

**Dinâmica das Cavas de Extração de Areia no Município de Seropédica -RJ:
Um Estudo Diacrônico das Alterações no Espaço Geográfico**

*Dynamics of Sand Extraction Pits in the Municipality of Seropédica - RJ: A Diachronic
Study of Changes in the Geographic Space*

*Dinámica de las Excavaciones para Extracción de Arena en Seropédica - RJ: Un Estudio
Diacrónico de las Alteraciones en el Espacio Geográfico*

Souhayl Ayoubi

Gestão Ambiental, IFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
geoayoubi@gmail.com

Rhiane de Assis Silva

PPGTUR/UFF, Niterói, Rio de Janeiro (RJ), Brasil
rhiane.assis@gmail.com

RESUMO

Este estudo tem como propósito analisar a evolução das cavas de extração de areia na Zona de Interesse Mineral no município de Seropédica, Rio de Janeiro. Através da utilização de imagens aéreas e de satélite, busca-se compreender as transformações no espaço geográfico, avaliando as dinâmicas presentes e futuras, além de identificar tendências e padrões de uso do solo resultantes da extração de areia. A metodologia foi estruturada em três etapas. Inicialmente, realizou-se a coleta de dados geográficos. Em seguida, procedeu-se à análise diacrônica de imagens de satélite referentes a quatro períodos distintos (2005, 2010, 2015 e 2020), permitindo a observação das mudanças ao longo do tempo. Simultaneamente, conduziu-se uma análise estatística, avaliando as dinâmicas presentes e futuras, bem como identificando tendências e padrões. Por fim, as áreas de extração foram representadas por meio de mapas diacrônicos, proporcionando uma visão espacial abrangente e dinâmica. Os resultados da análise das imagens de satélite evidenciaram uma notável evolução, tanto na quantidade de cavas quanto na extensão das áreas de extração ao longo dos períodos estudados. Dessa forma, os mapas diacrônicos se destacam como ferramentas cruciais para a compreensão detalhada da dinâmica espacial na região. Por meio dessas representações, é possível visualizar de maneira clara e objetiva as alterações que ocorreram ao longo do tempo, contribuindo substancialmente para o entendimento das transformações no espaço geográfico.

PALAVRAS-CHAVE: Dinâmica Espacial, Fotointerpretação, Análise Diacrônica, Mapas Diacrônicos.

SUMMARY

This study aims to analyze the evolution of sand extraction pits in the Mineral Interest Zone of Seropédica, Rio de Janeiro. Through the use of aerial and satellite imagery, we seek to understand the transformations in the geographical space, evaluating both current and future spatial dynamics, as well as identifying trends and patterns in land use resulting from sand extraction. The methodology was structured in three distinct stages. Initially, geographic data collection was performed. Subsequently, a diachronic analysis of satellite images from four specific periods (2005, 2010, 2015, and 2020) was carried out, allowing the observation of changes over time. Simultaneously, a statistical analysis was conducted, evaluating both current and future dynamics, as well as identifying trends and patterns. Finally, the extraction areas were represented through diachronic maps, providing a comprehensive and dynamic spatial view. The results of the satellite image analysis revealed a significant evolution, both in the number of pits and in the extent of the extraction areas over the periods studied. Thus, diachronic maps stand out as crucial tools for the detailed understanding of spatial dynamics in the region. Through these representations, it is possible to clearly and objectively visualize the changes that have occurred over time, contributing substantially to the understanding of spatial transformations.

KEYWORDS: Spatial Dynamics, Photointerpretation, Diachronic Analysis, Diachronic Maps.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo analizar la evolución de las excavaciones de extracción de arena en la Zona de Interés Mineral de Seropédica, Río de Janeiro. A través del uso de imágenes aéreas y satelitales, buscamos comprender las transformaciones en el espacio geográfico, evaluando las dinámicas espaciales actuales y futuras, así como identificar tendencias y patrones de uso del suelo resultantes de la extracción de arena. La metodología se estructuró en tres etapas distintas. Inicialmente, se realizó la recopilación de datos geográficos. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis diacrónico de imágenes satelitales correspondientes a cuatro períodos específicos (2005, 2010, 2015 y 2020), lo que permitió la observación de cambios a lo largo del tiempo. Simultáneamente, se realizó un análisis estadístico, evaluando las dinámicas actuales y futuras, así como identificando tendencias y patrones. Finalmente, las áreas de extracción se representaron a través de mapas diacrónicos, proporcionando una visión espacial integral y dinámica. Los resultados del análisis de imágenes satelitales revelaron una notable evolución, tanto en la cantidad de excavaciones como en la extensión de las áreas de extracción a lo largo de los períodos estudiados. Así, los mapas diacrónicos destacan como herramientas cruciales para comprender detalladamente la dinámica espacial en la región. A través de estas representaciones, es posible visualizar de manera clara y objetiva los cambios que han ocurrido a lo largo del tiempo, contribuyendo sustancialmente a la comprensión de las transformaciones espaciales.

PALABRAS CLAVE: Dinámica Espacial, Fotointerpretación, Análisis Diacrónico, Mapas Diacrónicos.

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização e o aumento populacional têm impulsionado a demanda por agregados na construção civil, sendo a areia um recurso crucial nesse contexto. No Brasil, o mercado de areia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento urbano, encontrando aplicação em diversas áreas. Anteriormente, a areia utilizada nas regiões metropolitanas era proveniente de leitos fluviais, como o Rio Guandu no estado do Rio de Janeiro, que fornecia areia até a construção da adutora do Guandu, responsável pelo abastecimento hídrico da cidade. No entanto, devido a restrições ambientais, aproximadamente 80% da extração de areia agora ocorre em cavas inundadas, especificamente no Polígono de Piranema, nos municípios de Itaguaí e Seropédica, gerando cerca de 10 milhões de toneladas anualmente (Areia & Brita, 2008).

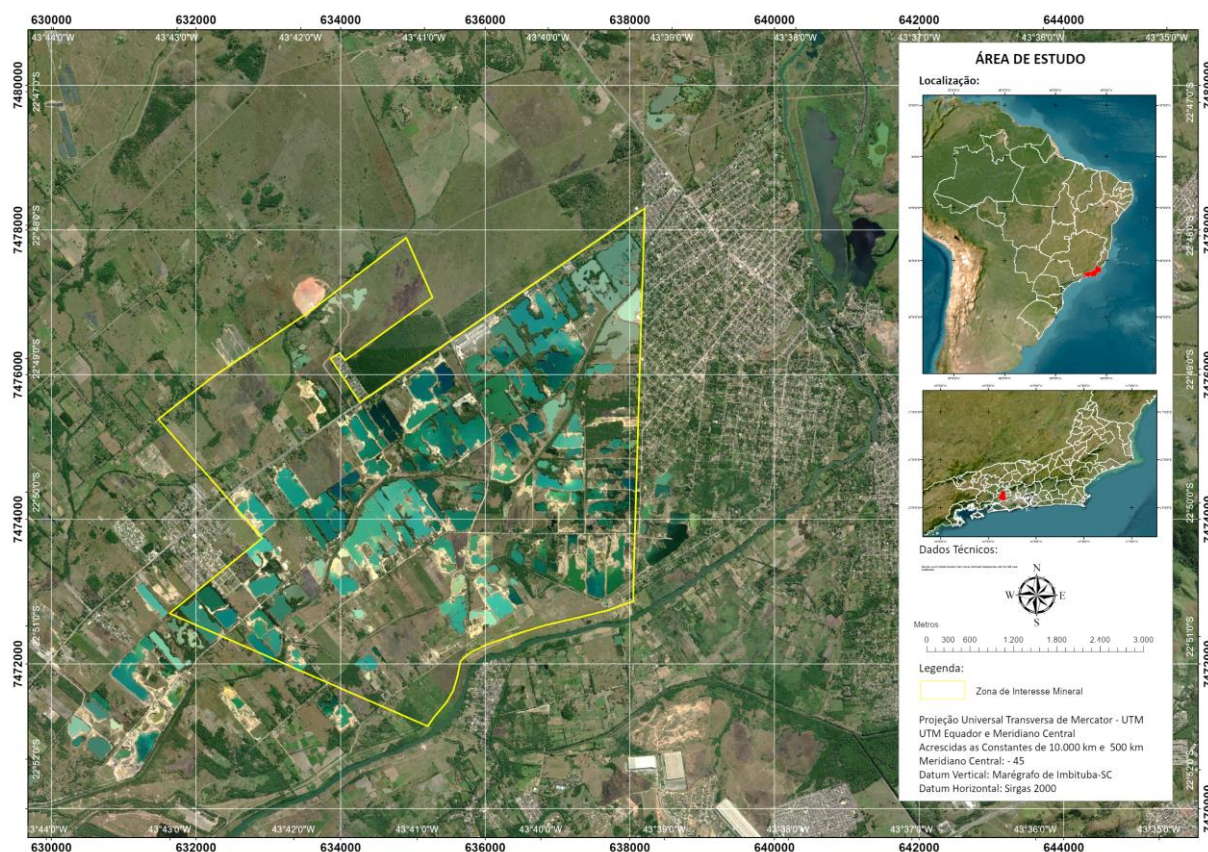
O Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí é um dos maiores fornecedores de areia para a construção civil na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo responsável por aproximadamente 70% do suprimento. O processo de extração de areia nessa região envolve a remoção das camadas superficiais sedimentares, compostas principalmente por depósitos de areia, resultando na exposição do lençol freático do Aquífero Piranema e na formação das cavas (Tubbs et al., 2011).

A extração de areia nessa região é realizada por meio do método de cava molhada, que requer o alcance do lençol freático para a lavagem e remoção de sedimentos. O Polígono de Piranema em Seropédica abriga um dos três aquíferos mais relevantes do Estado do Rio de Janeiro, com reservas renováveis estimadas em 1,6 metros cúbicos por segundo, o que é suficiente para abastecer aproximadamente 140.000 famílias (Erthal, 2005).

O objetivo principal deste estudo é identificar, analisar e cartografar a variabilidade temporal das cavas de extração de areia nos anos de 2005, 2010, 2015 e 2020. Para isso, será utilizada a técnica de fotointerpretação de imagens de satélite, permitindo uma análise abrangente de grandes áreas em uma única imagem e contribuindo para a compreensão da evolução do uso do solo ao longo do tempo.

A Zona de Interesse Mineral (ZIM) se estende por uma área de aproximadamente 30 km², delimitada pelas coordenadas 43°44'00"W a 43°38'00"W e 22°47'00"S a 22°52'00"S, Figura 1 – Localização da Área de Estudo, inserida na bacia hidrográfica do Rio Guandu, RH-II. Do ponto de vista climático, a região de Seropédica é classificada como tropical quente e úmida (Aw) de acordo com a classificação de Köppen, conforme descrito por Alvares et al. (2014). Esse padrão climático se traduz em verões caracterizados por altas temperaturas e precipitações abundantes, enquanto os invernos apresentam-se mais secos, com temperaturas amenas. A média anual de precipitação na área de Seropédica é de 1.290 mm. Os meses de março e novembro se destacam como os mais chuvosos, contribuindo com aproximadamente 42 a 48% do total anual de chuvas. Por outro lado, os meses de junho e agosto registram os menores índices pluviométricos, correspondendo a cerca de 7 a 10% do total de precipitação. A temperatura média anual na região é de 23,9 °C, enquanto a umidade relativa média anual atinge 77%. Em termos de evaporação, estima-se uma média anual de 1.352 mm (Carvalho et al., 2011; Souza et al., 2011; Oliveira Júnior et al., 2014; Alcântara e Schueler, 2015).

Figura 1 – Localização da Área de Estudo, Zona de Interesse Mineral.



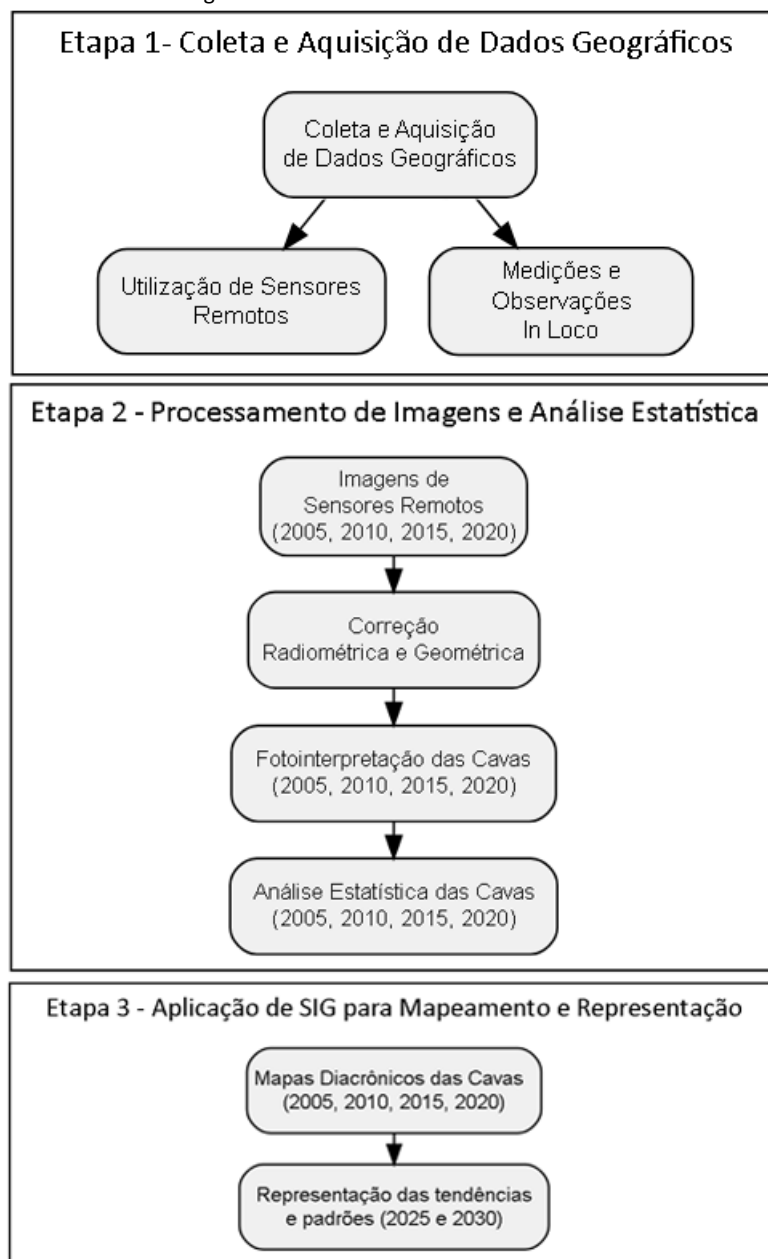
Fonte: Esri (2023), World Imagery, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community.

2 METODOLOGIA

A metodologia delineada na Figura 2 abraça um conjunto de três etapas cruciais destinadas à investigação da dinâmica espaço-temporal das cavas de extração de areia. Estas fases compreendem a coleta e aquisição de dados geoespaciais, a aplicação de técnicas de fotointerpretação para análise da evolução das cavas, e por fim, a cartografia e representação geoespacial das áreas pertinentes. Em síntese, a abordagem proposta amalgama procedimentos de aquisição de dados geoespaciais, análise fotointerpretativa e utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), proporcionando uma compreensão abrangente da evolução das cavas de extração de areia. O resultado desta empreitada culmina em uma representação precisa e confiável dessas áreas, o que se mostra de particular importância para embasar decisões futuras no âmbito da gestão e conservação ambiental.

O fluxograma disposto esquematiza as etapas metodológicas destinadas a identificar e analisar a variação temporal do espaço geográfico das cavas de extração de areia. Inicialmente, a coleta e aquisição de dados geoespaciais são efetivadas, com as imagens obtidas através do Google Earth figurando como fonte primária de informação. A fotointerpretação é subsequente aplicada para extrair dados das fotografias aéreas. Posteriormente, as imagens são submetidas a um processo de retificação geométrica e georreferenciamento, garantindo, assim, a precisão dos dados obtidos.

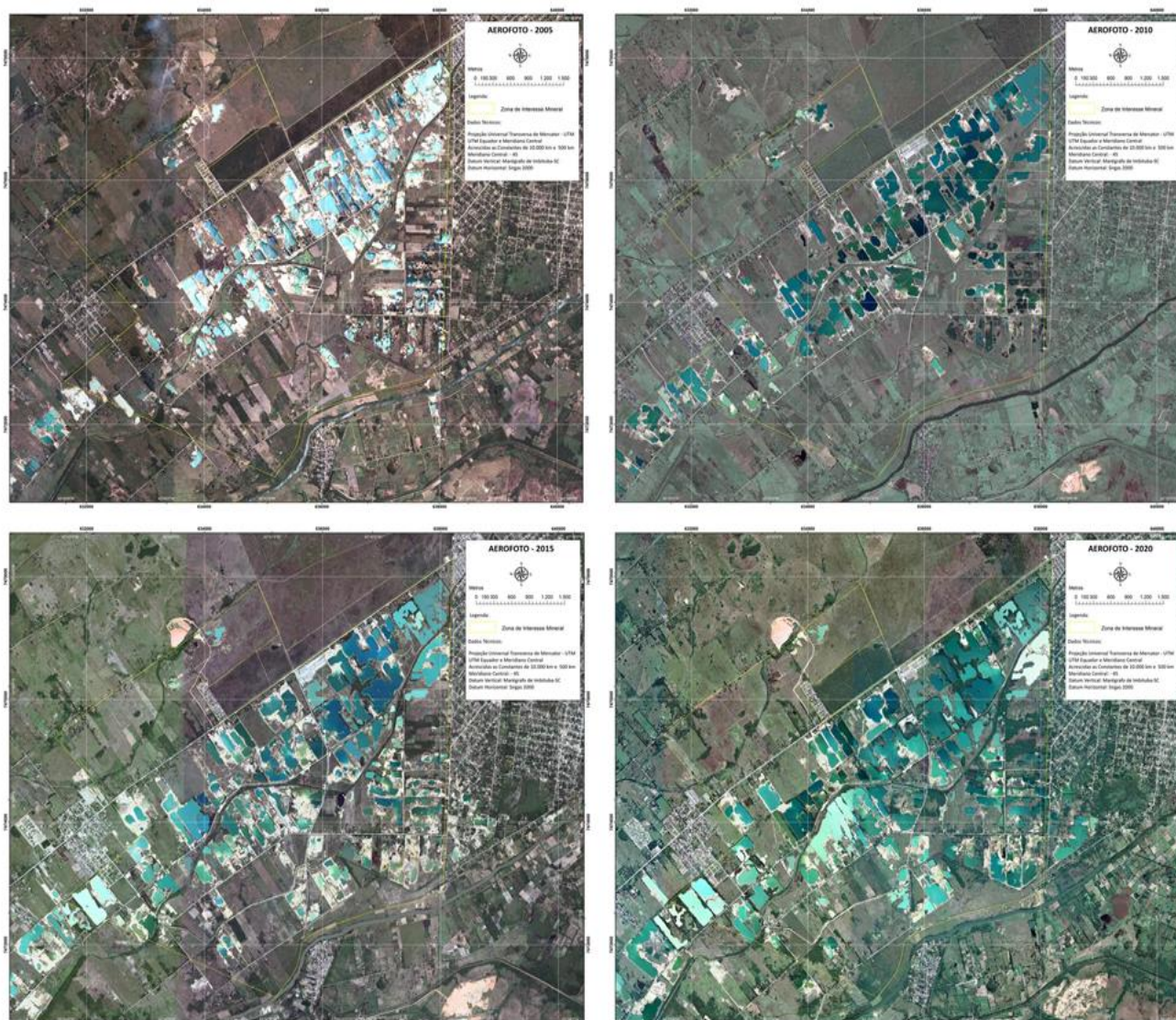
Figura 2 – Metodologia adotada



Fonte: Elaborado pelos autores

A etapa inicial envolve a coleta de dados geográficos, usando sensores remotos, medições in loco e imagens do Google Earth de 2005, 2010, 2015 e 2020. Essas imagens são cruciais para analisar a evolução das cavas de extração de areia ao longo do tempo (Figura 3).

Figura 3 – Evolução das cavas de extração de areia ao longo do tempo, utilizando imagens do Google Earth (Google Earth: 2005, 2010, 2015 e 2020; da esquerda para direita de cima para baixo).



Fonte: Google. (2005, 2010, 2015 e 2020). Seropédica, Rio de Janeiro - Captura de Tela do Google Earth. Google Earth.

As estações 93921 e 96357 do RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) foram utilizadas como referência para a obtenção das coordenadas geodésicas de vinte pontos de controle na Zona de Interesse Mineral e seus arredores. Foi empregado o receptor GNSS de dupla frequência, HiPer Lite, para o posicionamento estático, assegurando precisão em longas distâncias de linha base.

A aquisição das coordenadas envolveu o método de posicionamento relativo estático com o HiPer Lite, $3\text{mm} + 1\text{ppm} \times D$ (H) e $5\text{mm} + 1.4\text{ppm} \times D$ (V) ao usar ambas as frequências L1 e L2. No caso da frequência L1, as precisões foram de $5\text{mm} + 1.5\text{ppm} \times D$ (H) e $6\text{mm} + 1.5\text{ppm} \times D$ (V). As coordenadas obtidas tiveram um papel fundamental na etapa de retificação geométrica das imagens.

Figura 4 – Medição em campo das Coordenadas geodésicas dos pontos de controle



Fonte: Autores

A segunda fase do estudo abrange a fotointerpretação e a análise da evolução temporal das cavas de extração de areia. Durante este processo, as imagens foram minuciosamente examinadas, e elementos homogêneos foram delimitados, levando em consideração suas formas e características distintas. Adicionalmente, foram identificadas a cor, textura e estrutura dos alvos para uma compreensão abrangente da organização espacial dessas áreas em relação umas às outras e ao contexto global da imagem.

Para assegurar a precisão espacial das análises, o software QGIS foi utilizado para a retificação geométrica. É crucial ressaltar que um georreferenciamento preciso exige um número suficiente de pontos de referência distribuídos estrategicamente pela área de estudo. Além disso, as imagens foram submetidas aos processos de retificação geométrica e projeção no sistema cartográfico UTM/WGS84/Zona 23 Sul. Essas etapas foram essenciais para garantir a acuracidade das análises.

A etapa final da metodologia consiste na aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento e representação das cavas de extração de areia. O SIG é uma tecnologia que possibilita o armazenamento, processamento e análise de dados geográficos, permitindo a representação espacial de informações em forma de mapas diacrônicos. Estes mapas oferecem a capacidade de análise e visualização de dados em múltiplas perspectivas.

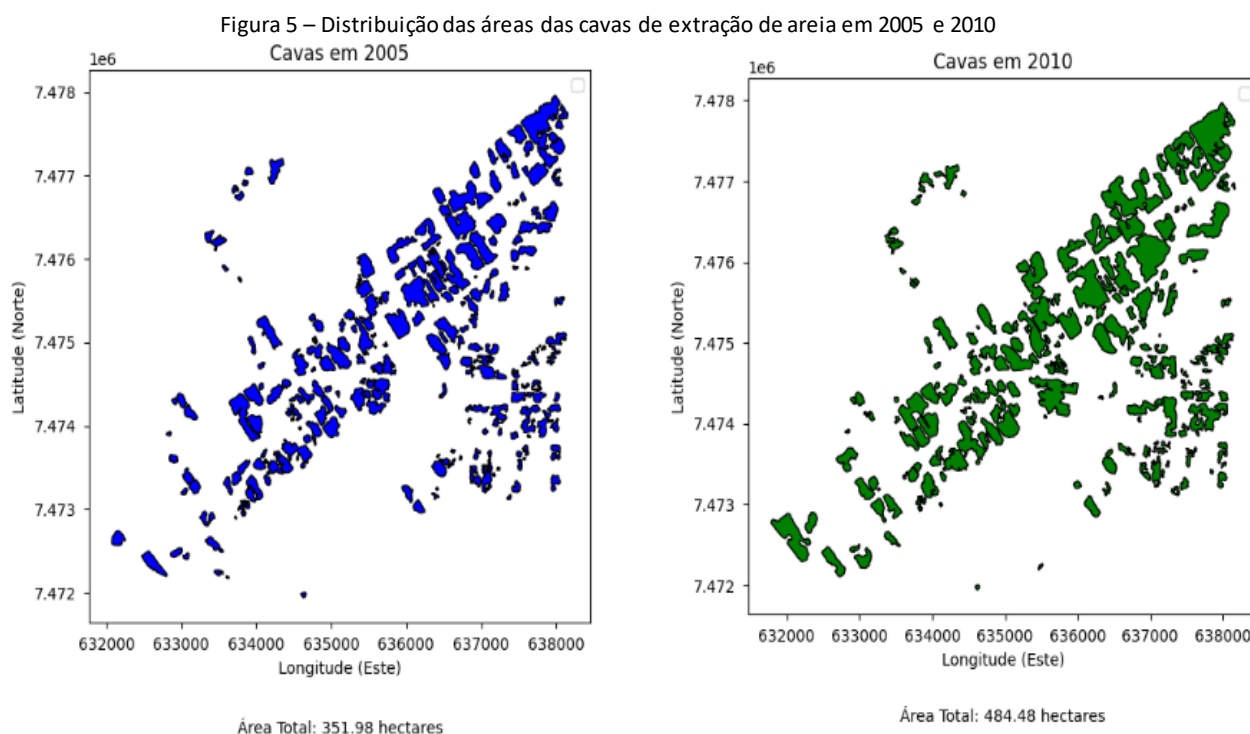
Nesta fase, o objetivo primordial é empregar o SIG para criar um mapa que represente as áreas de extração de areia e sua evolução temporal, com base nas informações previamente obtidas nas etapas anteriores, que incluem a coleta de dados e a fotointerpretação. Os mapas diacrônicos resultantes possibilitam uma análise mais detalhada das áreas de extração de areia, permitindo a identificação de tendências e padrões na evolução da utilização desse recurso

natural. Adicionalmente, o mapa pode servir como uma ferramenta valiosa para embasar tomadas de decisão referentes à gestão e ao uso sustentável das cavas de extração de areia.

3 RESULTADOS

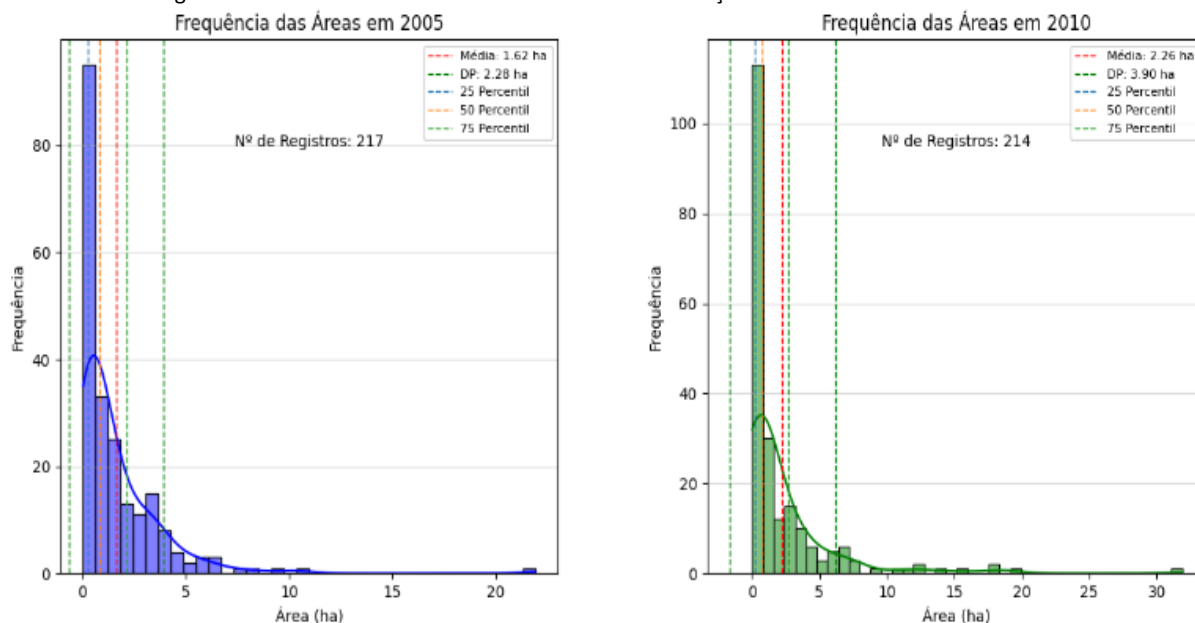
Em 2005, conforme ilustrado na Figura 5, foram identificadas 217 cavas de extração de areia, com uma média de cerca de 1.62 hectares por cava. A variação nas áreas foi notável, indicada pelo desvio padrão de aproximadamente 2.28 hectares. A menor cava registrada tinha 0.03 hectares, enquanto a maior apresentou 21.94 hectares. A distribuição das áreas foi descrita pelos percentis: 25% das cavas tinham até 0.28 hectares, a mediana foi de 0.83 hectares e 75% das cavas tinham áreas inferiores a 2.15 hectares. A soma total das áreas de cava em 2005 foi de aproximadamente 352 hectares, Figura 6.

Em 2010, como mostrado na Figura 5, foram identificadas 214 cavas de extração de areia, com uma média de cerca de 2.26 hectares por cava. A variação nas áreas foi significativa, indicada pelo desvio padrão de aproximadamente 3.90 hectares. A menor cava registrada tinha 0.01 hectares, enquanto a maior apresentou 31.89 hectares. A distribuição das áreas foi descrita pelos percentis, ressaltando que 25% das cavas tinham até 0.23 hectares, a mediana foi de 0.75 hectares e 75% das cavas tinham áreas inferiores a 2.66 hectares. A soma total das áreas de cava em 2010 foi de aproximadamente 484 hectares, Figura 6.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 – Análise estatística das áreas das cavas de extração de areia em 2005 e 2010

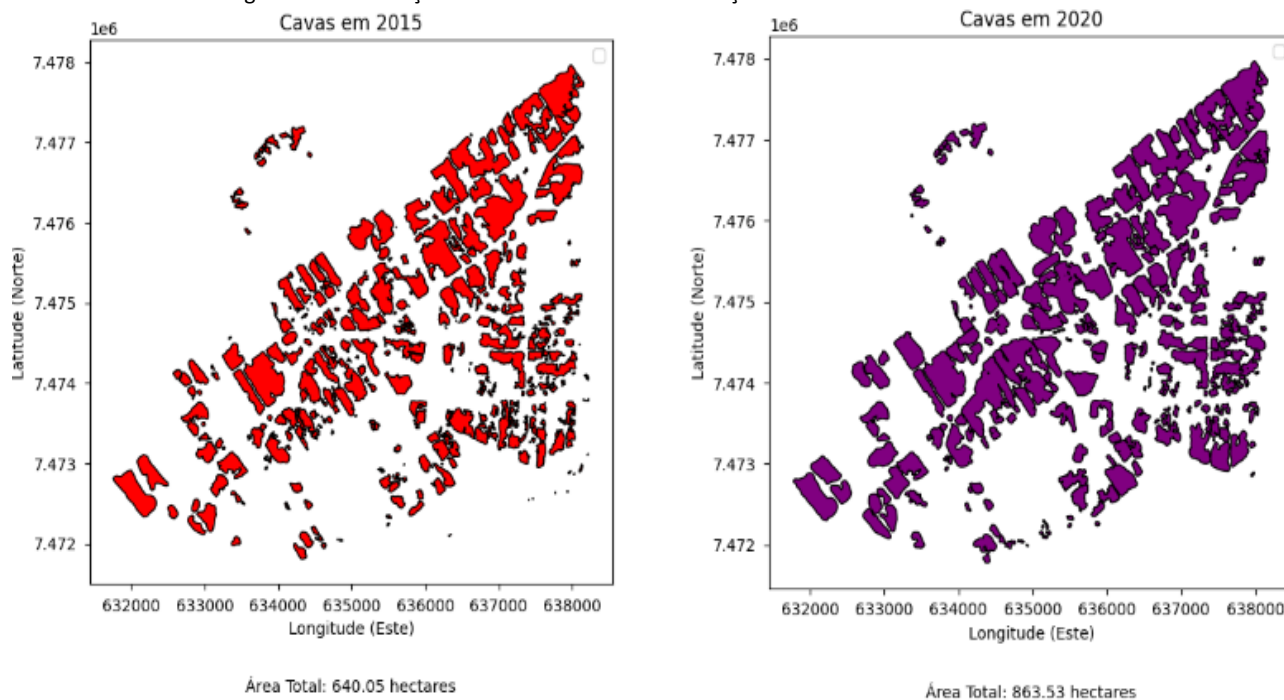


Fonte: Elaborado pelos autores

Em 2015, foram identificadas 383 cavas de extração de areia, Figura 7. A média da área das cavas foi de aproximadamente 167 hectares, com um desvio padrão de cerca de 383 hectares, indicando uma variabilidade considerável. A menor cava registrada possuía uma área de 0.0016 hectares, enquanto a maior atingiu 427.8 hectares. As estatísticas percentis revelaram que 25% das cavas tinham áreas inferiores a 0.04 hectares, a mediana foi de 3.1 hectares, e 75% das cavas tinham áreas até 165 hectares. A soma total das áreas de cava em 2015 foi de aproximadamente 640 hectares, Figura 8.

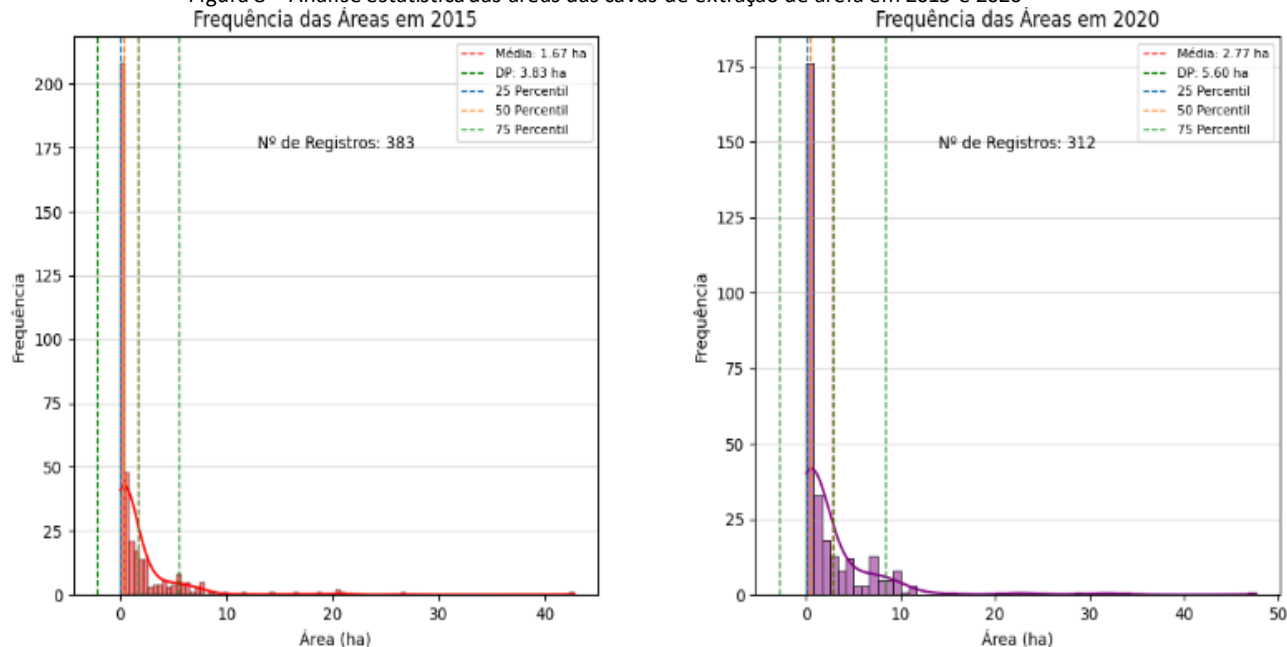
Em 2020, foram identificadas 312 cavas de extração de areia, Figura 7. A média da área das cavas foi de aproximadamente 2.77 hectares, com um desvio padrão de cerca de 5.6 hectares, indicando uma variabilidade considerável. A menor cava registrada possuía uma área de 0.0152 hectares, enquanto a maior atingiu 47.65 hectares. As estatísticas percentis revelaram que 25% das cavas tinham áreas inferiores a 0.1 hectares, a mediana foi de 4.7 hectares, e 75% das cavas tinham áreas até 29.5 hectares. A soma total das áreas de cava em 2020 foi de aproximadamente 864 hectares, Figura 8.

Figura 7 – Distribuição das Áreas das Cavas de Extração de Areia em 2015 e 2020



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 8 – Análise estatística das áreas das cavas de extração de areia em 2015 e 2020



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 9 exibe os mapas de diferenças nas áreas de cavas para três períodos distintos: 2005-2010, 2010-2015 e 2015-2020. Cada mapa destaca as variações em hectares, representadas por tonalidades de cores distintas, onde tons mais quentes indicam aumento de área e tons mais frios, redução.

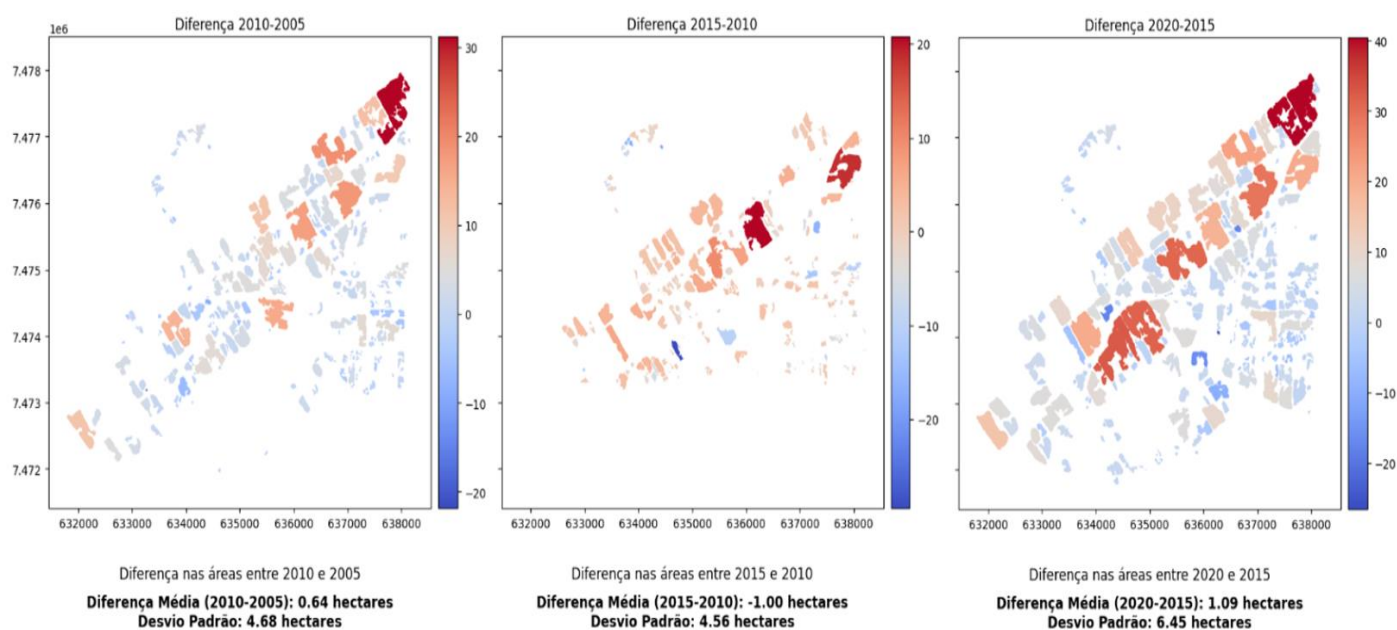
Para o intervalo de 2005-2010, observa-se uma notável flutuação nas áreas de extração. As áreas com aumento são destacadas em tons de vermelho, enquanto as áreas de diminuição são representadas em tons de azul. Destaca-se a cava identificada pelo índice 162,

que exibiu o maior aumento de 31.18 hectares, indicando uma expansão significativa nesse período.

No período subsequente de 2010-2015, a Figura 9 revela uma variação diferenciada nas áreas das cavas. A cava 0 demonstra um aumento expressivo de 20.75 hectares, enquanto a cava 162 registra a maior diminuição, com uma redução significativa de 29.49 hectares. As áreas que experimentaram mudanças são claramente destacadas pelos tons de cores.

Ao analisar o último intervalo de 2015-2020, percebe-se novamente flutuações consideráveis nas áreas de extração. A cava 227 se destaca com o maior aumento, apresentando um acréscimo de 40.37 hectares, enquanto a cava 259 mostra a maior redução, com uma diminuição de 26.58 hectares. Os mapas proporcionam uma visão espacial das mudanças que ocorreram ao longo desses cinco anos.

Figura 9 – Variação nas Áreas de Extração de Areia em Três Períodos Distintos (2005-2010, 2010-2015, 2015-2020)
Diferenças nas Áreas de Cavas em Diferentes Anos



Fonte: Elaborado pelos autores

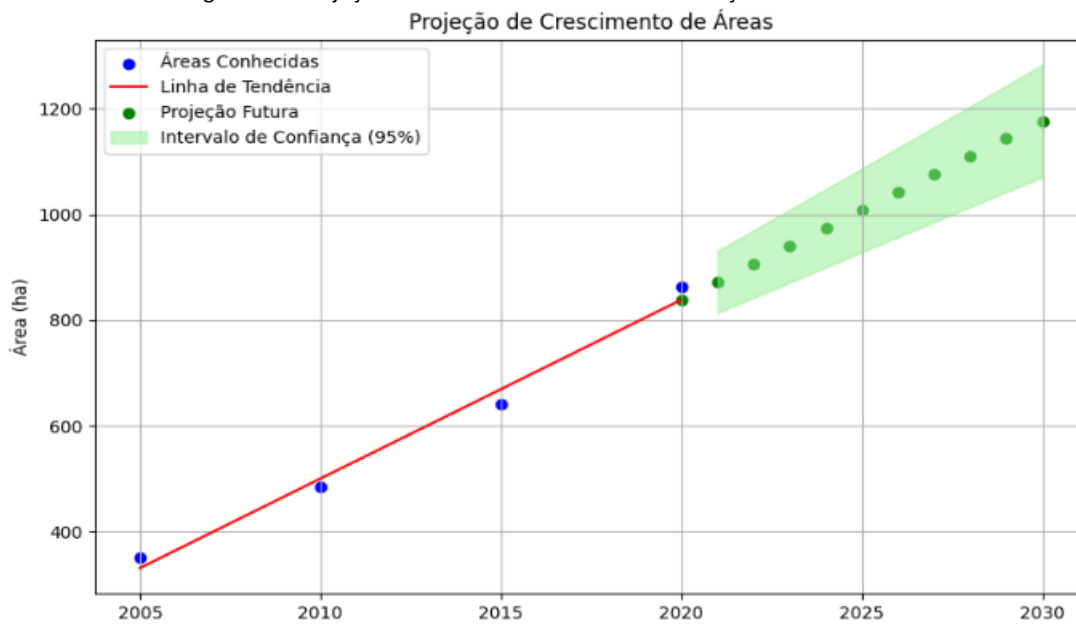
O gráfico gerado na Figura 10 exibe a projeção de crescimento das áreas das cavas ao longo do tempo. As áreas conhecidas até o ano de 2020 estão representadas pelos pontos azuis, enquanto a linha vermelha representa a tendência de crescimento estimada por meio de uma análise de regressão linear.

As projeções futuras, indicadas pelos pontos verdes, mostram a expectativa de expansão das áreas das cavas até o ano de 2030. Cada ponto verde é acompanhado por um intervalo de confiança (representado pela área sombreada em verde claro) que indica a margem de erro associada a essa projeção.

A partir das projeções para os próximos anos, podemos observar um aumento progressivo nas áreas das cavas. Por exemplo, em 2025, espera-se que a área total alcance aproximadamente 1007.57 hectares, com um intervalo de confiança de ± 79.07 hectares, o que significa que a estimativa pode variar dentro dessa faixa.

Essas projeções são fundamentais para o planejamento e gestão das áreas de extração, permitindo uma visão antecipada das necessidades futuras.

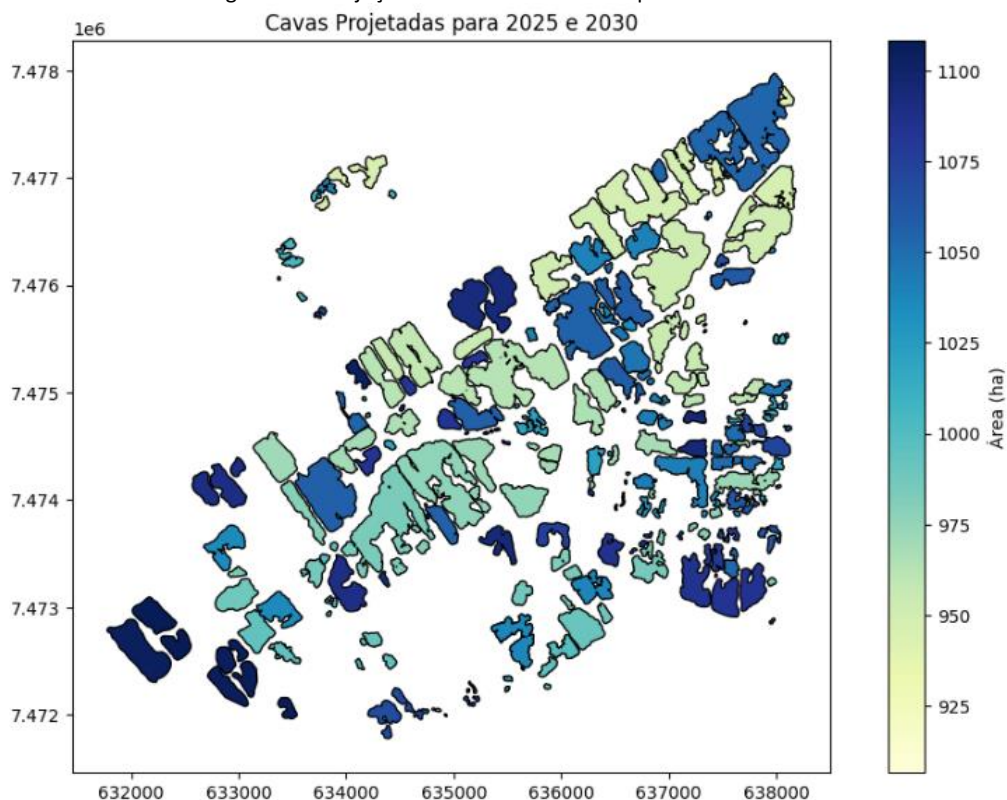
Figura 10 – Projeção do Crescimento das Áreas de Extração de Areia até 2030



Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 11 apresenta uma projeção das áreas de interesse para os anos de 2025 e 2030. De acordo com os dados obtidos, a área projetada para 2025 é de aproximadamente 1007.57 hectares, enquanto para 2030 a projeção é de cerca de 1176.59 hectares.

Figura 11 – Projeção das Áreas de Interesse para 2025 e 2030



Fonte: Elaborado pelos autores

Os dados aqui apresentados fornecem uma visão da evolução da extração de areia. É crucial ponderar outros elementos que influenciam esse cenário, como as características geológicas locais. Ademais, é fundamental interpretar os resultados com prudência, tendo em mente as limitações inerentes aos dados coletados e empregados nesta análise.

3 CONCLUSÕES

O estudo diacrônico empregou técnicas de fotointerpretação e análise de imagens aéreas para examinar a evolução da extração de areia em Seropédica. Observou-se um crescimento desigual na atividade, evidenciando sua influência no ambiente. Entre 2005 e 2010, houve expansão da área explorada com estabilidade no número de cavas, notadamente na região central e sudeste. No período de 2010 a 2015, a dinâmica foi distinta.

A utilização de sensores remotos na fotointerpretação proporcionou resultados robustos na classificação das cavas. Detectaram-se mudanças substanciais na evolução das diferentes classes de áreas ao longo da última década. A metodologia permitiu uma análise detalhada das transformações no espaço e tempo, fornecendo uma perspectiva da evolução da extração de areia.

Este estudo oferece contribuições relevantes para a gestão ambiental e territorial, assim como para o planejamento sustentável do uso do solo em Seropédica. Enfatiza-se a necessidade de estratégias eficazes de monitoramento e controle das atividades de extração de areia para mitigar possíveis impactos ambientais. Os resultados fornecem uma base crucial para fundamentar políticas públicas e práticas de manejo responsável dos recursos naturais, contribuindo para a preservação do ecossistema local e o desenvolvimento sustentável da região.

4 REFERÊNCIAS

Alcântara, E. H., & Schueler, W. (2015). Variabilidade da precipitação pluvial no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, 16, 76-86.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AREIA & BRITA. **Seropédica Paralisou a construção no Rio de Janeiro**, p. 6-17, julho/agosto/setembro, n043, 2008.

ERTHAL, F. Extração de areia no pólo de Seropédica Itaguaí, Rio de Janeiro. *Revista Areia & Brita*, ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para a Construção Civil. Julho/Agosto/Setembro, nº. 31, p. 32-38, 2005.

ESRI. World Imagery [Online]. Disponível em:

<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>. Acesso em: 01 de Outubro de 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. D., TEODORO, P. E., & CARVALHO, D. F. D. (2014). Análise do balanço hídrico climatológico para a bacia hidrográfica do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(2), 193-202.

PINTO, L. S., & BRAGA, F. A. (2016). Mapeamento da dinâmica espacial da expansão urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Geociências*, 35(3), 287-298.

SILVA, E. J., SOUSA, E. G. P., & ANDRADE, J. F. B. (2018). Mapeamento da dinâmica espacial da expansão urbana em cidades pequenas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(2), 417-428.

SEROPÉDICA (2006). **Plano Diretor Participativo do Município de Seropédica**. Lei n. 328 de 2006. Prefeitura Municipal de Seropédica.

SOARES, J. M., & PINTO, J. A. (2017). Análise diacrônica de imagens de satélite para o mapeamento da dinâmica territorial. **Revista de Geografia**, 31(1), 59-70.

SOUZA, W. F., SILVA, R. D. V., MARTINS, F. B., & REIS, A. J. D. (2011). Estimativa da temperatura do ar noturna para o município de Seropédica, RJ. **Engenharia na Agricultura**, 19(6), 541-550.

TUBBS, C. R., ET al. (2011). Avaliação da qualidade da água subterrânea em áreas de extração de areia no município de Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, 41(2), 221-232.