



CAPÍTULO 3

APLICAÇÃO DO CÁLCULO INTEGRAL NA DETERMINAÇÃO DA ÁREA DO BULGARI HOTEL YACHT CLUB EM DUBAI

Jorge Lucas Oliveira Silva

<https://orcid.org/0009-0008-6546-8831>

Cursando Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará- UEPA.

Samuel Correia Saraiva

<https://orcid.org/0009-0006-1615-7469>

Cursando Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará- UEPA.

Yuri Gabriel Ferreira Maciel

<https://orcid.org/0009-0001-5652-0705>

Cursando Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará- UEPA.

Lara Samily da Silva Saliba

<https://orcid.org/0009-0002-8212-3866>

Cursando Engenharia de Produção na Universidade do Estado do Pará- UEPA.

Gilberto Emanuel Reis Vogado

<https://orcid.org/0000-0003-4763-4767>

Universidade do Estado do Pará (PA), Brasil

Ana Paula Brandão Moreira

<https://orcid.org/0009-0007-1309-3807>

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

Victor Hugo Chacon Britto

<https://orcid.org/0000-0002-1000-8722>

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

Henrique Maia Pinheiro

<https://orcid.org/0000-0001-5705-3486>

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Montanha, Montanha, ES, Brasil

Gustavo Nogueira Dias

<https://orcid.org/0000-0003-1315-9443>

Universidade do Estado do Pará (PA), Brasil

RESUMO: O artigo apresenta um estudo aplicado do cálculo integral com o objetivo de determinar a área total do Bulgari Hotel Yacht Club, em Dubai, uma construção caracterizada por formas geométricas complexas. O trabalho demonstra a importância do cálculo integral na engenharia e na arquitetura ao utilizar integrais definidas e funções cúbicas para analisar estruturas de contorno irregular. A metodologia empregada combina medições manuais, ferramentas digitais, modelagem matemática, integração definida e fórmulas clássicas da geometria para representar a planta do hotel e calcular suas áreas parciais. O processo envolve duas etapas principais (X1 e X2), que contemplam regiões delimitadas por curvas, losangos e semicírculos. A soma das áreas analisadas resulta em um total aproximado de 237.043 unidades². O estudo evidencia o papel do cálculo integral como ferramenta fundamental para análises espaciais precisas em projetos arquitetônicos reais, destacando sua aplicabilidade prática na engenharia contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE: Cálculo integral. Modelagem matemática. Geometria arquitetônica. Bulgari Hotel Yacht Club

1. INTRODUÇÃO

O estudo das aplicações práticas do cálculo integral tem se mostrado fundamental para a resolução de problemas envolvendo determinação de áreas, volumes e outras grandezas geométricas relevantes em diferentes campos do conhecimento. No contexto da arquitetura e da engenharia civil, tais métodos matemáticos permitem análises precisas de estruturas complexas, contribuindo para o planejamento, a modelagem e a avaliação de projetos. Nesse sentido, empreendimentos de grande porte, como hotéis de luxo e instalações turísticas internacionais, demandam métodos rigorosos para a compreensão de sua dimensão espacial e de suas características construtivas.

O presente trabalho tem como objetivo determinar a área do **Bulgari Hotel Yacht Club**, localizado em Dubai, por meio de procedimentos matemáticos baseados no uso de integrais definidas. A escolha desse empreendimento justifica-se tanto pela complexidade geométrica de sua planta arquitetônica quanto pela relevância de sua estrutura no setor hoteleiro internacional. Assim, busca-se demonstrar como o cálculo integral pode ser empregado de forma eficiente na resolução de problemas reais, envolvendo formas irregulares e contornos não triviais.

Para atingir esse objetivo, foram analisadas representações gráficas da planta do local, aplicando-se técnicas de modelagem matemática e integração. Espera-se, com isso, evidenciar a importância do cálculo integral na obtenção de medidas precisas e na interpretação geométrica de espaços arquitetônicos. Além disso, o estudo visa contribuir para a compreensão da relação entre matemática aplicada

e projetos arquitetônicos contemporâneos, destacando o papel das ferramentas analíticas no desenvolvimento de soluções tecnicamente fundamentadas. O trabalho foi desenvolvido por um grupo de alunos da instituição acadêmica UEPA, presente no município de Castanhal-PA no Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico tem como finalidade fundamentar conceitualmente o desenvolvimento do presente trabalho, apresentando os principais conceitos, aplicações e abordagens teóricas relacionadas ao cálculo integral. A construção desta seção segue uma organização coerente com produções acadêmicas desenvolvidas no âmbito da Universidade do Estado do Pará (UEPA), priorizando uma linguagem clara, objetiva e alinhada à prática da engenharia. Nesse contexto, o foco teórico está direcionado à aplicação do cálculo integral na análise espacial de estruturas arquitetônicas complexas, especialmente empreendimentos de grande porte.

2.1 CÁLCULO INTEGRAL: CONCEITOS E FUNDAMENTOS

O cálculo integral constitui uma ferramenta essencial da matemática aplicada, sendo amplamente utilizado na determinação de áreas, volumes e demais grandezas associadas a regiões delimitadas por curvas. Diferentemente dos métodos tradicionais da geometria plana, o cálculo integral permite a análise de formas irregulares, o que o torna especialmente relevante para a resolução de problemas práticos na engenharia.

No contexto da formação em engenharia, o domínio dos conceitos de integrais definidas contribui diretamente para a capacidade de modelar situações reais, representar variações contínuas e analisar superfícies de geometria complexa. Dessa forma, o cálculo integral assume um papel que vai além do aspecto teórico, configurando-se como uma ferramenta aplicada e indispensável à prática profissional.

2.2 APLICAÇÕES DO CÁLCULO INTEGRAL NA ENGENHARIA E NA ARQUITETURA

A aplicação do cálculo integral na engenharia e na arquitetura está fortemente relacionada às etapas de planejamento, dimensionamento e análise de projetos. Estruturas contemporâneas, em especial as de grande porte, apresentam frequentemente geometrias não convencionais, com curvas e contornos irregulares, demandando métodos matemáticos mais avançados para sua correta análise.

Nesse sentido, o uso do cálculo integral possibilita a estimativa precisa de áreas ocupadas e volumes construídos, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de

decisão, avaliação de viabilidade e otimização do uso do espaço físico. Assim, observa-se uma relação direta entre os conteúdos abordados na formação acadêmica e sua aplicação prática em situações reais enfrentadas pela engenharia.

2.3 ESTUDO DE CASO: A COMPLEXIDADE GEOMÉTRICA DO BULGARI HOTEL YACHT CLUB, DUBAI

O presente trabalho tem como objetivo determinar a área do Bulgari Hotel Yacht Club, localizado em Dubai, por meio de procedimentos matemáticos fundamentados no uso de integrais definidas. A escolha desse empreendimento justifica-se tanto pela complexidade geométrica de sua planta arquitetônica quanto pela relevância de sua estrutura no cenário hoteleiro internacional.

A abordagem adotada neste estudo de caso está diretamente relacionada à metodologia proposta no trabalho, uma vez que se baseia na análise de representações gráficas e imagens aéreas da edificação. A partir dessas representações, são aplicadas técnicas de modelagem matemática e integração, permitindo transformar uma situação real em um problema matemático passível de resolução. Dessa maneira, estabelece-se uma conexão direta entre a fundamentação teórica apresentada e os procedimentos metodológicos empregados.

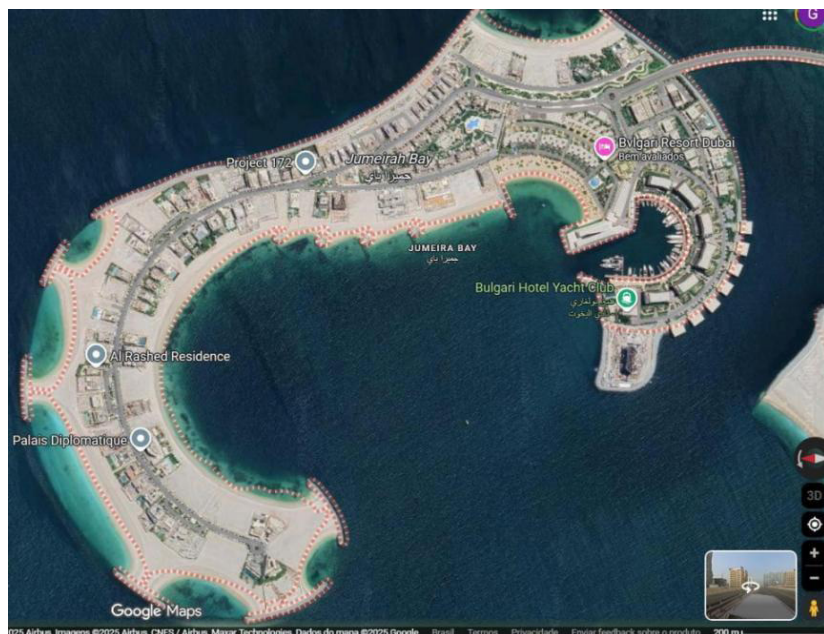
A imagem a seguir ilustra a vista aérea do empreendimento, evidenciando a complexidade do projeto arquitetônico e reforçando a necessidade do uso do cálculo integral para a obtenção de resultados mais precisos e consistentes.

Figura 1 – Vista aérea do Bulgari Hotel Yacht Club, Dubai.



Fonte: material de divulgação.

Figura 2 – Vista aérea do mapa do hotel Yacht Club, Dubai.



Fonte: material de divulgação.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi elaborada com o objetivo de descrever, de forma clara e sistemática, todos os procedimentos aplicados para determinar a área estrutural de um hotel localizado em Dubai. A pesquisa caracteriza-se como explicativa, uma vez que busca compreender e justificar os fenômenos envolvidos no processo de mensuração arquitetônica, relacionando os métodos matemáticos utilizados às propriedades geométricas observadas na construção analisada. Essa abordagem possibilita não apenas apresentar os resultados obtidos, mas também esclarecer como cada etapa influenciou diretamente na precisão do cálculo final.

A abordagem escolhida foi quantitativa, pois o estudo se fundamenta na análise de dados numéricos, cálculos e medições realizadas a partir de elementos visuais e estruturais do hotel. Todas as etapas do processo tiveram como foco a obtenção de valores objetivos, permitindo a comparação e validação dos resultados. Para garantir maior rigor científico, foram utilizados instrumentos diversos, tais como réguas milimetradas, calculadoras científicas, aplicativos de cálculo e ferramentas digitais de estimativa geométrica, o que contribuiu para aumentar a confiabilidade das medições.

A pesquisa foi conduzida por meio de uma metodologia experimental, pois envolveu a realização de testes práticos, simulações e cálculos repetidos. Inicialmente, procedeu-se à observação detalhada da estrutura externa do hotel, identificando seus principais componentes arquitetônicos e distinguindo as formas geométricas predominantes. Considerando que edificações de grande porte, como hotéis de Dubai, comumente apresentam variações de formato combinando áreas como losango, curvas e semi-círculos, tornou-se necessária a adoção de diferentes expressões matemáticas para a estimativa da área total.

Também foram utilizados aplicativos especializados em cálculo geométrico e análise de proporção por imagem. Esses recursos possibilitaram estimar dimensões relativas com base na escala visual da edificação, assegurando maior coerência entre as medidas manuais e os dados obtidos digitalmente. Cada cálculo foi repetido diversas vezes, buscando diminuir discrepâncias e aumentar a precisão, replicabilidade e validade dos resultados.

O processo de coleta de dados ocorreu em etapas. Primeiramente, realizou-se a identificação das figuras geométricas presentes na estrutura do hotel. Em seguida, foram feitas medições proporcionais utilizando réguas e escalas visuais. Posteriormente, os valores foram inseridos em calculadoras científicas e aplicativos para confirmar a consistência dos resultados. Por fim, todos os cálculos foram organizados em tabelas comparativas para verificar eventuais divergências e selecionar os valores

mais precisos. A triangulação dos métodos manual, instrumental e digital permitiu reduzir erros de observação e fortalecer a confiabilidade dos achados.

O estudo respeitou integralmente os limites de acesso a informações públicas, utilizando somente imagens, dados visuais e elementos disponibilizados exclusivamente para fins acadêmicos. Não foram acessados documentos protegidos por direitos autorais nem plantas arquitetônicas restritas, garantindo o cumprimento das normas de ética científica.

As limitações do estudo dizem respeito ao uso de imagens e referências visuais em vez de plantas técnicas oficiais, o que pode gerar pequenas margens de imprecisão. No entanto, tais limitações foram mitigadas pela aplicação de múltiplos métodos de cálculo e pela repetição rigorosa das medições, assegurando consistência interna.

A descrição detalhada e transparente de todos os procedimentos adotados fornece uma base sólida para a interpretação dos resultados, permitindo que o estudo seja replicado por outros pesquisadores que utilizem métodos semelhantes. Dessa forma, a metodologia estabelecida contribui para a generalização dos achados e para o avanço das discussões sobre aplicações de geometria e cálculo em contextos arquitetônicos reais.

3.1 FÓRMULAS E EQUAÇÃO

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

Onde:

y= variável dependente.

x= variável independente.

a= coeficiente do termo cúbico.

b= coeficiente do termo quadrático.

c= coeficiente do termo linear.

d= termo constante.

Conforme a equação, para a definição precisa do espaço de trabalho no hotel situado em Dubai, a equipe empregou a equação cúbica geral. Inicialmente, foram identificados os pontos de interseção do gráfico com os eixos e, os quais representam, respectivamente, os valores em que a função assume zero e o valor inicial da curva. Após essa etapa, os pontos obtidos foram inseridos na equação, possibilitando a determinação da função que melhor descrevia o comportamento do gráfico no

campo analisado. Esse procedimento permitiu calcular, juntamente da integral, as dimensões reais da área estudada, fornecendo um modelo matemático adequado à representação espacial do local.

$$3.2 \int_x^y dx$$

y= maior valor do ponto no eixo Y.

x= menor ponto da interseção no eixo X.

Após a determinação da função cúbica que representa o comportamento do gráfico no espaço analisado, procedeu-se ao cálculo da área correspondente à região de trabalho no hotel em Dubai. Para isso, os resultados obtidos pela equação foram submetidos ao processo de integração definida. A integral foi estruturada de modo que o limite superior correspondesse ao maior valor identificado no eixo, enquanto o limite inferior representou o menor ponto de interseção da função com o eixo. Essa disposição permitiu delimitar adequadamente a região sob a curva, garantindo a representação fiel da área real. Assim, ao integrar a função cúbica dentro desses limites, tornou-se possível obter, de maneira precisa, a medida da área total em que a equipe estava atuando, assegurando rigor matemático na análise do campo observado.

$$3.3 \frac{(B+b) \cdot h}{2}$$

B= base maior.

b= base menor.

h= altura.

$$3.4 \frac{\pi R^2}{2}$$

π = razão constante

R= raio

3.5 (A3) - (A4+A5+A6)

a4= área do losango

a5= área do semi-círculo

a6= área da segunda parte do hotel

$(X1 + X2) = \text{Área Total.}$

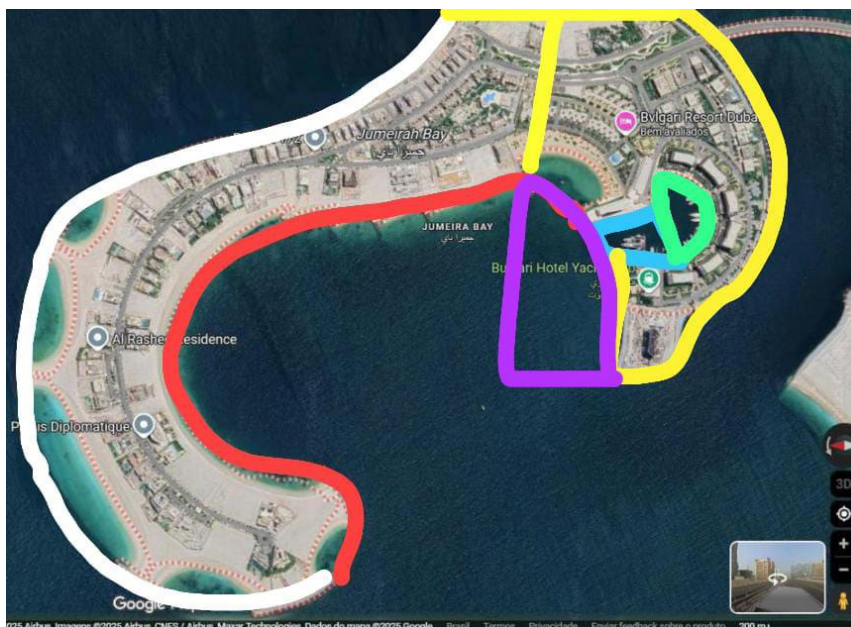
x1= primeira área do hotel.

x2= segunda área total do hotel.

Após a determinação da área principal por meio da integração definida, foi necessário calcular também as regiões geométricas adicionais presentes no mapa estrutural do hotel. Para isso, empregaram-se fórmulas clássicas da geometria plana, adequadas às figuras identificadas no levantamento. Sendo elas, área do losango e área do semicírculo localizado no mesmo setor do hotel. Após o cálculo individual dessas formas geométricas, as áreas foram somadas à área previamente obtida para esse segundo setor do hotel. A soma resultante forneceu o valor que corresponde à segunda área total considerada na análise, permitindo uma compreensão completa da dimensão espacial do lado complementar da estrutura. Por fim, foi somado X1 e X2 para de fato sabermos a área total do hotel.

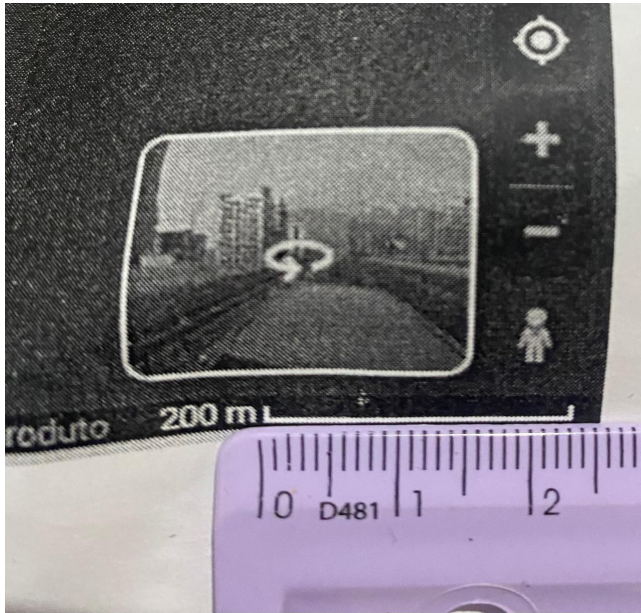
4. RESULTADOS

Figura 3 – demarcação das áreas do Bulgari Hotel Yacht Club.



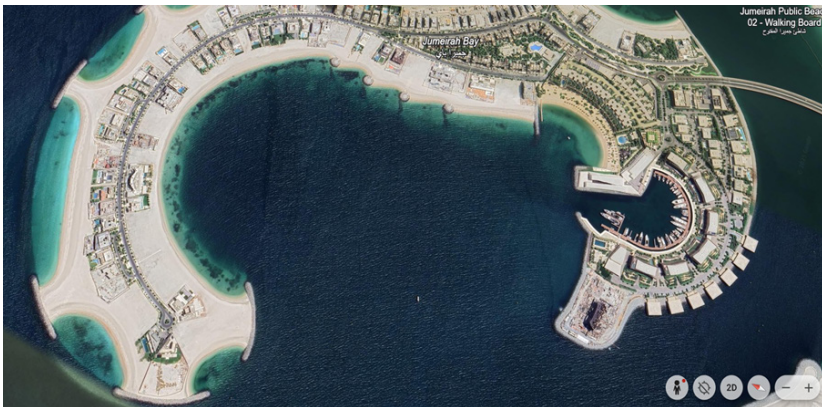
Fonte: autores.

Figura 4 – Escala da imagem do hotel.



Fonte: autores.

Figura 5 – Área do Bulgari Hotel Yacht Club.



Fonte: Google Earth.

PROCESSO 1

Área 1: Medidas dos eixos X e Y, da área de cor branca:

X	Y
0	600
400	1108,3
800	1041,6
1200	200

Após empregar na função cúbica, o resultado foi adicionado na integral:

$$\int_0^{1400} (-5,2604x10^{-7}x^3 - 1,624x10^{-3}x^2 + 1,8192x + 1)dx = 215\,799$$

Área 2: Medidas dos eixos X e Y, da cor vermelha:

X	Y
0	600
400	684
600	750
800	634

Após empregar na função cúbica, o resultado foi adicionado na integral:

$$\int_0^{1000} (-3,0937x10^{-6}x^3 + 3,2937x10^{-3}x^2 - 0,6125x + 1)dx = 19\,225$$

Logo após calcular as áreas 1 e 2, subtraímos as mesmas para saber a distância delas:

$$X1 = A1 - A2$$

$$215\,799 - 19\,225$$

$$\mathbf{X1 = 196\,574}$$

PROCESSO 2

Área 3: Medidas dos eixos X e Y, da cor amarela:

X	Y
0	342
200	492
400	584
800	350

Após empregar na função cúbica, o resultado foi adicionado na integral:

$$\int_0^{800} (-1,2708x^3 + 3,7449x^2 + 0,7933x + 1)dx = 130\,926$$

Área 4: área do losango, da cor azul:

$$B = 92$$

$$b = 59$$

$$h = 150$$

$$\frac{(92+59) \cdot 150}{2} = 11\,325$$

Área 5: área do semi-círculo, da cor verde:

$$\pi = 3,14$$

$$R^2 = 125$$

$$\frac{3,14 \cdot 125^2}{2} = 24\,530$$

Área 6: Medidas dos eixos X e Y, da cor roxa:

X	Y
0	117
75	192
267	250
500	234

Após empregar na função cúbica, o resultado foi adicionado na integral:

$$\int_0^{500} (3,4831x^3 - 3,8051x^2 + 1,2658x + 1)dx = 54\,602$$

Soma e subtração das áreas (A3) - (A4 + A5 + A6)

$$(130\,926) - (11\,325 + 24\,530 + 54\,602)$$

$$\mathbf{X2 = 40\,469\ km^2}$$

PROCESSO FINAL

$$X1 + X2 = \text{ÁREA TOTAL}$$

$$X1 = 196\,574$$

$$X2 = 40\,469$$

$$\mathbf{ÁREA TOTAL DO HOTEL = 237\,043\ km^2}$$

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo alcançou integralmente o seu objetivo principal, que consistiu em determinar a área do Bulgari Hotel Yacht Club, em Dubai, utilizando procedimentos matemáticos rigorosos baseados no cálculo de integrais definidas. Ao empregar o cálculo integral na análise de uma estrutura com complexidade geométrica, o trabalho demonstrou de forma eficaz a aplicabilidade desta ferramenta matemática na resolução de problemas reais no contexto da arquitetura e da engenharia.

As análises resultaram na determinação da área total do empreendimento em 237.043km, obtida por meio da soma das duas áreas principais calculadas (X1 + X2). O valor de X1 foi determinado pela diferença entre as integrais das Áreas 1 (branca) e 2 (vermelha), resultando em 196.574km. Já a área X2 foi encontrada pela subtração das áreas de formas geométricas adicionais (Áreas 4, 5 e 6) da integral da Área 3 (amarela), totalizando 40.469km.

Os resultados evidenciam a importância do cálculo integral na obtenção de medidas precisas em espaços arquitetônicos de contorno não trivial, superando as limitações dos métodos tradicionais da geometria plana. A metodologia adotada, que combinou a aplicação de funções cúbicas e integração definida com fórmulas clássicas de geometria, permitiu transformar representações gráficas em um modelo matemático solucionável, reforçando a conexão direta entre a fundamentação teórica acadêmica e a prática da engenharia.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, Rodrigo C. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6022: Informações e documentação — Artigo em publicação periódica científica — Apresentação. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023: Referências — Elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14724: Trabalhos acadêmicos — Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MOLINA, Mario; MENDES, Iracema. Geometria plana e espacial. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

OLIVEIRA, M. F. Metodologia científica: fundamentos e práticas. São Paulo: Atlas, 2016.

RUGGIERO, Márcio; LOPES, Antonia. Matemática aplicada às ciências e às engenharias. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 6. ed. Florianópolis: UFSC, 2015.