



ANAIS

MÉTODO DE INTERPOLAÇÃO APLICADO PARA ESPACIALIZAÇÃO DE AREIA EM BACIA HIDROGRÁFICA COMO FORMA DE SUBSIDIAR À GESTÃO TERRITORIAL

ALESSANDRO JUNIOR

alessandro.junior@unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - ICTS - CÂMPUS DE SOROCABA

ARTHUR PEREIRA DOS SANTOS

arthur.p.santos@unesp.br

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

ANA LAURA DE PAULA

al.paula@unesp.br

UNESP SOROCABA

LETICIA TONDATO ARANTES

leticia.tondato@unesp.br

UNESP

DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA

darllan.collins@unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA CÂMPUS DE SOROCABA

RESUMO: Quantificar a areia presente no solo é fundamental para analisar a funcionalidade dos sistemas agrícolas, pois essa está intimamente relacionada com a sua produtividade. Com o progresso da agricultura no Brasil, observa-se uma ampliação das ferramentas disponíveis para estudos sobre o uso do solo. Sendo assim, diante do avanço tecnológico e do aprimoramento das técnicas de geoprocessamento, é possível, por meio de amostragem, espacializar esses valores. Portanto, o presente trabalho objetiva, por meio do Interpolador de Média Ponderada pelo Inverso da Distância (Inverse Distance Weighting - IDW), espacializar a concentração de areia presente no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu (BHRS), localizada no estado de São Paulo que possui importância ambiental e econômica para a região, principalmente pela predominância de olericultura proveniente dos agricultores familiares. Para tal, coletou-se 27 amostras no local, sendo essas, analisadas de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os resultados apontam uma alternância entre valores mínimos de 25,21%, valores máximos de 73,23% e uma média de 42,03% por toda a bacia hidrográfica, corroborando com estudos realizados no local, bem como a pedologia encontrada, no qual é marcado pelo Latossolo Vermelho-Amarelo. Entretanto, o sudeste apresentou teores elevados de areia no solo, se confirmando mediante as práticas de uso e ocupação no entorno do ponto de amostragem. Ademais, na BHRS há a predominância do desenvolvimento de olericultura, que em sua maioria, é composta pelo desenvolvimento das culturas temporárias, o qual possuem um potencial de provocar uma erosão significativa, devido aos processos mecanizados, resultando em teores elevados de areia no solo. Posto isso, práticas de conservação do solo surgem como uma alternativa para a devida conservação da área, sendo esses aplicados em pontos estratégicos para o desenvolvimento da agricultura. Por fim, é possível concluir que o estudo realizado vai de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, mediante aos resultados encontrados, e que as técnicas de geoprocessamento aplicadas neste trabalho mostraram desempenho satisfatório para fins de avaliação desse parâmetro e correlações com essas atividades, sendo esses resultados primordiais para as tomadas de decisão agrícolas, da mesma forma que o desenvolvimento sustentável da BHRS.

PALAVRAS CHAVE: Areia, IDW, Olericultura, BHRS

ABSTRACT: Quantifying the sand present in the soil is essential to analyze the functionality of agricultural systems, as this is closely related to their productivity. With the progress of agriculture in Brazil, there has been an expansion of the tools available for studies on land use. Thus, in view of technological advances and the improvement of geoprocessing techniques, it is possible, through sampling, to spatialize these values. Therefore,

the present article aims, by means of the Inverse Distance Weighting (IDW) Interpolator, to spatialize the concentration of sand present in the soil of the Sorocabuçu River Basin (BHRS), located in the state of São Paulo, which has environmental and economic importance for the region, mainly due to the predominance of olericulture from family farmers. To this end, 27 samples were collected at the site, which were analyzed according to the methodology proposed by the Agronomic Institute of Campinas (IAC). The results point to an alternation between minimum values of 25.21%, maximum values of 73.23% and an average of 42.03% throughout the watershed, corroborating with studies carried out on site, as well as the pedology found, in which it is marked by the Red-Yellow Latosol. However, the southeast showed high levels of sand in the soil, which was confirmed by the practices of use and occupation in the vicinity of the sampling point. In addition, in BHRS there is a predominance of the development of horticulture, which is mostly composed of the development of temporary crops, which have a potential to cause significant erosion due to mechanized processes, resulting in high levels of sand in the soil. That said, soil conservation practices emerge as an alternative for the proper conservation of the area, which are applied at strategic points for the development of agriculture. Finally, it is possible to conclude that the study carried out is in accordance with the UN Sustainable Development Goals (SDGs), based on the results found, and that the geoprocessing techniques applied in this work showed satisfactory performance for the purpose of evaluating this parameter and correlations with these activities, these results being essential for agricultural decision-making, as well as the sustainable development of BHRS.

KEY WORDS: Sand, IDW, Olericulture, BHRS.



1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira, uma das principais atividades econômicas do país, é fortemente influenciada pelas características climáticas locais e pelas alterações dessas durante o tempo (CHELALA e CHELALA, 2023). Nessa perspectiva, a diversidade de solos no Brasil resulta da variação em aspectos topográficos, bióticos, climáticos, materiais de origem e processos de formação do solo (PINHEIRO JÚNIOR et al., 2020).

Predominantemente, os solos brasileiros pertencem às ordens de latossolo e argissolo, apresentando desafios relacionados à fertilidade natural, principalmente devido às condições climáticas quentes e úmidas que afetam a mineralogia, granulometria e teor de matéria orgânica do solo (NANNI et al., 2021). Além disso, existe a limitação na produtividade agrícola impostas pelas características desses solos, muitas das vezes, influenciadas pelas práticas inadequadas de manejo e uso da terra (FEITOSA et al., 2020; FERREIRA, 2024). Nesse contexto, Os Latossolos Vermelho-Amarelos também são profundos, possuem boa drenagem e baixa fertilidade natural como supracitado, no entanto há ocorrências de solos eutróficos, com alta fertilidade (IBGE, 2015).

A gestão do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas desempenha um papel crucial na priorização, planejamento e gerenciamento dos recursos relacionados a agricultura. É fundamental que pesquisadores, gestores e tomadores de decisão abordem essa questão para desenvolver políticas e planos que assegurem um desenvolvimento sustentável (DA CUNHA et al., 2017; PUNO et al., 2019; SIMONETTI et al., 2019)

Portanto, ressalta-se a importância da escolha criteriosa de técnicas de manejo que possam impulsionar tanto a produtividade das culturas quanto a preservação do solo. Nessa perspectiva, a análise granulométrica do solo desempenha um papel fundamental nesse contexto, pois ao fornecer dados sobre a textura do solo, permite inferências relacionadas a outras características do solo que influenciam sua capacidade de produção e fertilidade (OLIVEIRA et al., 2020; EDUARDO et al., 2023).

Além do mais, Guerra et al. (2018) destaca que a degradação do solo pode ser originada por uma variedade de fatores, os quais podem exercer influência tanto de maneira direta quanto indireta, podendo ser associadas ao processos de desmatamento, utilização inadequada do solo para atividades agrícolas ou pastoris, exploração excessiva da vegetação, remoção da cobertura vegetal para diversas finalidades como agricultura e construção, uso inadequado e excessivo de maquinário, excesso de umidade ou drenagem inadequada do solo, aplicação inadequada de fertilizantes, além da deposição de resíduos domésticos e industriais, entre outros fatores.

Com o progresso da agricultura no Brasil, observa-se uma ampliação das ferramentas disponíveis para estudos sobre o uso do solo. Nesse cenário, o uso das técnicas de sensoriamento remoto ganha destaque, sendo utilizado em pesquisas que contemplam diversas escalas de tempo e espaço, conforme estudos correlatos Lausch et al. (2020), Santos et al. (2023).

Assim, acredita-se que a avaliação da quantidade de areia presente no solo, especialmente em bacias hidrográficas de relevância ambiental, emerge como uma ferramenta crucial de planejamento, fornecendo informações essenciais para a identificação de áreas prioritárias para o desenvolvimento agrícola.

Considerando essa relevância, o presente estudo objetiva analisar a distribuição espacial da areia no solo da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu (BHRS), visando fornecer um recurso que possa auxiliar os gestores agrícolas da região na identificação das áreas com maior e menor potencial agrícola e econômico, além de destacar as regiões prioritárias para a implementação de práticas conservacionistas.



2. REVISÃO TEÓRICA

O solo é o produto do processo de pedogênese, composto por material mineral e/ou orgânico não consolidado na superfície, fornecendo a base para o crescimento das plantas. Sua classificação pode ser determinada pela localização e posição no relevo, bem como por suas características físicas, como estrutura, coloração, acidez, textura, granulometria, porosidade, permeabilidade, definição dos horizontes, composição química, entre outros fatores (IBGE, 2015).

O solo desempenha um papel fundamental como recurso natural na superfície terrestre, especialmente no que diz respeito à produção de alimentos (GALLARDO, 1988). Sua formação é resultado da interação de cinco fatores: a) o material original (rocha); b) o clima, que englobam variáveis como umidade e temperatura, desencadeando processos de intemperismo; c) o relevo, que regula a infiltração de água; d) o tempo de exposição do material e, por fim; e) os organismos vivos, que têm um papel importante na decomposição, transformação da rocha e fornecimento de matéria orgânica (REICHARDT & TIMM, 2012).

O Brasil é reconhecido por sua vasta extensão territorial na América do Sul, abrangendo aproximadamente 851 milhões de hectares, o que o coloca como o quinto maior país do mundo. Notavelmente, destaca-se na produção de alimentos, com cerca de 152,5 milhões de hectares dedicados a atividades agrícolas, conforme mencionado por DEMATTÊ et al. (2019). Destarte, considerando a diversidade dos tipos de solos presentes no Brasil, a análise física do solo, verificada por meio de sua granulometria, surge como um componente essencial, pois ela determina a distribuição do tamanho das partículas do solo, conforme destacado por Torres et al. (2023), exercendo influência no comportamento físico-hídrico (CALDAS et al., 2019).

Toda via, apesar do Brasil ter um papel significativo no cenário global em termos de cultivo agrícola, a crescente demanda por alimentos destaca a necessidade de obter informações mais detalhadas sobre as características dos solos, o que é essencial para aumentar a produtividade agrícola (SILVA et al., 2020). No entanto, o uso e o manejo adequados do solo desempenham um papel crucial na determinação dos atributos do solo e do rendimento das culturas, uma vez que as plantas necessitam de condições ótimas para seu desenvolvimento, incluindo condições físicas, químicas e biológicas do solo (MARTINI et al., 2020).

Entre os principais métodos utilizados para determinar a textura do solo, estão a textura expedita, o método do densímetro, o método da pipeta e os métodos nucleares, embora estes últimos sejam menos comuns (BLAKE e HARTGE, 1986). O método do densímetro é amplamente utilizado para quantificar as frações granulométricas do solo, envolvendo a medição direta da concentração das partículas. Por sua vez, o método da pipeta é caracterizado pela coleta de agregados do solo através de pipetas, seguindo protocolos específicos de profundidade e tempo

Dentro desse contexto, o emprego de tecnologias como GPS, sensoriamento remoto e métodos estatísticos e geoestatísticos tem sido progressivamente explorado para aprimorar a capacidade de coleta, análise e previsão de informações relacionadas à granulometria do solo, sendo a precisão na representação dos padrões espaciais um elemento crucial (SOUZA et al., 2014; BREVIK et al., 2016).

Mediante a isso, diversas pesquisas têm utilizado geotecnologias, especialmente Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para mapear as características físicas do solo. Segundo Silva et al. (2007), o emprego do Sistema de Informação Geográfica (SIG), Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto tem se estabelecido como ferramentas cruciais

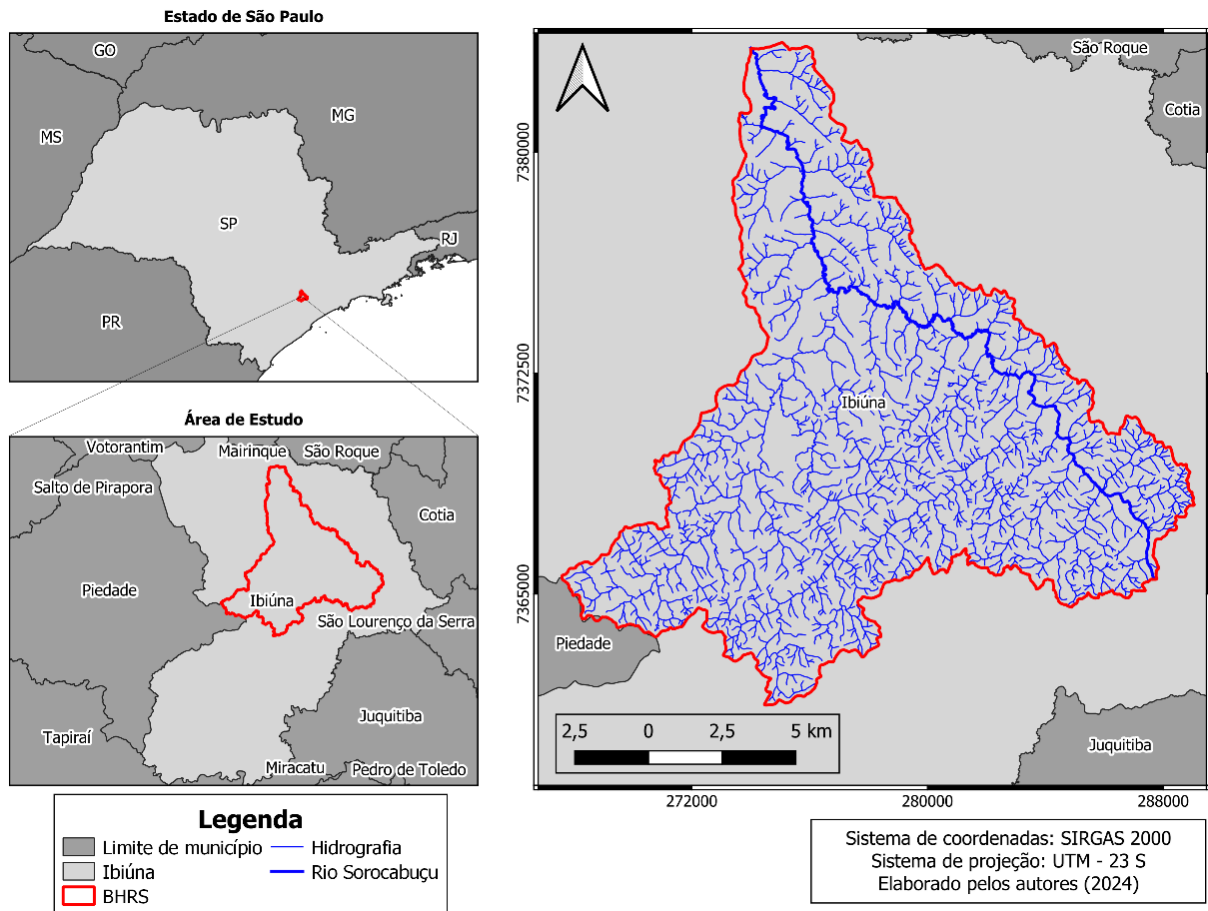
tanto para a avaliação de questões ambientais quanto para a agricultura. Isso se deve à contínua evolução da tecnologia e à disseminação das técnicas que envolvem os SIGs, que, combinadas com o Sensoriamento Remoto, permitem a integração de modelos e análises ambientais ao ambiente SIG (LALITHA e LATHA, 2022; FREIMAN e CARVALHO, 2020; YANG et al., 2020).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A BHRS (Figura 1) pertence à região do Alto Rio Sorocaba, integrada à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI-10). Está localizada na região sudeste do estado de São Paulo, com uma área de aproximadamente 202 km², estando inserida, totalmente, no município de Ibiúna - SP, que possui uma população de aproximadamente 75 mil habitantes e uma espacialidade territorial de 1.060 km² (IBGE, 2024).

Figura 1 - Localização da área da bacia hidrográfica do Rio Sorocabuçu.



Fonte: Autores (2024).

O Rio Sorocabuçu, em conjunto com o Rio Sorocamirim, dá origem ao Rio Sorocaba, apresentando grande importância na formação da represa de Itupararanga, uma vez que o

reservatório é a principal fonte de abastecimento de água e energia da Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) (SIMONETTI et al., 2017).

A pedologia na BHRS é predominantemente marcada pelo Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Gleissolo Melânico (GM1), correspondendo respectivamente a 89% e 10% da área de bacia hidrográfica (ROSSI, 2017), e a principal fonte de renda da população residente no local é a atividade agrícola, enfocada na produção de olericulturas (SOUSA et al., 2022).

3.2. Procedimento metodológico

3.2.1. Elaboração da base cartográfica e análise física do solo

A coleta de dados referente aos aspectos físicos do solo foi realizada em 27 pontos amostrais, distribuídos regularmente ao longo da BHRS. Em campo, contou-se com o auxílio do GPS, com as coordenadas previamente determinadas em laboratório.

Para tal, considerou-se uma profundidade de 0-20 cm, no qual foi retirado cerca de 500g de solo por meio do uso da escavadeira. Neste ponto, convém destacar que, em cada ponto amostral foi realizado a caracterização ambiental por meio de fotografias.

Posteriormente, as amostras foram identificadas, preparadas e analisadas junto ao Laboratório de Águas e Solos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS) – UNESP, tendo como base a metodologia e as normas técnicas apresentadas pelo Boletim Técnico 106 do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (IAC, 2009), o qual apresenta estrutura e disponibilidade de equipamentos para que o projeto possa ser desenvolvido.

3.2.2. Distribuição espacial da areia

Para a distribuição espacial da areia, utilizou-se o Interpolador de Média Ponderada pelo Inverso da Distância (*Inverse Distance Weighting* - IDW) (Equação 1). Nesta etapa, utilizou-se o software ArcGis 10.6.

O uso do interpolador IDW com expoente igual a 2 apresentou resultados satisfatórios para estimar a distribuição de atributos físicos dos solos no trabalho desenvolvido por Souza et al. (2010), justificando o seu uso nesse estudo. O método utiliza a combinação de pontos amostrais próximos, de forma que pontos mais próximos apresentam valores similares e exercem maior influência sobre o valor a ser interpolado, enquanto pontos mais distantes são independentes e não exercem influência no resultado (RIGHI; BASSO, 2016).

$$xp = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} * xi \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (1)$$

Onde:

- xp refere-se ao atributo interpolado;
- xi refere-se ao valor do atributo do i-ésimo ponto de amostragem;
- di refere-se distância euclidiana entre o i-ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;
- n refere-se ao número de amostras.

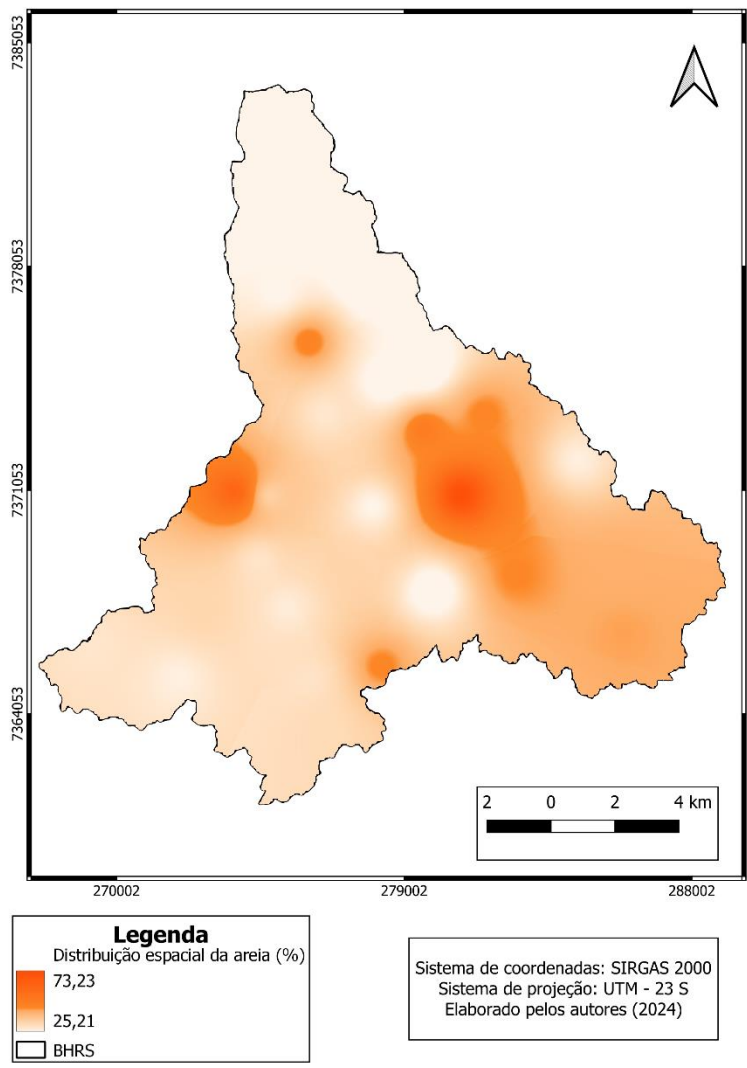
Posteriormente, após o uso da ferramenta supracitada, realizou-se a extração de pixel por pixel, resultando no valor do parâmetro estudado. Dessa forma, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva sendo a sua média, valor mínimo, máximo e o coeficiente de variação. Para interpretar o coeficiente de variação (CV%), foi seguido a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), onde valores abaixo de 15% foram considerados baixos, entre 15% e 50% foram considerados médios e acima de 50% foram considerados altos

Por fim, mediante aos processos supracitados, realizou-se o mapa temáticos contendo a distribuição espacial do parâmetro analisado no presente estudo. Para isso, utilizou-se o software QGIS em sua versão 3.28.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação às análises físicas do solo, em específico a areia, o resultado está dispostos na Figura 2. Na Tabela 1 está disposta a estatística descritiva realizada.

FIGURA 2. Distribuição espacial da areia na BHRS.



Fonte: Autores (2024).

TABELA 1. Estatística descritiva do teor de areia presente no solo

Componente físico de análise	Mínimo (%)	Máximo (%)	Média (%)	Desvio Padrão (+/-)	Coefficiente de Variação (%)
Areia	25,21	73,23	42,03	7,05	16,77

Fonte: Autores (2024).

Conforme demonstrado na Tabela 1, observa-se uma variação dos teores de areia em toda a BHRS, variando de valores mínimos de 25,21% a valores máximos de 73,23%, com um desvio padrão de 7,05% e um coeficiente de variação de 16,77%. No entanto, seguindo a classificação proposta por Warrick e Nielsen (1980), o coeficiente de variação apresenta-se em um nível médio, sendo essa variação influenciada pelo tipo de componente físico examinado, características topográficas da região, entre outros fatores.

Assim, o teor médio de areia no solo na área de estudo foi calculado em 42,03%, que conforme os estudos realizados por Manfré et al. (2011), no qual ele realizou a divisão entre o uso e ocupação do solo, para cultivo orgânico, cultivo convencional, áreas de reflorestamento, áreas vegetadas e áreas de pastagem, considerando o desvio padrão supracitado, os valores encontrados corroboram entre si.

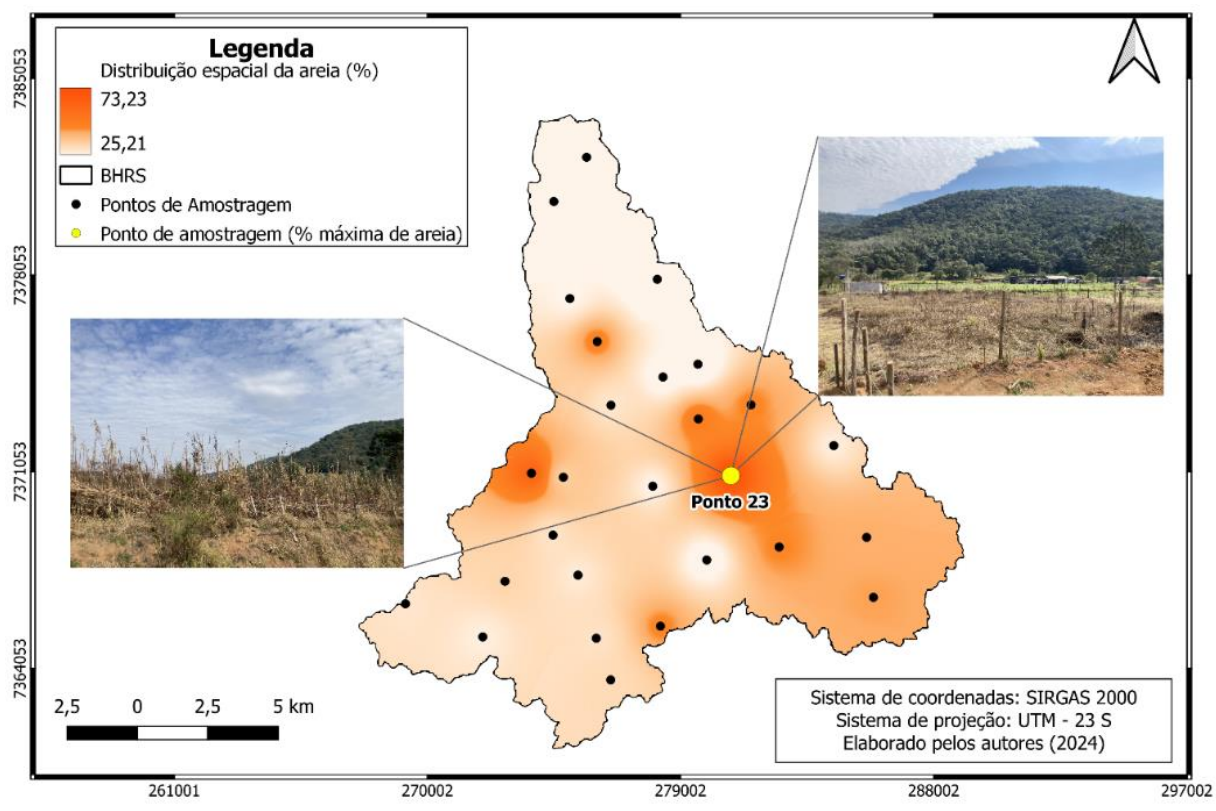
Mediante a figura 2, os dados especializados revelaram os valores mais baixos de argila localizados ao norte da BHRS, correspondendo à topografia do terreno, onde áreas com declividades inferiores a 12% são predominantes, e como evidenciado por Tamataya (2022) o norte da BHRS se encontra em um árduo desenvolvimento antrópico, tanto na expansão de área construída quanto no desenvolvimento da agricultura, que em sua maioria apresenta o cultivo temporário.

Através da observação da Figura 2, percebe-se uma predominância de teores de areia ao sudeste da BHRS, com valores alcançando até 73,23% desse parâmetro no solo, enquanto ao norte são registrados valores mínimos de 25,21%. Essa variação pode estar relacionada tanto aos processos naturais de evolução do solo, conforme classificado por Rossi (2017), quanto ao tipo de uso, ocupação e manejo do solo da área, cuja intensificação pode impactar significativamente nas características mencionadas, conforme destacado por Back (2023).

Como supracitado, as identificações realizadas no entorno do ponto de amostragem que apresentou o valor máximo de areia estão dispostas na Figura 3.

ANAIS

FIGURA 3. Distribuição espacial da areia com identificação do ponto com maior valor na BHRS.



Fonte: Autores (2024).

Outrossim, mediante as fotografias realizadas do ponto de maior concentração de areia no solo, é possível visualizar o alto grau de desenvolvimento antrópico, tal como um solo desprotegido, ou seja, com pouca vegetação, o que facilita o arraste de partículas (LIMA et al., 2022). Nesse contexto, a vegetação desempenha um papel crucial na proteção natural do solo contra a erosão. Ao agir como uma barreira, ela impede o impacto direto das gotas de chuva no solo, além de dispersar a água da chuva por meio da interceptação e do armazenamento nas folhas, galhos e troncos. Além disso, a vegetação contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, melhorando sua permeabilidade e capacidade de retenção de água. Também reduz a velocidade e dispersa o fluxo superficial da água, auxiliando na formação de uma camada de detritos orgânicos no solo (SANTOS et al., 2021).

Ademais, é nítida a diferença de vegetação na encosta do morro em relação ao entorno do ponto de amostragem. Como evidenciado por Costa (2020), a parte sudeste da BHRS apresenta declividades altas, que pode intensificar o processo de erosão, bem como certa fragilidade ambiental, mediante aos processos de desmatamento no local. Destarte, o relevo predominantemente acidentado no sudeste da BHRS cria condições ambientais desfavoráveis para o desenvolvimento de solos profundos e a acumulação de matéria orgânica, resultando em limitações para o uso agropecuário, com a maioria dos solos sendo suscetíveis à erosão. No entanto, a cobertura vegetal florestal desempenha um papel crucial na proteção do solo e no fornecimento de nutrientes, ajudando a mitigar os efeitos do relevo acidentado e das chuvas com alto potencial erosivo (SANTOS et al., 2021).

Sendo assim, a BHRS como supracitado, apresenta um forte desenvolvimento na agricultura, e para isso, diante das áreas com maior concentração de areia no solo, é crucial

priorizar a implementação de práticas de manejo do solo, devido à sua maior suscetibilidade à degradação ambiental.

Conforme ressaltado por Donagemma et al. (2016), os solos arenosos tendem a perder sua capacidade produtiva mais facilmente em comparação com os solos de textura mais fina, mesmo em condições ambientais semelhantes, fato também destacado por Machado e Rhoden (2022). Apesar de sua facilidade de mecanização, esses solos são altamente vulneráveis à erosão devido à baixa coesão entre as partículas de areia e à escassa estabilidade de agregados, como apontado por Scopel et al. (2012).

Além do mais, dada a composição das frações presentes nas classes de solos com maior proporção de areia, é razoável inferir que os solos arenosos possuem baixa capacidade de retenção de água e alta permeabilidade (OR; WRAITH, 2002), impactando diretamente nos fatores ambientais, por meio da susceptibilidade à erosão do solo, e socioeconômico, pois interfere na produtividade agrícola local (GARCIA e LONGO, 2020).

Nesse sentido, o tipo de cultura mais utilizado na BHRS é a temporária. Isto posto, as práticas de cultivo temporário possuem o potencial de provocar uma erosão significativa do solo, devido aos processos de aração e colheita. Durante essas operações, o solo é deslocado das áreas mais baixas para as mais altas, ficando exposto ao ambiente. Nesse contexto, a presença da água desempenha um papel crucial, influenciando diretamente no processo de erosão (CORRÊA et al., 2014).

Além disso, segundo De Alcântara (2017) e Toledo (2023), outras estratégias no manejo agroecológico do solo, como o emprego de adubação verde, compostagem e reciclagem de materiais para sua incorporação, aliadas a técnicas de rotação, sucessão e consórcio de culturas que aumentam a presença de matéria orgânica, são fundamentais para reduzir os efeitos negativos sobre o solo, se confirmando com o estudo realizado por Barbosa et al. (2020), no qual ele concluem que a área sujeita a manejo agroecológico exibiu uma qualidade física do solo superior àquela sob cultivo convencional. Os indicadores revelaram que a qualidade física do solo sob manejo conservacionista se assemelhou àquela encontrada na área de vegetação nativa, indicando que a sustentabilidade ambiental desse tipo de manejo é superior ao método convencional.

Finalmente, a aplicação das técnicas de geoprocessamento apresentadas, bem como o interpolador IDW, mostraram desempenho satisfatório para espacialização e avaliação desse parâmetro uma vez que os resultados obtidos estão em concordância com estudos prévios na BHRS. O ponto 23, identificado com uma alta concentração de areia no solo, está em linha com as características físicas, biológicas e influências humanas da área de estudo. Isso sugere que a quantidade de areia no solo não é apenas determinada por processos naturais, mas também pode ser afetada pelo desenvolvimento humano, resultando em alterações em suas propriedades intrínsecas.

Por último, os resultados aqui apresentados vão de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, principalmente em relação ao seu ODS de nº 2, que objetiva alcançar a fome zero e obter uma agricultura de forma sustentável. Dessa forma, acredita-se que o método aqui apresentado obteve resultados satisfatórios para que os órgãos públicos e fiscalizadores possam tomar decisões de gestão territorial com base no percentual de areia no solo em cada ponto estratégico da BHRS.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados da análise e espacialização da areia no solo na BHRS, observa-se que a bacia hidrográfica possui uma média de 42,03%, em consonância com a classificação pedológica da área como Latossolo Vermelho-Amarelo, com o uso e ocupação

do solo e com estudos anteriores. No entanto, a região sudeste da bacia apresentou uma alta concentração desse componente, o que está em conformidade com o padrão de uso do solo na área. Isso ressalta a importância de um manejo adequado do solo, incluindo preparo e controle das culturas, para essa região.

Acredita-se que os resultados deste estudo têm potencial para orientar os gestores públicos na abordagem de questões ambientais relacionadas à presença de areia. Da mesma forma, podem ser úteis para os órgãos agrícolas ao identificar áreas prioritárias para a implementação de práticas conservacionistas e regiões com intensa atividade agrícola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. Estimativas de perdas de solo por erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perdas de Solo. **Boletim Técnico**, [S. l.], n. 210, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1714>. Acesso em: 19 mar. 2024.

BARBOSA, Tiago da Costa Silva et al. Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48899-48909, 2020.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. **Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods**, v. 5, p. 377-382, 1986.

BREVIK, Eric C. et al. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. **Geoderma**, v. 264, p. 256-274, 2016.

CALDAS, V. I. S. P.; SILVA, A. S.; SANTOS, J. P. C. Suscetibilidade à erosão dos solos da bacia hidrográfica lagos–São João, no Estado do Rio de Janeiro–Brasil, a partir do método AHP e análise multicritério. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 04, p. 1415-1430, 2019.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 2009. (Boletim técnico, 106). Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/pdf/Boletim106.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

CHELALA, Cláudia; CHELALA, Charles. Agronegócio e mudanças climáticas: reflexões sobre os conflitos socioambientais brasileiros. **Geosul**, v. 38, n. 87, p. 189-214, 2023.

CORRÊA, André Luiz et al. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 956-963, 2014.

COSTA, Hetiany Ferreira da. Análise temporal da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Sorocabuçu, Ibiúna, SP. 2020.

DA CUNHA, Darllan Collins et al. Aplicação do NDWI para avaliar a disponibilidade de água em bacias hidrográficas. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 1, p. 774-783, 2017.

DE ALCÂNTARA, Flávia Aparecida. Manejo agroecológico do solo. **Documentos**, n. 314, 2017.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu et al. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1003-1020, 2016.

DEMATTÊ, José AM et al. The Brazilian soil spectral library (BSSL): A general view, application and challenges. **Geoderma**, v. 354, p. 113793, 2019.

EDUARDO, M. .; SOUSA, A. .; COSTA, M. E. .; AGUIAR, M. I. . CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS DE TRANSIÇÃO AGROFLORESTAL. **Agrarian Academy**, [S. l.], v. 10, n. 20, p. 1-12, 2023. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5736>. Acesso em: 19 mar. 2024

FEITOSA, Carlos EL et al. Changes in physical quality of Oxisols under different Management Systems in the Brazilian Cerrado. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 609-616, 2020.

FERREIRA, Vitoria Gleyce Sousa. MUDANÇAS DE USOS DA TERRA NOS ANOS DE 1985, 2010 E 2020 NA MICRORREGIÃO DE CAXIAS-MA. **Revista Contexto Geográfico**, v. 9, n. 18, p. 156–172-156–172, 2024.

FREIMAN, Fabiano Peixoto; DE OLIVEIRA CARVALHO, Camila. Modelagem espacial de áreas suscetíveis a inundações baseada em um modelo multicritério híbrido e Sistema de Informação Geográfica: um estudo de caso aplicado a bacia do rio Bengalas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 3, p. 1145-1161, 2020.

GALLARDO, D. J. **Usos y Conservación de Suelos**. Geologia Ambiental. Série Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geomineiro de España, Madrid. 1988.

GARCIA, Joice Machado; LONGO, Regina Márcia. Análise de impactos ambientais em Área de Preservação Permanente (APP) como instrumento de gestão em rios urbanos. **Cerrados**, v. 18, n. 1, p. 107-128, 2020.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira. **Degradação dos solos no Brasil**. Editora Bertrand Brasil, 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2024.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2015. 430 p.

LALITHA, V.; LATHA, B. A review on remote sensing imagery augmentation using deep learning. **Materials Today: Proceedings**, v. 62, p. 4772-4778, 2022.

LAUSCH, Angela et al. Linking the remote sensing of geodiversity and traits relevant to biodiversity—part II: geomorphology, terrain and surfaces. **Remote sensing**, v. 12, n. 22, p. 3690, 2020.

LIMA, J. A.; NERES, P. D. . .; RODRIGUES, C. R. . Analysis of vegetation use in slopes containment. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e2111628510, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.28510. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/28510>. Acesso em: 19 mar. 2024.

MACHADO, Marco Antonio; RHODEN, Anderson Clayton. Aplicação da agricultura regenerativa no brasil: estudo de caso no oeste catarinense. **Anais de Agronomia**, v. 2, n. 1, p. 14-36, 2022.

MANFRÉ, Luiz Augusto; DA SILVA, Alexandre Marco; URBAN, Rodrigo Custódio. Atributos de qualidade de solos sob dois diferentes tipos de manejo no município de Ibiúna/SP, Brazil. **Interciencia**, v. 36, n. 10, p. 757-763, 2011.

MARTINI, Aline Fachin et al. Is soil quality a concern in sugarcane cultivation? A bibliometric review. **Soil and Tillage Research**, v. 204, p. 104751, 2020.

NANNI, Marcos Rafael et al. Mapping particle size and soil organic matter in tropical soil based on hyperspectral imaging and non-imaging sensors. **Remote Sensing**, v. 13, n. 9, p. 1782, 2021.

OLIVEIRA, João Carlos et al. Estudo do Comportamento de Quatro Solos Argilosos do Município de Goiânia com base na Classificação Expedite MCT/Behavior Study of Four Clay Soils of Goiânia County based on the Expedite MCT Classification. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 1642-1650, 2020.

OR, Dani; WRAITH, Jon M.; WARRICK, A. W. Soil water content and water potential relationships. **Soil physics companion**, v. 1, p. 49-84, 2002.

PINHEIRO JUNIOR, C. R. et al. Solos do Brasil: gênese, classificação e limitações ao uso. 2020.

- PUNO, G. R.; PUNO, R. C. C. Watershed conservation prioritization using geomorphometric and land use-land cover parameters. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 5, n. 3, p. 279-294, 2019.
- REICHARDT, K; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processo e aplicações**. 500p. 2. Ed. Barueri, SP: Manole, 2012.
- RIGHI, Eléia; BASSO, Luís Alberto. Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas. **Ambiência. Guarapuava (PR)**. Vol. 12, n. 1 (jan./abr. 2016), p. 101-117, 2016.
- ROSSI, Marcio et al. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. 2017.
- SANTOS, A. P. dos; SIMIONATTO, H. H.; ARANTES, L. T.; SIMONETTI, V. C.; OLIVEIRA, R. A. de; SALES, J. C. A.; SILVA, D. C. da C. e. The Influence of Land Use and Land Cover on Surface Temperature in a Water Catchment Sub-Basin. **Sociedade & Natureza, [S. l.]**, v. 35, n. 1, 2023.
- SANTOS, Rafael Carvalho; GUERRA, Antonio Jose Teixeira. Avaliação da erosão dos solos na bacia hidrográfica do rio Pequeno, Paraty-RJ. **GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 12, n. 1, p. 23-43, 2021.
- SCOPEL, I. et al. FERREIRA DM Neossolos Quartzarênicos órticos das áreas de areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: características físicas e morfológicas. **Arenização: natureza socializada. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura: Imprensa Livre**, p. 489-528, 2012.
- SILVA, Richarde Marques et al. Evaluation of soil loss in Guaraíra basin by GIS and remote sensing based model. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 1, n. 2, p. 44-52, 2007.
- SILVA, Sérgio Henrique Godinho et al. Soil texture prediction in tropical soils: A portable X-ray fluorescence spectrometry approach. **Geoderma**, v. 362, p. 114136, 2020.
- SIMONETTI, Vanessa Cezar et al. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. **Geosul**, v. 34, n. 72, p. 01-27, 2019.
- SIMONETTI, V. C.; FRASCARELI, D.; GONTIJO, E. S.J.; MELO, D. S.; FRIESE, K.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Índices de qualidade da água como ferramenta de avaliação da qualidade da água e efeitos do uso da terra em uma bacia tropical, **International Journal of River Basin Management**, v. 19, n.2, p.157-168, 2021.
- SOUSA, Jocy Ana Paixão et al. Proposta de um indicador de sustentabilidade para fragmentos florestais (ISFF) por meio de modelagem ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 250-267, 2022.
- SOUZA, Gustavo Soares et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia agraria**, v. 11, n. 1, p. 073-081, 2010.
- SOUZA, Zigomar Menezes de et al. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 261-268, 2014.
- TAMATAYA, Jocasta Harue. Análise ambiental do relevo e dos recursos hídricos da Bacia do Sorocabuçu, Ibiúna/SP. 2022.
- TOLEDO, Juliana Aparecida Cantarino. Relações entre manejo do solo e erosão hídrica: uma revisão bibliográfica. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 8, n. 1, 2023.
- TORRES, Gilmar Nunes et al. Metodologias para determinação do tamanho de partículas do solo. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 11, p. 19598-19622, 2023.
- WARRICK, A. W. Spatial variability of soil physical properties in the field. **Applications of soil physics**, p. 319-344, 1980.



ANAIS

unesp

YANG, Jun et al. Advanced radiative transfer modeling system developed for satellite data assimilation and remote sensing applications. **Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, v. 251, p. 107043, 2020.