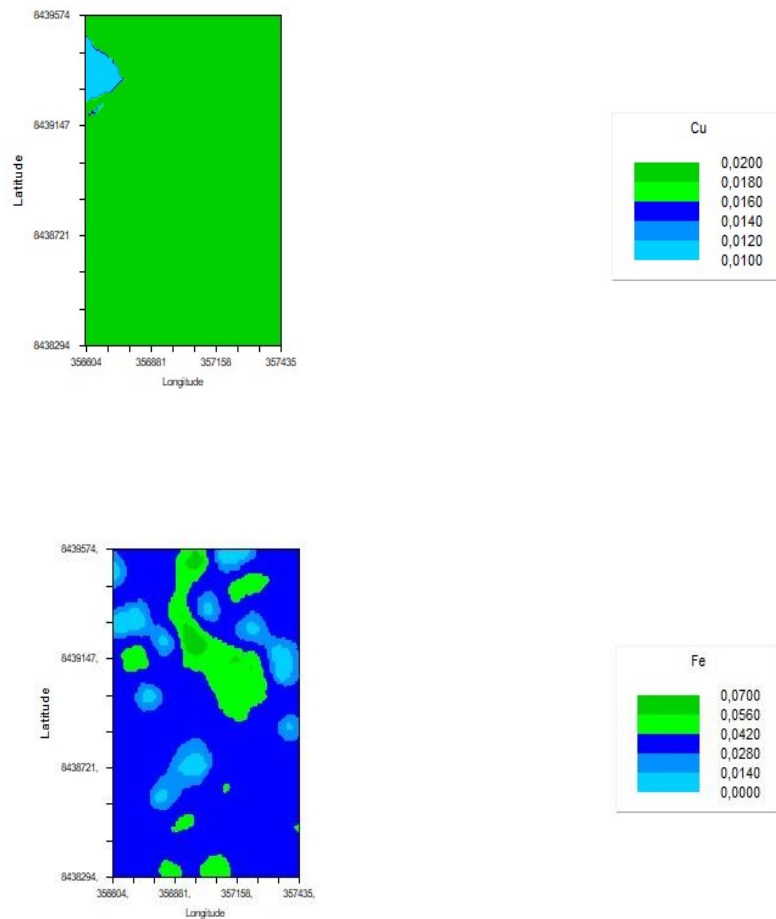
Atributos	Co	Co+C	r2	A(o)	Grau de dependência
pH	0,0144	0,1088	0,674	116	13,23
MOS	0,10894	0,10894	0,36	940,07	100
Umidade	0,10793	0,10793	0,149	940,07	100
K	0,00009	0,00041	0,526	3110	21,95
Cu	0,00002	0,00005	0,647	3110	40
Fe	0,00001	0,00022	0,427	150	45,45
Mg	0,00014	0,00014	0,024	940,07	100

Nas Figuras 27, 28 e 29 são apresentados os mapas temáticos obtidos através da interpolação dos dados por krigagem. Os mapas de isolinhas permitiram visualizar as melhores regiões que apresentavam cada atributos, sendo que alguns se apresentaram bem dispersos e com baixa quantidade ao longo da área, como Ferro (Fe) se concentraram em maior quantidade em uma malha amostral nos primeiros pontos.

O mapa de isolinha mostra que a presença maior de Potássio (K) foi encontrada nos últimos pontos estes são mais próximos à vereda, o que sugere que o solo está tendo perda por lixiviação.

Os teores de ferro encontram-se distribuídos na área, porém foi encontrado em maior quantidade nos primeiros pontos com valores entre 0,0560 a 0,0700 em uma malha da área.

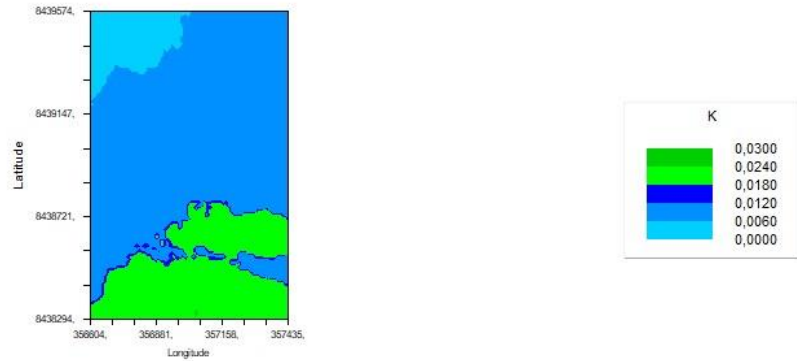
Figura 27: Mapas dos atributos químicos avaliados neste estudo. *Cu (Cobre), Fe (Ferro).



Fonte: Gs+

Para a umidade e matéria orgânica (MOS) apresentaram o efeito de pepita pura (EPP), não sendo possível distinguir a distribuição espacial destes dados estudados devido à presença do efeito, onde ao gerar os dados houve a presença de valores negativos. Um fator que pode ter influenciado para a ocorrência do efeito de pepita pura e a amostragem insuficiente do solo. Significando desta forma que a dependência espacial não pode ser quantificada, a informação que melhor representa o conjunto de dados é a média destes dados. Sendo que para o atributo Mg também ocorreu o mesmo apresentando um dado negativo dessa forma apresentando EPP. Sendo esses resultados semelhantes aos encontrados no trabalho de Silva (2011).

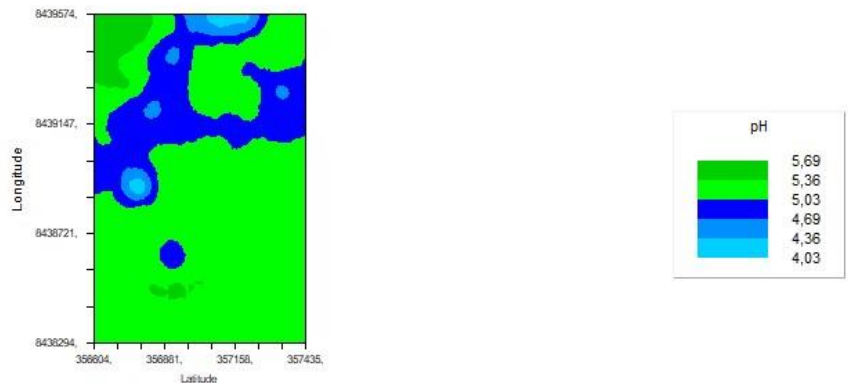
Figura 28: Mapa do atributo químico avaliado neste estudo. * k(potássio)



Fonte: Gs+

Na figura 29, mostra onde os valores de pH se apresentam mais ácidos na área, sendo estes nós os pontos iniciais apresentaram pH entre 4,03 e 4,69. Nos pontos localizados mas no final da área, apresentou uma malha com o pH de 4,69.

Figura 29: Mapa representativo do pH na área



Fonte: Gs+

Os atributos químicos do solo revelaram alcances moderados, sinalizando a efetividade da grade de amostragem na identificação da variação espacial desses elementos. A análise dos valores de alcance também foi possível observar a variabilidade espacial entre os atributos químicos em cada ponto, uma vez que os valores apresentaram uma gama variada.

6. CONCLUSÕES

Dessa forma, a utilização desses mapas, juntamente com a espacialização das classes de interpretação dos teores dos atributos químicos do solo, permite a formulação de estratégias de manejo de calagem e adubação. Isso possibilita elevar a fertilidade do solo e planejar, para o futuro, a presença apenas da classe mais adequada para a cultura a ser implantada, como no caso do pH em água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ang H, Lee K. **Analysis of mercurio in Malaysian herbal preparations : a peer-review.** *Biomed Sci.* 2005;4: 31-6.

ARAÚJO, D. C. dos S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. de A.; SILVA JUNIOR, V. DE P.; SANTOS, S. M. dos. **Variabilidade espacial de atributos do solo em uma bacia experimental no semiárido da região do pernambucano, Brazil.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 38-44, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n1p38-44>

ALVARES, C.A; STAPE, J.L; SENTELHA, P.C; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Koppen´s climate classification map for Brazil** *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.

ASSAD, Eduardo Delgado et al. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado.** 23-89p, 2020.

BAERDEMAEKER, J. de. **Precision Agriculture Technology and Robotics for Good Agricultural Practices.** IFAC Proceedings Volumes, v. 46, n. 4, p. 1- 4, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3182/20130327-3-JP3017.00003>.

BOTTEGA, Eduardo Leonel et al. **Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro.** *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, p. 1-9, 2013.

BUSTAMANTE, M. M. C. et al. **Os impactos potenciais das mudanças climáticas no funcionamento biogeoquímico dos ecossistemas do cerrado.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3 SUPPL., p. 655- 671, 2012.

CARNEIRO, J.S.S.; Faria, Á.J.G.; Fidelis, R.R.; Silva Neto, S.P.; Santos, A.C. & Silva, R.R. (2017) – **Diagnóstico da variabilidade espacial e manejo da fertilidade do solo no Cerrado.** *Scientia Agraria*, vol. 17, n. 3, p. 38-49. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i3.50096>.

CHERUBIN, M.R.; Santi, A.L.; Eitelwein, M.T. Amado, T.J.C.; Simon, D.H. & Damian, J.M. (2015) – **Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial**

de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 50, n. 2, p. 168-177.

COMPARIN, Pedro José de Souza et al. **Densidades amostrais combinadas com pontos adicionais na variabilidade espacial de atributos químicos do solo.** 2023.

DE SOUZA, Zigomar Menezes; DE SOUZA, Gustavo Soares. **Número de amostras e seus efeitos na análise geoestatística e krigagem de atributos do solo.** 2011.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H.M (Org). **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. rev. Rio de Janeiro:

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de Solo.** 2 ed. rev. atual. 212 p. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2017. Disponível em: <

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>>.

FACCO, Daniela Basso et al. **Atributos químicos e matéria orgânica do solo sob diferentes manejos em Latossolo do Cerrado.** 2020.

FERREIRA, Rildo Mourão; DA SILVA LINO, Estefânia Naiara. **Expansão Agrícola no Cerrado: O desenvolvimento do Agronegócio no Estado de Goiás entre 2000 a 2019.** Caminhos de Geografia Uberlândia-MG, v. 22, p. 01-17, 2021.

GREGO, Célia Regina; OLIVEIRA, RP de; VIEIRA, Sidney Rosa. **Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão.** BERNARDI, AC de C.; NAIME, J. de M, p. 74-83, 2014.

GOMES, Kessy Jhonis Silva. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo após queima de resíduo vegetal.** 2022.

GUO, W.; MAAS, S. J.; BRONSON, K. F. **Relationship between cotton yield and soil electrical conductivity, topography, and landsat imagery.** Precision Agriculture, v. 13, p. 678-692, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9277-2>

Guedes Filho, OSVALDO (2009). **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. Campinas: Instituto Agrônomo

JUNIOR, H. et al. **Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de Eucalyptus sp.** Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 859-866, mar. 2007.

LIMA, Julião Soares de Souza; SOUZA, Gustavo Soares de; SILVA, Samuel Assis. **Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração**. Revista *Árvore*, v. 34, p. 127-136, 2010.

MAPA. **Principais conceitos e expressões utilizados na agricultura de precisão** - ap. n. 61, p. 1, 2017.

MATIAS, Sammy Sidney Rocha et al. **Recomendação de calagem com base na variabilidade espacial de atributos químicos do solo no Cerrado brasileiro**. Revista de Ciências Agrárias, v. 42, n. 4, p. 896-907, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado**, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 25 de maio de 2023.

MOTA, Karina Régia Machado et al. **Manutenção da diversidade vegetal arbórea do cerrado em áreas utilizadas para produção de carne**. 2012.

OLIVEIRA, I.A.; Marques Junior, J.; Costa Campos, M.C.; de Aquino, R.E.; de Freitas, L.; Silva Siqueira, D. & da Cunha, J.M. (2015) – **Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da Região de Manicoré, AM**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. vol. 29, n. 3, p. 668-681.
<http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140496>

DE OLIVEIRA, L. B. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 1979.

PONTES, Leonardo Barros; CAVICHIOLI, Fabio Alexandre. **Agricultura de precisão**. 2019.

RESENDE, J.M.A.; Júnior, J.M.; Martins Filho, M.V.; Dantas, J.S.; Siqueira, D.S. & Teixeira, D.B. (2014) – **Variabilidade espacial de atributos de solos coesos do leste maranhense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 38, n. 4, p. 1077-1090.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2020.

Seidel, EJ e Oliveira, MSD (2014). **Novo índice geostatístico para a mensuração da dependência espacial**. Revista Brasileira de Ciência do Solo , 38 , 699-705.

SILVA, Luciana Duque et al. **Importância em se conhecer o tipo de solo e as particularidades da adubação em áreas de cerrado**. 2021

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, A. F. **Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 1, p. 1- 8, 2010.

SOBRAL, Lafayette Franco et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. 30-78p,2015.

SOUSA, DMG, & Lobato, E. (2004). **Cerrado: Correção do solo e adubação** . Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

STURARO, JOSÉ RICARDO. **Apostila de geostatística básica**. Rio Claro, UNESP, IGCE, 34p , p. 17, 2015.

UDDIN, ABM Helal et al. **Comparative study of three digestion methods for elemental analysis in traditional medicine products using atomic absorption spectrometry**. Journal of analytical science and technology, v. 7, p. 1-7, 2016.

VIEIRA, SR (2000). **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo , 1 , 1-53.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. P.319-344. WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in the Field. In: STEWART, B.A. (Ed). Advances in soil science. New York: Springer-Verlag, 1985.v.3, p.1-70.