



CAPÍTULO 2

ANÁLISE TERRITORIAL DA REGIÃO DA HYDRO ALUNORTE EM BARCARENA-PA POR MEIO DE MÉTODOS DE CÁLCULO DE ÁREAS

Gabrielly Souza dos Santos de Oliveira

<https://orcid.org/0009-0002-0554-3437>

Acadêmica do Curso de Eng. de Produção da UEPA

Maria Eduarda Freitas da Conceição

<https://orcid.org/0009-0009-0761-7728>

Acadêmica do Curso de Eng. de Produção da UEPA

Mariana Nascimento Nunes Santos

<https://orcid.org/0009-0008-7428-0742>

Acadêmica do Curso de Eng. de Produção da UEPA

Saymon Ruan dos Santos Pereira

<https://orcid.org/0009-0003-7282-2484>

Acadêmico do Curso de Eng. de Produção da UEPA

Antônio Fábio Malcher Figueiredo

<https://orcid.org/0009-0005-2682-9102>

Colégio Federal Ten. Rêgo Barros, Souza, Belém, PA, Brasil

Saul Rodrigo da Costa Barreto

<https://orcid.org/0000-0002-2398-743X>

Universidade do Estado do Pará (PA), Brasil

Renato de Lima Alves

<https://orcid.org/0009-0003-1749-182X>

Colégio Federal Ten. Rêgo Barros, Souza, Belém, PA, Brasil

Vanessa Mayara Souza Pamplona

<https://orcid.org/0000-0002-2461-2103>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil.

Maria Graciete Rodrigues do Amaral

<https://orcid.org/0000-0001-5041-0735>

Universidade do Estado do Pará

Alessandra Epifanio Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil

<https://orcid.org/0000-0002-8375-2923>

RESUMO: Este artigo apresenta a análise territorial de uma área localizada no município de Barcarena, no estado do Pará, nas proximidades da unidade industrial da Hydro Alunorte, por meio da aplicação de métodos fundamentados na Geometria Analítica, Geometria Plana e no Cálculo Integral. O objetivo do estudo consistiu em calcular a área da região analisada, utilizando coordenadas geográficas extraídas do Google Maps e procedimentos de mensuração manuais, analíticos e digitais, de modo a comparar a eficiência e a confiabilidade dos métodos empregados. Para viabilizar os cálculos, a área foi subdividida em subáreas, permitindo a aplicação de fórmulas geométricas clássicas, integrais definidas e técnicas analíticas adequadas a regiões com contornos irregulares. A escolha da área de estudo justifica-se por sua relevância socioambiental, uma vez que o município de Barcarena apresenta histórico de conflitos associados à implantação de grandes empreendimentos industriais. Destaca-se o desastre socioambiental ocorrido em 2018, quando o extravasamento de rejeitos industriais resultou na contaminação de igarapés, solos e fontes de água utilizadas por comunidades locais, como Murucupi e Vila do Conde. Nesse contexto, o cálculo da área territorial ultrapassa o caráter estritamente matemático, constituindo-se como instrumento técnico fundamental para a compreensão da extensão espacial de áreas potencialmente afetadas por processos de contaminação ambiental. Os resultados obtidos por meio dos métodos matemáticos foram comparados com medições realizadas pelo Google Earth, evidenciando diferenças entre as abordagens e indicando maior precisão nos procedimentos baseados em cálculos detalhados. Assim, o estudo demonstra a aplicabilidade dos métodos matemáticos em análises espaciais reais e reforça sua relevância como suporte para estudos de engenharia, planejamento territorial e avaliações ambientais em regiões ambientalmente sensíveis e socialmente vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria Analítica; Cálculo Integral; Análise Territorial; Contaminação Ambiental; Barcarena (PA).

1 INTRODUÇÃO

Este artigo é produto da disciplina de Cálculo, ofertada no segundo semestre do curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Pará (UEPA). A elaboração deste estudo surge da necessidade de aplicar conceitos matemáticos fundamentais no desenvolvimento de cálculos de áreas, possibilitando compreender como ferramentas do cálculo, como diferencial e integral, podem ser utilizadas na resolução de problemas reais. Nesse sentido, desenvolveu-se o cálculo da área de uma região localizada no município de Barcarena. A escolha de Barcarena recorte territorial deu-se em virtude de ser a região com um dos principais exemplos de conflitos socioambientais decorrentes de grandes projetos industriais instalados na Amazônia. Entre esses empreendimentos, destaca-se a presença da Hydro Alunorte,

considerada a maior refinaria de alumina do mundo, cuja instalação provocou transformações significativas no território, sobretudo em 2018 quando aconteceu o desastre socioambiental. Comunidades como Murucupi e Vila do Conde passaram a conviver com riscos ambientais, desigualdades estruturais e fragilidades institucionais (Nazaré; Nascimento; Penha, 2018).

O episódio de 2018 é um marco, relatórios técnicos do Ministério Público do Estado do Pará, Ministério Público Federal e Defensoria pública do Estado do Pará, demonstram que fortes chuvas resultaram no extravasamento de rejeitos industriais, contaminando igarapés e fontes de água utilizadas pelas comunidades locais. Laudos do Instituto Evandro Chagas confirmaram a presença de substâncias tóxicas associadas ao refino da bauxita, revelando impactos diretos à saúde e ao meio ambiente (Nazare; Nascimento; Penha, 2018). Este episódio reforça o cenário recorrente de vulnerabilidade socioambiental da região de Barcarena.

O Dossiê “Crimes e Desastres da Mineração” (Castro; Do Carmo, 2022) destaca que casos como o de Barcarena não são excepcionais, mas parte de um padrão nacional de desastres produzidos por modelos de exploração mineral que intensificam riscos, externalizam danos e afetam populações mais frágeis. Essa perspectiva dialoga com a análise de Castro (2007), que argumenta que desastres não são fenômenos naturais, mas processos socialmente construídos decorrentes de escolhas políticas e econômicas que ampliam riscos e desigualdades.

Nesse contexto, analisar a área territorial da região da Hydro Alunorte – Murucupi não é apenas um exercício matemático. Trata-se de uma etapa fundamental para compreender a extensão dos impactos territoriais e ambientais. O cálculo da área contribui para mapear limites, comparar métodos de mensuração e fornecer suporte técnico a estudos de engenharia e análises socioambientais, unindo precisão matemática e relevância social.

Assim este trabalho tem como objetivo calcular a área territorial da região estudada, utilizando métodos geométricos e fundamentos do cálculo, para fornecer uma base quantitativa para análises futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geometria Analítica

O desenvolvimento da Geometria Analítica possui uma jornada histórica longa que contribui para entender seus fundamentos atuais. Mendes e Marques (2020) apontam que pesquisas em história da matemática aumentaram notavelmente nas últimas décadas no Brasil, mostrando como a área se formou a partir das tradições gregas, com autores como Apolônio, Pappus e Diofanto, até sua consolidação no século XVII. Nesse período.

René Descartes e Pierre Fermat (1637; 1636) estabeleceram a relação entre expressões algébricas e curvas geométricas, criando uma linguagem matemática capaz de representar o espaço por meio de coordenadas. Descartes formulou o plano cartesiano e propôs resolver problemas geométricos por métodos algébricos, enquanto Fermat desenvolveu ideias parecidas utilizando outra notação. Essa união entre álgebra e geometria estruturou as bases que sustentam cálculos de distância, área e modelagem espacial.

A partir desses fundamentos, a Geometria Analítica tornou-se essencial para representar pontos, segmentos e polígonos no plano cartesiano, permitindo transformar limites geográficos em dados mensuráveis. Um dos métodos mais utilizados nesses estudos é o Teorema de Cadarço, desenvolvido por Meister e Gauss e apresentado por Eves (2004). O método se destaca por sua simplicidade operacional e precisão, possibilitando calcular a área de polígonos a partir das coordenadas dos vértices, o que o torna especialmente eficiente em análises de regiões obtidas por mapas digitais (Eves, 2004; Dias et al., 2022).

2.2 Geometria Plana

A Geometria Plana desempenha papel fundamental no ensino da Matemática, pois contribui para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da percepção espacial e da capacidade de interpretar e resolver problemas presentes no cotidiano. Segundo Rojas (2009), a intuição geométrica auxilia o estudante na visualização de soluções, favorecendo a compreensão de situações-problema.

Nesse sentido, Alves (2017) destaca que os conhecimentos geométricos permitem ao aluno compreender e representar o mundo de forma organizada. Os Parâmetros Curriculares Nacionais reforçam essa perspectiva ao afirmar que, nos anos iniciais, as figuras geométricas são reconhecidas por sua forma global, antes da análise de partes e propriedades, evidenciando a importância de abordagens que valorizem a experiência e a observação no processo de ensino (Brasil, 1997).

Apesar de sua relevância, o ensino da Geometria Plana ainda enfrenta desafios relacionados à excessiva abstração e à prática baseada na memorização de conceitos e fórmulas. De acordo com Toledo e Toledo (1997), o ensino da geometria deve partir do reconhecimento das figuras, avançar para a descoberta de suas propriedades e, posteriormente, estabelecer relações entre elas, favorecendo a construção progressiva do conhecimento.

A Base Nacional Comum Curricular corrobora essa concepção ao definir que, ao final do ensino fundamental, o estudante deve ser capaz de reconhecer, classificar e construir figuras geométricas, desenvolvendo habilidades de visualização e argumentação matemática (Brasil, 2018). Dessa forma, torna-se necessário adotar

estratégias didáticas que superem o ensino meramente expositivo e promovam maior participação discente.

Nesse contexto, a inserção de tecnologias digitais apresenta-se como uma alternativa metodológica relevante para o ensino da Geometria Plana. Miskulin (1999) argumenta que o uso de recursos tecnológicos pode contribuir significativamente para a reorganização das práticas pedagógicas, tornando o ensino mais dinâmico e investigativo.

Conforme Kenski (2007), as tecnologias, quando integradas de maneira pedagógica, são capazes de modificar a forma de organizar o ensino e potencializar a aprendizagem. Estudos recentes, como o de Sousa et al. (2022), evidenciam que o uso do software GeoGebra no ensino da Geometria Plana favorece a visualização, a experimentação e a compreensão dos conceitos geométricos, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais significativo e produtivo.

2.3 Cálculo Integral

O Cálculo Diferencial e Integral representa papel central na Engenharia pois permite descrever variações, determinar áreas e volumes com precisão. Como mencionado por Vieira (2021), seu desenvolvimento histórico começou na antiguidade com métodos aproximados de soma, mas foi somente no século XVII que ganhou uma forma sistemática com Newton e Leibniz. Newton se dedicou a estudar taxas de variação, enquanto Leibniz organizou a notação das diferenciais e integrais que é utilizada nos dias atuais.

Vieira (2021), explica que no caso da integral, a sua finalidade original era justamente calcular áreas sob curvas e volumes, o que acaba tornando ela indispensável em casos que envolvem delimitações espaciais. Em regiões em que os limites não são retilíneos, a integral permite somar pequenas parcelas de área, originando resultados mais rigorosos do que métodos puramente geométricos.

Além disso, Vieira (2021) destaca que o Cálculo Diferencial e Integral também desempenha um papel fundamental na modelagem de fenômenos contínuos, permitindo que engenheiros compreendam e representem matematicamente sistemas reais. Por meio das derivadas, é possível analisar comportamentos dinâmicos, como variações de temperatura, deformações em materiais, velocidade de fluidos ou crescimento populacional. Já as integrais possibilitam calcular grandezas acumuladas, como trabalho, deslocamentos, carga elétrica ou fluxo de produção. Assim, o cálculo torna-se não apenas uma ferramenta matemática, mas um instrumento essencial para tomada de decisões e desenvolvimento de soluções precisas dentro da Engenharia.

2.4 Tecnologias Digitais

Ferramentas digitais como Google Maps e Microsoft Excel têm ampliado significativamente a precisão e a acessibilidade do cálculo de áreas. O Google Maps fornece imagens com escalas confiáveis, permitindo a extração de coordenadas e a conversão de medidas por meio de regra de três diretamente associada à escala do mapa. Já o Excel se destaca pela capacidade de organizar dados, gerar gráficos de dispersão, calcular ajustes polinomiais e exibir automaticamente as funções de tendência.

Estudos mostram que, mesmo com ferramentas simples, é possível atingir resultados confiáveis e com margem de erro inferior a 1% tanto em regiões ambientais extensas quanto em áreas urbanas com contornos irregulares (Dias et al., 2022; Dias et al., 2024).

2.5 Síntese Crítica

A literatura converge em afirmar que técnicas analíticas e numéricas permitem medir áreas reais com alta precisão, desde que as coordenadas sejam obtidas corretamente e que o ajuste matemático seja bem conduzido. No entanto, os estudos também apontam lacunas importantes: a necessidade de comparações mais sistemáticas entre diferentes graus polinomiais, a carência de investigações que integrem métodos clássicos com ferramentas SIG, e a dificuldade encontrada no ensino de Geometria Analítica, que muitas vezes permanece restrito a exercícios descontextualizados.

Ainda assim, os autores destacam o potencial pedagógico do uso de mapas reais e softwares simples como Excel para aproximar os estudantes de práticas matemáticas aplicadas ao cotidiano, fortalecendo o raciocínio geométrico e a capacidade analítica em situações concretas (Dias et al., 2022).

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados na condução da pesquisa, abordando a natureza do estudo, e as estruturas metodológicas, os objetivos, o método empregado e as etapas desenvolvidas. A investigação tem como principais objetivos: (1) calcular a área de uma região específica localizada no município de Barcarena (PA), Hydro Alunorte; e (2) aplicar conhecimentos de cálculo e técnicas de medição de áreas em um contexto complexo, caracterizado por irregularidades geométricas e possíveis condições de contaminação ambiental. Para o cálculo da área, foram empregados três conjuntos de procedimentos metodológicos complementares: o método manual (com régua e escalímetro), o método digital (com

aplicativos de medição disponíveis em dispositivos móveis). Além disso, foi realizada uma verificação analítica, utilizando cálculo manual com calculadora científica (Casio fx-991LACW), a fim de conferir maior confiabilidade aos resultados obtidos.

3.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa se classifica como aplicada, uma vez que busca gerar conhecimento voltado para a solução de problemas práticos relacionados à medição de áreas utilizando métodos acessíveis e comparativos. Segundo Gil (2019), estudos aplicados têm como foco a utilização do conhecimento científico para resolver demandas reais, característica diretamente alinhada ao propósito deste trabalho.

Do ponto de vista da abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois envolve o tratamento numérico de dados obtidos pelos diferentes métodos de cálculo manual, digital e automático, permitindo análises objetivas sobre a precisão dos resultados. Creswell (2014) destaca que pesquisas quantitativas baseiam-se em mensurações numéricas e análises estatísticas, o que corresponde ao procedimento adotado neste estudo.

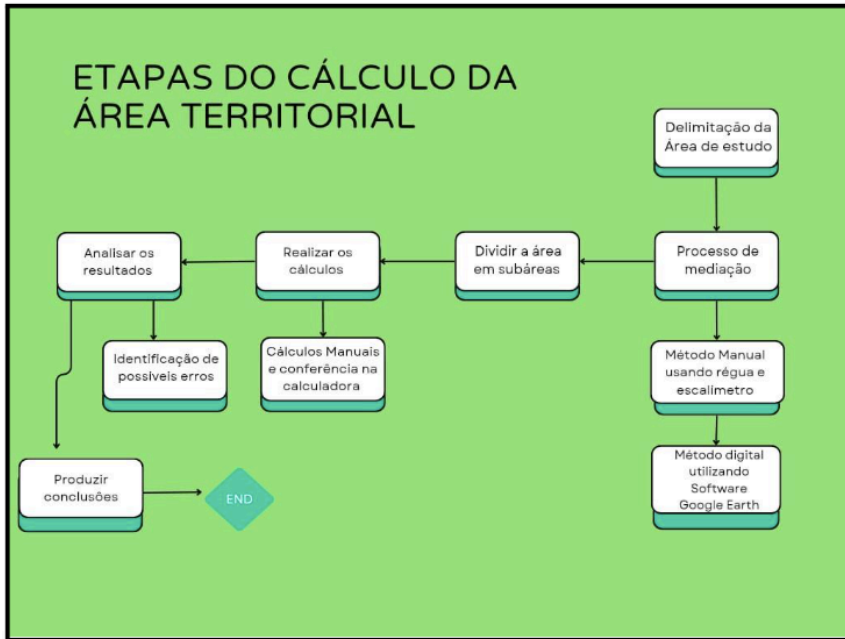
Quanto aos procedimentos técnicos, configura-se como uma pesquisa metodológica, por desenvolver, testar e comparar técnicas distintas de mensuração de área. Conforme Marconi e Lakatos (2021), pesquisas metodológicas têm por finalidade aprimorar instrumentos e procedimentos utilizados na investigação científica, o que se aplica à comparação dos métodos empregados.

O estudo foi realizado em uma área específica localizada no município de Barcarena (PA), no bairro Murucupi, na região conhecida como Hydro Alunorte, cenário que apresenta relevância ambiental e geoespacial. A aplicação dos três métodos em um contexto real permite analisar suas potencialidades e limitações, contribuindo para aprimorar práticas de medição em áreas complexas, como ressaltam Silva e Andrade (2021) ao discutir a importância do cruzamento entre métodos manuais e digitais para fortalecer a precisão dos resultados.

3.2 Etapas da Pesquisa

Como etapa complementar da metodologia, foi desenvolvido um fluxograma que organiza o processo de cálculo da área territorial. Essa representação permite visualizar de forma clara as etapas adotadas no estudo, desde a delimitação inicial até a análise dos resultados obtidos.

Figura 1: fluxograma.



.Fonte: Autores (2025)

3.3 Área de abrangência do estudo

A área analisada neste estudo corresponde a um setor pertencente à empresa **Hydro Alunorte - Alumina do Norte do Brasil S/A**, cuja localização foi identificada e delimitada por meio de imagens de satélite disponibilizadas pelo **Google Maps**. A partir dessa representação espacial, apresentada na **figura a seguir**:

Figura 2: Imagem da Hydro Alunorte em Barcarena- PA



Fonte:Google Maps (2025)

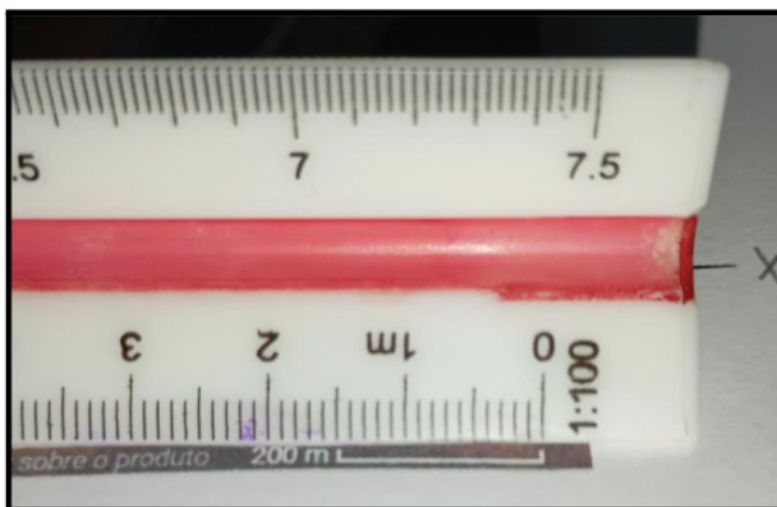
A delimitação da área estudada foi realizada com base na visualização detalhada da imagem obtida pela plataforma, permitindo marcar com precisão seus limites e estimar sua extensão.

4 MÉTODO MANUAL COM RÉGUA E ESCALÍMETRO

Para complementar a análise espacial, foi empregado um método manual de medição que permitiu estimar as dimensões da área a partir da imagem impressa em papel. Inicialmente, a imagem obtida via **Google Maps** foi impressa em folha **A4**, preservando a escala gráfica fornecida pela própria plataforma. Esse procedimento garantiu que a proporção entre as distâncias reais e sua representação na imagem fosse mantida de forma consistente.

Com a imagem impressa, utilizou-se uma **régua milimetrada** para realizar as medições dos elementos e limites de interesse. A escala apresentada na imagem indicava que **200 metros reais correspondiam a 1,5 cm** na impressão. Assim, essa relação foi adotada como referência para converter cada medida feita na folha para sua dimensão real no terreno, a partir dessa proporção, tornou-se possível calcular distâncias, definir contornos e estimar a área estudada com razoável precisão, mesmo utilizando um método simples e acessível.

Figura 3: escala de 200M no escalímetro.



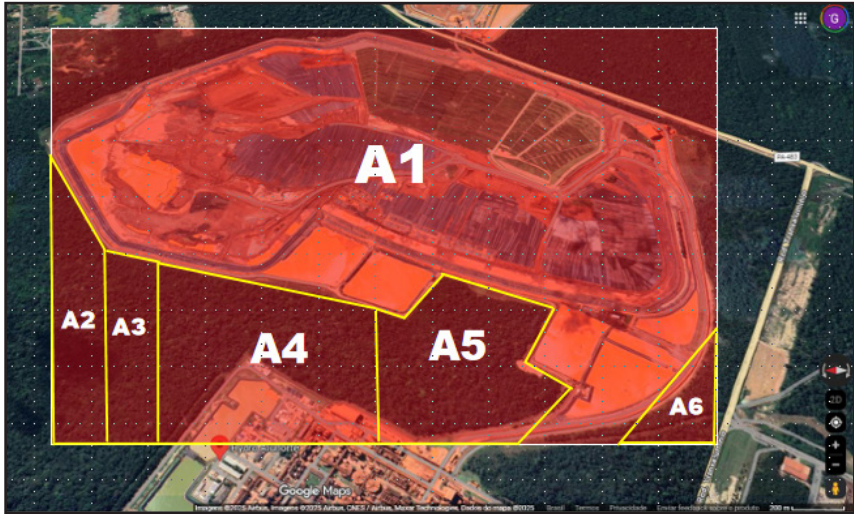
4.1 Divisão em subáreas

Com o objetivo de facilitar o processo de cálculo e aumentar a precisão das estimativas, a área total representada na imagem foi dividida em seis **subáreas**. Essa segmentação permitiu trabalhar com formas geométricas mais simples e medições mais controladas. Após essa divisão, definiu-se que, para a obtenção da área efetivamente desejada, seria necessário **subtrair** as subáreas **A2, A3, A4, A5 e A6**, por não fazerem parte do perímetro de interesse.

As subáreas **A2, A3 e A4** apresentavam configurações compatíveis com formas trapezoidais, por isso, suas áreas foram determinadas utilizando a **fórmula do trapézio**, considerando-se as bases medidas na imagem impressa e a altura correspondente. Já a subárea **A5**, devido ao seu formato irregular, foi calculada por meio de **geometria analítica**, permitindo obter sua área com maior precisão a partir das coordenadas dos pontos que definem seus limites. A **A6** foi determinada pela fórmula da área de um triângulo retângulo.

Essa metodologia de subdivisão e posterior subtração garantiu um procedimento sistemático, organizado e coerente, assegurando que apenas a área pretendida fosse contabilizada no resultado final.

Figura 4: Divisão em subáreas.



Fonte: Autores (2025)

4.2 Cálculo das subáreas

Figura 5: Área 1.



Fonte: Autores (2025)

A área A1 apresentam limites superiores curvilíneos, o que impossibilita o uso direto de fórmulas da geometria plana. Nesses casos, o método adequado para determinação da área é o cálculo integral, a partir das funções polinomiais que descrevem os contornos superiores.

Os pontos utilizados foram extraídos da imagem impressa, considerando a escala de 200 m correspondendo a 1,5 cm. Após a transformação das medidas, os valores foram medidos manualmente com escalímetro e calculados pelos sistemas , que forneceram os polinômios ajustados para cada subárea.

A integral definida é um conceito fundamental do Cálculo que representa o cálculo de áreas, volumes e outras grandezas acumuladas. Matematicamente, ela corresponde ao limite da soma de infinitos produtos entre valores de uma função e pequenos intervalos do eixo, sendo interpretada geometricamente como a área sob o gráfico da função em um intervalo.

Seu valor é obtido por meio do Teorema Fundamental do Cálculo, que relaciona a integral definida à primitiva da função.

$$A = \int_{x1}^{x2} f(x)dx$$

A área foi calculada pela integral definida:

$$A = \int_{x1}^{x2} f(x)dx$$

Área A1

Pontos coletados: (400,1386), (1200,1546), (2333,1173) e (2493,560)

Foi introduzido na equação

$$Y = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

$$1386 = a.400^3 + b.400^2 + c.400 + d$$

$$1546 = a.1200^3 + b.1200^2 + c.1200 + d$$

$$1173 = a.2333^3 + b.2333^2 + c.2333 + d$$

$$560 = a.2493^3 + b.2493^2 + c.2493 + d$$

Logo depois, aplicou-se no sistema:

$$400^3 \cdot a + 400^2 \cdot b + 400 \cdot c + d = 1386$$

$$1200^3 \cdot a + 1200^2 \cdot b + 1200 \cdot c + d = 1546$$

$$2333^3 \cdot a + 2333 \cdot b + 2333 \cdot c + d = 1173$$

$$2493^3 \cdot a + 2493 \cdot b + 2493 \cdot c + d = 560$$

Resultado do sistema:

$$A = -1,163 \times 10^{-6}$$

$$B = 4,301 \times 10^{-3}$$

$$C = -4,262$$

$$D = 2477$$

Cálculo da integral:

$$\int_0^{600} (-1,163 \cdot 10^{-6} \cdot x^3 + 4,301 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 - 4,262 \cdot x + 2477) dx$$

Resultado da área $A1 = 3.179.387 \text{ m}^2$

Figura 6: Áreas 2,3 e 4.



Fonte: Autores (2025)

As subáreas A2 a A4 devido à predominância de segmentos retilíneos em seus contornos, as subáreas permitem a aplicação adequada da fórmula do trapézio para determinação de suas áreas:

$$A=(B+b).h/2$$

Cálculo A2

$$B=8,1.200/1,5=1080 \quad b=5,4.200/1,5=720 \quad h=1,5.200/1,5=200$$

$$A5= (1080+720) \times 200/2$$

Resultado A2= 180.000 m²

Cálculo A3

$$B=5,4.200/1,5=720 \quad b=5,0.200/1,5=666 \quad h=1,5.200/1,5=200$$

$$A3= (720+666) \times 200/2$$

Resultado A3= 138.600 m²

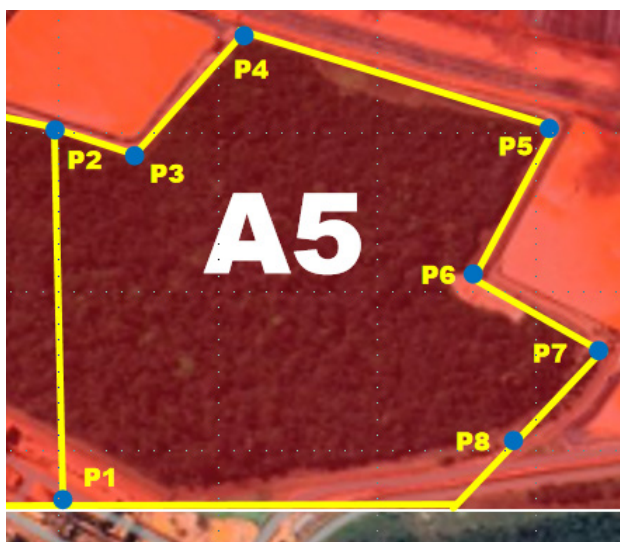
Cálculo A4

$$B=5,0.200/1,5=666 \quad b=3,9.200/1,5=520 \quad h=1,5.200/1,5=200$$

$$A4= (666+520) \times 200/2$$

Resultado A4= 118.600 m²

Figura 7: Área 5.



Fonte: Autores (2025)

A subárea A5 caracteriza-se como uma região de geometria irregular, cujo perímetro é formado exclusivamente por segmentos de reta interligados por vértices, configurando um polígono plano irregular. Permitindo assim utilizar a geometria analítica.

Fórmula do determinante utilizada na A5.

$$A = 1/2|XA \ XB \ XC \ XD \ XE \ XF \ XG \ XAYA \ YB \ YC \ YD \ YE \ YF \ YG \ YA|$$

Pontos utilizados:

A5= P1(0,0), P2(0,520), P3(146,480), P4(280,653),
P5(706,520), P6(600,320), P7(773,200) e P8(653,66).

Pontos inseridos na fórmula:

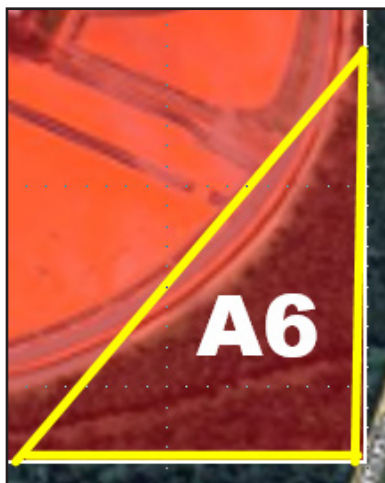
$$A = 1/2|0 \ 0 \ 146 \ 280 \ 706 \ 600 \ 773 \ 653 \ 0 \ 0 \ 520 \ 480 \ 653 \ 520 \ 320 \ 200 \ 66 \ 0|$$

Resultado:

$$75.920+134.400+461.018+312.000+247.360+130.600-95.338-145.600-225.920-120.000-51.018= 361.711 \text{ m}^2$$

$$A5= 361.711 \text{ m}$$

Figura 8: Área 6.



Fonte: Autores (2025)

A subárea A6 apresenta geometria triangular. O cálculo de sua área foi realizado com base na fórmula da área do triângulo retângulo, considerando a base e a altura correspondentes à sua projeção espacial. A área foi determinada conforme a equação:

$$A=b.h/2$$

em que A representa a área da subárea A6, b corresponde ao comprimento da base do triângulo e h à altura perpendicular à base.

Cálculo A6

$$B=2.200/1,5=266 \quad h=2,9.200/1,5=386$$

$$A6=266.386/2$$

Resultado 51.338 m²

Área Total Final

Com base nas medições realizadas nas subáreas A1 a A6, utilizando-se escalímetro e régua na escala 1,5 cm para 200 metros, procedeu-se ao cálculo das áreas individuais. Para obtenção dos valores reais cada medida levantada foi convertida para a sua dimensão correspondente no terreno.

A área total foi então determinada aplicando a seguinte expressão

$$A_{total} = A1 - A2 - A3 - A4 - A5 - A6$$

Obteve-se a estimativa da área total da unidade da Hydro Alunorte, localizada em Barcarena, resultando em uma área aproximada de 2.329.738 m²

4.3 Método digital pelo aplicativo Google Earth

O segundo método utilizado para estimar a área estudada foi a ferramenta de medição do **Google Earth**, que permitiu delimitar o perímetro e calcular uma área aproximada diretamente sobre as imagens de satélite. Apesar de prática ser útil para análises preliminares, essa ferramenta **não alcança 100% de precisão**, devido à resolução das imagens e às limitações cartográficas do aplicativo. Assim, o valor obtido serviu como **base de referência** para comparação com métodos mais precisos empregados no estudo.

A seguir, apresenta-se a imagem que ilustra a aplicação do método no Google Earth, destacando a delimitação da área estudada por meio da ferramenta de medição.

Figura 9: Delimitação da área pelo Google Earth.



Fonte: Autores (2025)

Com a aplicação do método de medição no Google Earth, obteve-se uma área estimada de **3.238.010,9 m²**, resultado que contribuiu para a compreensão inicial da dimensão da área analisada.

4.4 Análise dos resultados e comparação

Com a aplicação dos dois métodos de medição, o método manual, baseado em cálculos, e o método digital por meio do Google Earth, foram obtidos diferentes valores para a área estudada. As variações observadas entre os resultados podem estar associadas, entre outros fatores, à **altura de visualização da imagem do Google Maps**, utilizada em aproximadamente **200 metros**, o que pode influenciar na definição dos limites da área e, conseqüentemente, no valor final medido.

A tabela a seguir apresenta a **comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos**, permitindo uma análise mais detalhada das diferenças observadas.

Tabela 1: Comparação dos resultados.

Método manual com cálculos	Google Earth
2.329.738 m ²	3.238.010,9 m²

Fonte: Autores (2025)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste estudo possibilitou a aplicação prática de diferentes métodos para calcular a área territorial da região da Hydro Alunorte, localizada em Barcarena, utilizando procedimentos manuais, digitais e analíticos. Como essa área não possui um valor oficial anteriormente definido, tais resultados obtidos devem ser considerados como estimativas iniciais, desenvolvidas com base nas metodologias adotadas e nas informações disponíveis.

Mesmo sem um valor de referência exato, foi possível observar coerência entre os processos aplicados, indicando que, dentro das limitações de cada abordagem, os resultados se mantiveram próximos e consistentes. O método manual, exibiu valores mais estáveis, mostrando que quando bem aplicado, pode gerar aproximações confiáveis mesmo fazendo o uso de recursos simples. A divisão da região em subáreas, o uso de cálculos geométricos e integrais foram etapas essenciais para aprimorar a organização e também a precisão do processo. Já o método digital, mostrou-se ser uma alternativa rápida e acessível, porém mais sensível à qualidade das imagens e à definição correta da escala, elementos que influenciam diretamente no desempenho final. Dessa forma, a comparação entre os métodos ressaltou que nenhuma técnica deve ser analisada de forma isolada, já que cada uma possui benefícios e restrições.

Desse modo, o estudo mostra que a medição de áreas reais, especialmente em regiões com contornos irregulares enfrenta desafios, exige bastante atenção aos limites definidos, as fontes de dados utilizadas e as ferramentas selecionadas. A pesquisa pode ser melhorada futuramente com o uso de imagens com maiores resoluções, softwares mais específicos e técnicas matemáticas mais apuradas, possibilitando cálculos ainda mais precisos e contribuindo para análises territoriais mais detalhadas na região de Barcarena.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, E.; DO CARMO, E. **Dossiê Crimes e Desastres da Mineração: Barcarena, Mariana e Brumadinho. 2022.**
- NAZARÉ, M. L.; NASCIMENTO, R.; PENHA, L. **Grandes projetos em Barcarena-PÁ: impactos socioambientais causados pelas atividades da empresa Hydro Alunorte.** Revista IHGP, 2018.

ALVES, Wecsley Fernando Marçal. **Uso do GeoGebra no ensino de geometria plana no ensino básico. 2017. 76 f. Dissertação** (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática. Brasília: MEC/SEF, 1997.**

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Educação Infantil e Ensino Fundamental. Brasília: MEC, 2018.**

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. Campinas, SP: Papyrus, 2007.**

MISKULIN, Rosana Giaretta Sguerra. **Concepções teórico-metodológicas sobre a introdução e a utilização de computadores no processo de ensino/aprendizagem da geometria. 1999. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.**

ROJAS, Jussara. **Educação lúdica: a linguagem do brincar, do jogo e da brincadeira no aprender da criança. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2009.**

SOUSA, Adriano Dias de et al. **Tecnologias na matemática: uma revisão acerca de trabalhos com o uso do GeoGebra no ensino de geometria plana. Revista Paranaense de Educação Matemática, Campo Mourão, PR, v. 11, n. 26, p. 384–401, set./dez. 2022. DOI: 10.33871/22385800.2022.11.26.384-401.**

TOLEDO, Marília; TOLEDO, Márcia. **Didática de Matemática: como dois e dois. São Paulo: FTD, 1997.**

MENDES, Iran Abreu; MARQUES, Rubens Matheus dos Santos. **História da Geometria Analítica em dissertações de mestrados profissionais: contribuições para a docência. Revista REAMEC, Cuiabá, v. 8, n. 2, p. 185-205, maio/ago. 2020. DOI: 10.26571/reamec.v8i2.9474**

DESCARTES, René. **La Géométrie. Leiden: Jan Maire, 1637.**

FERMAT, Pierre de. **Introduction to Locí. Manuscrito, 1636.**

FLEMING, Diva. **Cálculo: material didático. [S.l.:s.n.], [s.d.].**

DIAS, Gustavo Nogueira; VOGADO, Gilberto Emanuel Reis; SILVA JUNIOR, Washington Luiz Pedrosa da; BARRETO, Wagner Davy Lucas; ALMEIDA, João Paulo Mendes de. **A utilização da Geometria Analítica na obtenção de grandes áreas.** *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, e575111436393, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36393.

DIAS, Gustavo Nogueira; REIS, Cássio Pinho dos; ROCHA, Herson Oliveira da; PAMPLONA, Vanessa Mayara Souza; RODRIGUES, Alessandra Epifanio; SOUZA JÚNIOR, José Carlos Barros de; SILVA, Katiane Pereira da; BEIRÃO, Antonio Thiago Madeira. **A utilização do Microsoft Excel no cálculo de áreas, utilizando o Google Maps e cálculo integral.** *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. 2, p. 1–18, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n2-070.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

CRESWELL, John W. Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 4. ed. Thousand Oaks: Sage, 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2021.

SILVA, Edna Lúcia da; ANDRADE, Maria Margarida de. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2014.

SARAIVA, Odirley Willians Miranda et al. Integration method of non-elementary exponential functions using iterated Fubini integrals. *International Journal for Innovation Education and Research*, v. 9, n. 9, p. 169–177, 2021. ISSN 2411-2933.