

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

RONIÉLISSON RODRIGUES PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MAPEAMENTO TRADICIONAL E A
UTILIZAÇÃO DE DRONES NA ENGENHARIA CIVIL**

Cajazeiras-PB
2026

RONIÉLISSON RODRIGUES PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MAPEAMENTO TRADICIONAL E A
UTILIZAÇÃO DE DRONES NA ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Me. Cicero Joelson Vieira Silva.

Cajazeiras-PB
2026

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

- P436a Pereira, Roniélisson Rodrigues.
 Análise comparativa entre o mapeamento tradicional e a utilização de drones na engenharia civil / Roniélisson Rodrigues Pereira.– 2026.

 37f. : il.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2026.

 Orientador(a): Prof. Me. Cicero Joelson Vieira Silva.

 1. Topografia. 2. Engenharia civil. 3. Mapeamento topográfico. 4. Drone. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.

IFPB/CZ

CDU: 528:624(043.2)


RONIÉLISSON RODRIGUES PEREIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MAPEAMENTO TRADICIONAL E A
UTILIZAÇÃO DE DRONES NA ENGENHARIA CIVIL**


Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 26 de janeiro de 2026.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CICERO JOELSON VIEIRA SILVA**
Data: 09/02/2026 16:22:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Cicero Joelson Vieira Silva – IFPB *Campus* Cajazeiras
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **JOSENETO DE SOUZA**
Data: 09/02/2026 17:15:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joseneto de Souza – IFPB *Campus* Cajazeiras
Examinador 1

Documento assinado digitalmente
 **GASTAO COELHO DE AQUINO FILHO**
Data: 09/02/2026 16:26:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB *Campus* Cajazeiras
Examinador 2

Com amor e gratidão, dedico este trabalho aos meus pais e à minha avó, que sempre me apoiaram e acreditaram em mim. Vocês são a minha inspiração e a base de tudo que conquistei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de toda força e inspiração, por me conceder a perseverança necessária para superar cada desafio e concluir esta importante etapa.

Aos meus amados pais, meu eterno reconhecimento pelo apoio incondicional e pelo incentivo incansável ao longo de toda a minha jornada acadêmica.

À minha querida avó, agradeço o apoio constante e por acreditar em mim durante toda a realização deste curso.

Aos meus amigos Luiulo e Sabrina, agradeço pelo auxílio, pela colaboração e por tornarem o desenvolvimento deste trabalho mais leve e prazeroso.

Ao professor Cicero Joelson Vieira Silva, meu sincero agradecimento pela orientação precisa, pela disponibilidade constante e pelas contribuições significativas que enriqueceram este trabalho.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus* Cajazeiras, expresso minha gratidão pela valiosa oportunidade de aprimoramento acadêmico e profissional, que moldou minhas habilidades e conhecimentos.

RESUMO

A engenharia civil com ênfase o uso do mapeamento topográfico como etapa fundamental para o planejamento, execução e controle de obras. Tradicionalmente, esses levantamentos são realizados por meio de métodos convencionais, como estação total e sistemas GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), que oferecem elevada precisão, porém demandam maior tempo de execução, custos operacionais elevados e maior exposição da equipe a riscos em campo. Com o avanço tecnológico, o uso de drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), tem se destacado como uma alternativa inovadora para a coleta de dados topográficos, proporcionando maior agilidade, ampla cobertura espacial e redução de custos operacionais. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar comparativamente os métodos tradicionais de mapeamento topográfico e a utilização de drones na engenharia civil, avaliando aspectos como precisão, tempo de execução, custo, segurança e aplicabilidade. A metodologia adotada caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem quantitativa, de natureza exploratória e descritiva, fundamentada em revisão bibliográfica e análise comparativa de estudos técnicos e científicos. Os resultados indicam que os métodos tradicionais permanecem essenciais para levantamentos que exigem alto rigor geométrico, enquanto os drones apresentam maior eficiência na coleta rápida de dados e no mapeamento de grandes áreas. Conclui-se que a integração entre os métodos tradicionais e o uso de drones representa a solução mais eficiente, permitindo a otimização de recursos, aumento da produtividade e maior confiabilidade nos levantamentos topográficos aplicados à engenharia civil.

Palavras-chave: mapeamento topográfico; drones; engenharia civil; levantamento planialtimétrico.

ABSTRACT

Civil engineering emphasizes topographic mapping as a fundamental step for planning, execution, and control of construction projects. Traditionally, these surveys are performed using conventional methods such as total stations and GNSS systems, which provide high accuracy but require longer execution time, higher operational costs, and greater exposure of field teams to risks. With technological advances, the use of drones, also known as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), has emerged as an innovative alternative for topographic data acquisition, offering greater agility, wide spatial coverage, and reduced operational costs. In this context, this study aims to comparatively analyze traditional topographic mapping methods and the use of drones in civil engineering, evaluating aspects such as accuracy, execution time, cost, safety, and applicability. The methodology adopted is characterized as quantitative, exploratory, and descriptive research, based on a literature review and comparative analysis of technical and scientific studies. The results indicate that traditional methods remain essential for surveys requiring high geometric accuracy, while drones demonstrate greater efficiency in rapid data acquisition and mapping of large areas. It is concluded that the integration of traditional methods and drone technology represents the most efficient solution, enabling resource optimization, increased productivity, and greater reliability in topographic surveys applied to civil engineering.

Keywords: topographic mapping; drones; civil engineering; planialtimetric survey.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Levantamento topográfico em campo com utilização de teodolito mecânico para medição de ângulos.....	17
Figura 2 - Estação total empregada em levantamentos topográficos de campo.	18
Figura 3 - Principais componentes de uma estação total	19
Figura 4 - Conjunto de equipamentos GNSS utilizados em levantamento topográfico.....	20
Figura 5 - Antena GNSS comumente utilizada em levantamentos topográficos.....	21
Figura 6 - Drone do tipo quadricóptero	22
Figura 7 - Fluxograma do itinerário metodológico.....	26
Quadro 1 - Estudos utilizados na análise comparativa entre métodos tradicionais e aerofotogrametria com drones	28
Quadro 2 - Comparativo dos métodos de levantamento topográfico segundo critérios de tempo, precisão, custo e aplicabilidade.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1	MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO NA ENGENHARIA CIVIL	14
3.2	MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO E TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA NA ENGENHARIA CIVIL.....	15
3.3	MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL: FUNDAMENTOS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES.....	15
3.4	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	16
3.4.1	<i>Teodolito.....</i>	<i>16</i>
3.4.2	<i>Estação total.....</i>	<i>17</i>
3.4.3	<i>GNSS/RTK (Sistema Global de Navegação por Satélite / Real Time Kinematic).....</i>	<i>19</i>
3.4.4	<i>Mapeamento com drones (VANTS): princípios, aplicações e restrições</i>	<i>21</i>
3.5	ESTUDOS COMPARATIVOS E PRECISÃO DOS MÉTODOS.....	22
3.6	ASPECTOS NORMATIVOS E FORMAÇÃO PROFISSIONAL	23
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	25
4.2	MÉTODOS.....	26
4.2.1	<i>Coleta de dados.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Análises de dados.....</i>	<i>27</i>
4.2.3	<i>Garantia de validade e relevância dos resultados</i>	<i>27</i>
5	RESULTADOS E ANÁLISES	28
5.1	RESULTADO DA SELEÇÃO DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS	28

5.2	USO DE DRONES X MÉTODOS TRADICIONAIS	29
5.3	ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS	30
5.4	ANÁLISE CRÍTICA	30
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil no Brasil tem apresentado avanços notáveis nos últimos anos, com a introdução de tecnologias inovadoras que têm transformado a forma de conceber e executar obras, como o uso de drones, impressão 3D, sistemas BIM (*Building Information Modeling*) e técnicas avançadas de geotecnologia.

Embora existam tendências promissoras na engenharia civil, com potencial para melhorar a produtividade e a qualidade, o setor ainda não incorporou essas inovações de maneira satisfatória. No Brasil, a construção civil permanece majoritariamente caracterizada por métodos manuais e artesanais. Apesar de algumas tecnologias modernas já serem aplicadas, elas ainda representam uma minoria ou carecem de ampla disseminação no mercado. A implementação de novas tecnologias enfrenta desafios significativos, como a necessidade de mudanças na cultura organizacional das empresas, a oferta de treinamentos para as equipes e a integração eficiente da cadeia de suprimentos (Simão *et al.*, 2019).

A utilização de drones na engenharia civil tem se consolidado como uma revolução tecnológica, especialmente no que tange a processos de mapeamento e levantamento de dados. Os drones, ou VANT's, são equipados com câmeras, sensores e tecnologias avançadas que permitem a captura de imagens, vídeos e dados tridimensionais com uma precisão e eficiência superiores aos métodos tradicionais.

Conforme Bernardo (2021), a adoção dessas tecnologias oferece uma série de vantagens, como a redução de custos, maior rapidez nas coletas de dados, minimização de erros humanos, melhoria na segurança e a possibilidade de acessar áreas de difícil acesso. Além disso, o uso de recursos topográficos possibilita a criação de projeções de alta qualidade, uma vez que esses sistemas avançados são capazes de fornecer imagens precisas, garantindo maior segurança e confiabilidade nos resultados obtidos.

Para utilizá-las eficientemente, é essencial entender seu funcionamento, aplicações e regulamentos. O estudo da bibliografia é importante para garantir um uso seguro, com planejamento adequado de voos, coleta e análise de dados, além da interpretação dos resultados. Segundo Ferreira, Rosa e Carmo (2023), ao adotar drones para georreferenciamento, é fundamental considerar aspectos regulatórios, como as permissões para operação, além de questões relacionadas à privacidade e segurança.

O mapeamento tradicional, por sua vez, que envolve o uso de métodos convencionais como levantamentos topográficos, fotografias aéreas feitas por aviões e técnicas de medição em campo, ainda é amplamente utilizado, porém apresenta diversas limitações em termos de

tempo, custo e precisão. No entanto, a introdução de drones para a captura aérea e análise de dados tem potencializado consideravelmente a qualidade e a velocidade dos levantamentos geoespaciais (Correia, 2019). A comparação entre os métodos tradicionais e as novas tecnologias de captura aérea não apenas destaca as vantagens da inovação, mas também revela as áreas em que os drones superam as técnicas convencionais.

Embora os instrumentos convencionais, como teodolito e estação total, ainda sejam amplamente utilizados na engenharia, eles apresentam limitações em termos de precisão e produtividade quando comparados a tecnologias mais modernas, como o GNSS laser scanner e VANT's.

Segundo Costa *et al.* (2018), a adoção dessas novas ferramentas tem sido lenta em parte pela falta de familiaridade dos profissionais com o manuseio dos equipamentos e o processamento dos dados gerados, além do alto custo de algumas tecnologias, como o scanner a laser. Os autores afirmam que o uso dessas tecnologias é frequentemente restrito a situações em que é exigido pelo contratante ou quando a precisão e a redução de prazos tornam esses equipamentos um diferencial significativo. Contudo, espera-se que, com o aumento da concorrência entre os fabricantes, o custo dessas tecnologias diminua, tornando-as mais acessíveis e viáveis para um uso mais amplo no setor.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo explorar a importância do uso de drones na engenharia civil, com ênfase em uma análise comparativa entre os métodos convencionais de mapeamento topográfico e as tecnologias avançadas de captura aérea. Busca-se destacar as transformações ocorridas no processo de obtenção de dados, bem como avaliar as contribuições dessas inovações para o desenvolvimento e a modernização da indústria, promovendo maior eficiência e precisão nas práticas adotadas no setor.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo apresenta-se a ideia central do trabalho, o objetivo geral, e os processos que viabilizam seu alcance, os objetivos específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a relevância da utilização de drones na engenharia civil, com foco na comparação entre os métodos tradicionais de mapeamento e as tecnologias modernas de captura aérea.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os métodos tradicionais de mapeamento topográfico com o uso de drones, em termos de precisão, produtividade e custo;
- identificar as vantagens e desafios associados ao seu uso na engenharia civil, considerando aspectos como redução de custos, aumento da segurança e minimização de erros humanos;
- destacar as transformações no processo de coleta de dados e as contribuições dessas inovações para esse setor;
- analisar a formação técnica e as barreiras educacionais que dificultam a sua adoção no Brasil;
- avaliar as perspectivas de futuro para sua implementação na indústria da engenharia civil brasileira.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo apresenta-se o embasamento teórico sobre os métodos de mapeamento utilizados na engenharia civil, com foco no mapeamento tradicional e no uso de drones. São discutidos conceitos, aplicações e vantagens e limitações de cada método, a fim de embasar a análise comparativa desenvolvida neste trabalho.

3.1 MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO NA ENGENHARIA CIVIL

A Engenharia Civil é uma área em constante evolução, cujas práticas e métodos de trabalho têm sido continuamente transformados pelo avanço das tecnologias. O mapeamento topográfico, uma das bases essenciais dessa engenharia, desempenha papel fundamental no planejamento e execução de obras, pois fornece informações detalhadas sobre relevo, dimensões e limites do terreno (Calderari Neto, 2025).

O desenvolvimento tecnológico tem transformado de maneira profunda as práticas e ferramentas utilizadas na Engenharia Civil. Entre essas inovações, o mapeamento topográfico desponta como atividade essencial para o planejamento, execução e fiscalização de obras, fornecendo informações detalhadas sobre relevo, limites, altitudes e contornos do terreno. O levantamento topográfico tradicional, utilizando estações totais, níveis, teodolitos, GNSS/RTK, é normatizado no Brasil pela Norma Brasileira (NBR) 13133 da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT, 2021), que estabelece condições mínimas de precisão, representação planimétrica e altimétrica e critérios para aplicação prática.

Tradicionalmente, o levantamento topográfico era realizado por meio de métodos convencionais, como nivelamento, teodolito e estação total, que exigiam tempo, mão de obra intensiva e cuidados para garantir precisão nas medições (Cruz; Perin, 2021). Esses métodos, apesar de confiáveis, apresentam limitações em relação à velocidade de coleta de dados e à cobertura de grandes áreas.

Com a transformação tecnológica, surgiram técnicas de mapeamento mais modernas, como a aerofotogrametria e o uso de drones equipados com sensores de alta precisão. Essas ferramentas permitem a coleta rápida e detalhada de informações geoespaciais, além de facilitar a geração de mapas digitais, modelos tridimensionais e análises planialtimétricas com maior eficiência (Almeida Neto; Ramos, 2023).

A integração de métodos tradicionais e tecnológicos tem se mostrado estratégica, pois combina a confiabilidade histórica das técnicas convencionais com a agilidade, detalhamento e

segurança proporcionados pelos drones e sistemas de sensoriamento remoto. Essa convergência evidencia a importância da atualização contínua na Engenharia Civil, garantindo que profissionais da área possam planejar e executar obras com precisão, eficiência e qualidade (Wolf; Ghilani, 2018).

3.2 MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO E TRANSFORMAÇÃO TECNOLÓGICA NA ENGENHARIA CIVIL

O mapeamento topográfico é uma das bases da engenharia civil, pois fornece informações essenciais sobre relevo, dimensões e limites do terreno, permitindo o correto planejamento e execução das obras. Conforme destacam Costa *et al.* (2018), os levantamentos planialtimétricos garantem dados confiáveis para implantação de projetos, controle de volumes, nivelamentos e fiscalização técnica.

Com o avanço das tecnologias digitais e o movimento da Indústria 4.0, o setor da construção civil tem passado por um processo de transformação, incorporando ferramentas que aumentam a produtividade e reduzem desperdícios.

Segundo Zaparolli (2019), a chamada “revolução das *construtechs*” introduz inovações como drones, sensores IoT, aplicativos de monitoramento e plataformas colaborativas, tornando os canteiros de obras mais conectados e inteligentes. O referido autor destaca que, enquanto a produtividade industrial cresceu cerca de 3,6% ao ano, a construção civil brasileira apresentou avanço de apenas 1% nas últimas décadas, evidenciando a necessidade de inovação no setor. Nesse contexto, os drones aparecem não como tecnologia isolada, mas como parte de um ecossistema digital integrado de coleta, análise e gestão de informações espaciais.

Essa integração reforça a importância de compreender o uso dos drones de forma complementar aos métodos tradicionais, e não em oposição a eles.

3.3 MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO TRADICIONAL: FUNDAMENTOS, VANTAGENS E LIMITAÇÕES

O mapeamento tradicional é realizado a partir de medições diretas em campo, utilizando instrumentos como o teodolito, a estação total e o receptor GNSS. Esses equipamentos permitem determinar coordenadas planimétricas e altimétricas de pontos no terreno com elevada precisão, sendo regidos por normas como a NBR 13133 (ABNT, 2021).

Segundo Costa *et al.* (2018), esse método ainda é amplamente utilizado devido à confiabilidade e à precisão que oferece, especialmente em levantamentos de pequena escala ou

em obras que exigem controle rigoroso. Correia (2019) acrescenta que, além de fornecer dados de alta qualidade, o levantamento convencional é essencial para calibração e verificação de medições obtidas por tecnologias mais recentes, como drones e scanners a laser.

De acordo com Coelho Júnior e Machado Júnior (2022), os métodos tradicionais de lento topográfico apresentam vantagens e limitações que devem ser consideradas em função das características do levantamento e das condições de campo. Entre as principais vantagens do método tradicional destacam-se:

- Elevada precisão, principalmente em levantamentos altimétricos;
- Confiabilidade dos dados obtidos;
- Procedimentos consolidados e reconhecidos pelas normas técnicas.

Ainda segundo os autores, apesar das vantagens, o método tradicional apresenta limitações importantes, tais como:

- Exige mais tempo de execução e maior número de profissionais em campo;
- Dificuldade de acesso em áreas acidentadas ou de risco;
- Custos operacionais mais elevados quando comparados a métodos automatizados.

3.4 PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

O levantamento topográfico é realizado por meio de instrumentos que permitem medições precisas de ângulos, distâncias e coordenadas geográficas. Entre esses equipamentos destacam-se o teodolito, estação total, GNSS/RTK (Sistema Global de Navegação por Satélite - *Real Time Kinematic*) e drones.

3.4.1 Teodolito

O teodolito é um instrumento óptico de precisão destinado à medição de ângulos horizontais e verticais, sendo amplamente utilizado nos levantamentos topográficos tradicionais. A partir dessas medições, é possível determinar direções, alinhamentos e a geometria do terreno, fornecendo subsídios fundamentais para levantamentos planimétricos, altimétricos e planialtimétricos. Segundo Wolf e Ghilani (2018), o teodolito constitui a base conceitual dos instrumentos topográficos modernos, mantendo relevância técnica em aplicações que exigem elevado rigor geométrico.

O funcionamento do teodolito baseia-se na observação de alvos por meio de uma luneta acoplada a círculos graduados horizontal e vertical, permitindo a leitura precisa dos ângulos formados entre linhas de visada sucessivas. De acordo com Wolf e Ghilani (2018), essas

medições possibilitam a aplicação de métodos clássicos da topografia, como poligonação, irradiação e interseção, amplamente empregados na representação espacial de áreas e no controle geométrico de obras de engenharia civil.

A precisão das medições realizadas com o teodolito está diretamente relacionada à correta execução dos procedimentos de campo, especialmente a centragem, o nivelamento e a orientação do instrumento. O Manual Técnico de Posicionamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística destaca que erros nesses procedimentos podem comprometer significativamente a confiabilidade dos resultados, reforçando a necessidade de controle operacional e verificação periódica dos instrumentos utilizados em levantamentos topográficos (IBGE, 2017).

O teodolito mecânico é amplamente utilizado em levantamentos topográficos tradicionais para a medição de ângulos horizontais e verticais, vide Figura 1.

Figura 1 - Levantamento topográfico em campo com utilização de teodolito mecânico para medição de ângulos.



Fonte: Sousa; Rosas, 2018.

3.4.2 Estação total

A estação total é um instrumento amplamente utilizado nos levantamentos topográficos por integrar, em um único equipamento, as funções de teodolito eletrônico e medidor eletrônico de distâncias (Electronic Distance Measurement – EDM). Essa integração possibilita a medição simultânea de ângulos horizontais, ângulos verticais e distâncias, permitindo a determinação precisa das coordenadas planialtimétricas dos pontos levantados. O funcionamento do equipamento baseia-se na emissão de sinais eletromagnéticos que, ao serem refletidos por um prisma, retornam ao instrumento, viabilizando o cálculo das distâncias com elevado nível de precisão, o que garante maior confiabilidade e eficiência operacional nos levantamentos topográficos (Silva; Faggion; Medina, 2022).

A Figura 2 apresenta uma estação total utilizada em levantamentos topográficos,

evidenciando o equipamento empregado na medição de ângulos e distâncias em campo.

Figura 2 - Estação total empregada em levantamentos topográficos de campo.



Fonte: Silva, 2017.

Segundo a NBR 13133, em termos de precisão, a estação total atende aos requisitos técnicos exigidos para levantamentos topográficos, apresentando desempenho compatível com aplicações que demandam elevado rigor geométrico. A utilização adequada do equipamento, associada a procedimentos de calibração e verificação, possibilita a obtenção de resultados confiáveis e consistentes, conforme os critérios estabelecidos pelas normas brasileiras para execução de levantamentos topográficos (ABNT, 2021).

No contexto da Engenharia Civil, a estação total é amplamente empregada em atividades como levantamentos de terrenos, implantação de eixos e estruturas, controle geométrico de obras e fiscalização de serviços executados. Estudos comparativos demonstram que o equipamento permanece essencial em obras que exigem elevada precisão pontual, sendo frequentemente utilizado como referência para validação de dados obtidos por outras tecnologias, como GNSS e aerofotogrametria com drones (Oliveira; Jesus, 2018).

Apesar das vantagens associadas à elevada precisão, a NBR 13133 informa que a utilização da estação total apresenta algumas limitações operacionais que devem ser consideradas na escolha do método de levantamento. Entre essas limitações, destaca-se a necessidade de visada direta entre o equipamento e o prisma, o que pode dificultar sua aplicação em áreas com obstáculos naturais ou construídos. Além disso, em levantamentos de grandes

extensões, o método tende a demandar maior tempo de execução em campo quando comparado a técnicas mais automatizadas, impactando a produtividade da equipe. Essas restrições estão relacionadas às condições operacionais do método e são reconhecidas pelas diretrizes técnicas para a execução de levantamentos topográficos estabelecidas pela norma brasileira vigente (ABNT, 2021).

A estação total é composta por diversos componentes ópticos, mecânicos e eletrônicos responsáveis pela medição de ângulos e distâncias. A Figura 3 apresenta os principais componentes de uma estação total, destacando elementos como a luneta, os parafusos micrométricos, o sistema de nivelamento e as interfaces de operação do equipamento.

Figura 3 - Principais componentes de uma estação total.



Fonte: Sokol; Batjaja; Ježko, 2014.

3.4.3 GNSS/RTK (*Sistema Global de Navegação por Satélite / Real Time Kinematic*)

O GNSS (Global Navigation Satellite System) é um sistema de posicionamento baseado na recepção de sinais emitidos por constelações de satélites artificiais, permitindo a determinação das coordenadas geográficas de um ponto na superfície terrestre. Por meio da análise do tempo de propagação dos sinais entre os satélites e o receptor, é possível obter informações precisas de posição, altitude e tempo. Esse método é amplamente utilizado em levantamentos topográficos devido à sua eficiência e facilidade de operação em diferentes condições de terreno (Wolf; Ghilani, 2018).

No método GNSS RTK, um receptor base transmite correções diferenciais a um receptor móvel, possibilitando precisão centimétrica. A Figura 4 apresenta um conjunto de

equipamentos GNSS utilizados em levantamentos topográficos, composto por antenas receptoras, controlador de dados e acessórios necessários à operação em campo.

Figura 4 - Conjunto de equipamentos GNSS utilizados em levantamento topográfico.



Fonte: Silva, 2017.

Quando associado à tecnologia RTK (*Real Time Kinematic*), o GNSS passa a oferecer correções diferenciais em tempo real, reduzindo significativamente os erros de posicionamento. Nesse sistema, um receptor base, posicionado em um ponto de coordenadas conhecidas, transmite correções a um receptor móvel (rover), permitindo alcançar precisão centimétrica quase instantaneamente. Essa característica torna o GNSS RTK especialmente adequado para levantamentos rápidos, implantação de obras e medições em grandes áreas ou locais de difícil acesso, onde métodos convencionais demandariam maior tempo de execução (Oliveira; Jesus, 2018).

No contexto da Engenharia Civil, o GNSS RTK destaca-se pela elevada produtividade em campo e pela redução da necessidade de visadas diretas entre pontos, o que representa uma vantagem significativa em terrenos extensos, áreas urbanas ou regiões com obstáculos naturais. No entanto, a qualidade dos resultados está diretamente relacionada às condições de recepção do sinal, podendo ser afetada por interferências como edificações, vegetação densa e variações ionosféricas, fatores que devem ser considerados no planejamento do levantamento (Monico, 2008).

Como forma de ilustrar os equipamentos empregados em levantamentos topográficos por GNSS, a Figura 5 apresenta uma antena GNSS utilizada nesse tipo de levantamento, conforme descrito na literatura.

Figura 5 - Antena GNSS comumente utilizada em levantamentos topográficos.



Fonte: Silva, 2017.

3.4.4 Mapeamento com drones (VANTS): princípios, aplicações e restrições

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), popularmente conhecidos como drones, têm se destacado como uma ferramenta inovadora para coleta de dados topográficos. Sua aplicação na engenharia civil permite o mapeamento rápido e detalhado de grandes áreas, reduzindo tempo e custo de execução (Almeida Neto; Ramos 2023).

De acordo com Maciel (2023), o uso de drones na construção civil já se consolidou como uma das tecnologias mais promissoras para o monitoramento de obras, levantamento de terrenos, cálculo volumétrico e inspeções estruturais. Esses equipamentos capturam imagens aéreas que, após processadas por softwares fotogramétricos, como Pix4D ou *Agisoft Metashape*, resultam em ortomosaicos e modelos digitais de terreno de alta resolução.

Na engenharia civil, os drones podem ser classificados principalmente em multirrotores, que oferecem maior estabilidade e são ideais para levantamentos em áreas menores ou de difícil acesso, e drones de asa fixa, que apresentam maior autonomia de voo e cobertura de grandes áreas, sendo indicados para projetos de larga escala. Esses equipamentos podem ser equipados com sensores RGB (*Red, Green, Blue*), que capturam imagens coloridas para geração de ortofotos e mosaicos, ou com sensores lidar, que permitem a obtenção de nuvens de pontos tridimensionais detalhadas, possibilitando modelagens precisas do terreno. Após a coleta, os dados são processados em softwares específicos de fotogrametria e geoprocessamento, gerando

modelos digitais de terreno (MDT), ortomosaicos e mapas 3D, que auxiliam no planejamento, monitoramento e análise de obras (Colomina; Molina, 2014).

Miranda (2020) destaca que a principal vantagem dos drones é a agilidade na coleta de dados e a redução do risco para os profissionais em campo. Além disso, os drones produzem registros visuais que permitem análises temporais e comparações de progresso das obras. Por outro lado, limitações como autonomia de bateria, interferência de fatores climáticos e exigências regulatórias, determinadas pela Agência Nacional De Aviação Civil (ANAC) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo DECEA, ainda restringem seu uso em certas condições (ANAC 2023; DECEA; 2023).

O uso de drones no mapeamento topográfico deve, portanto, ser complementar aos métodos tradicionais, como estação total e GNSS, de forma a combinar rapidez e cobertura com precisão e confiabilidade, garantindo resultados mais completos e eficientes em projetos de engenharia civil (Cavalcante; Lima, 2021).

Os drones têm sido amplamente empregados em levantamentos aerofotogramétricos devido à sua versatilidade e capacidade de aquisição de imagens aéreas. A Figura 6 ilustra um drone do tipo quadricóptero, comumente utilizado em aplicações de mapeamento e monitoramento.

Figura 6 - Drone do tipo quadricóptero.



Fonte: Colomina; Molina, 2014.

3.5 ESTUDOS COMPARATIVOS E PRECISÃO DOS MÉTODOS

Estudos recentes têm comparado os resultados obtidos por drones e pelos métodos tradicionais, com foco na precisão altimétrica e planimétrica. O trabalho de Rohr *et al.* (2025)

realizou uma análise detalhada entre modelos digitais gerados por drones e medições realizadas com GNSS em modo RTK. Os autores observaram que, embora os resultados obtidos com drones apresentem excelente qualidade planimétrica, há diferenças altimétricas perceptíveis em relação ao método GNSS RTK.

Essas diferenças, porém, podem ser reduzidas com o uso de pontos de controle bem distribuídos no terreno (GCP's) ou sistemas embarcados de correção (RTK/PPK), tornando os produtos fotogramétricos altamente confiáveis para fins de engenharia (Rohr *et al.*, 2025). Miranda (2020) reforça que a precisão final depende tanto da calibração dos equipamentos quanto do processamento adequado das imagens.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que a definição do método de levantamento topográfico deve considerar criteriosamente os objetivos do projeto, a escala da área e o nível de precisão requerido, sem privilegiar uma técnica de modo absoluto. Estudos recentes mostram que, apesar dos métodos tradicionais manterem elevada precisão em tarefas pontuais, abordagens baseadas em veículos aéreos não tripulados equipados com fotogrametria por Estrutura a partir do Movimento (*Structure-from-Motion – SfM*) têm apresentado acurácia comparável, associada à redução do tempo de coleta e ao aumento da eficiência operacional, sobretudo em áreas extensas ou de difícil acesso (Ok, 2025).

3.6 ASPECTOS NORMATIVOS E FORMAÇÃO PROFISSIONAL

No Brasil, a operação de VANT's, popularmente conhecidas como drones, é regulamentada por um conjunto de órgãos governamentais que atuam de forma complementar.

A Agência Nacional de Aviação Civil é responsável por estabelecer as normas relacionadas à operação das aeronaves, incluindo requisitos de registo, classificação, habilitação de operadores e condições operacionais, conforme disposto no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial - RBAC-E nº 94 (ANAC, 2023).

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo é responsável pelo gerenciamento do espaço aéreo, coordenando autorizações de voo e garantindo a segurança das operações por meio de sistemas específicos, como o SARPAS - Sistema de Solicitação de Acesso de Aeronaves Pilotadas (DECEA, 2023).

Já a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) atua na homologação dos equipamentos de radiocomunicação utilizados nos drones, assegurando que os sistemas de transmissão e recepção de sinais estejam em conformidade com as normas de telecomunicações

vigentes no país. A atuação integrada desses órgãos reguladores contribui para garantir a segurança, a legalidade e a eficiência das operações com drones no território nacional (ANATEL, 2023).

4 METODOLOGIA

Toda a base que orienta a execução da presente pesquisa, os procedimentos para coleta e análise de dados, garantindo a organização e eficiência do estudo, encontra-se nesse capítulo.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa tem como propósito contribuir para o preenchimento de lacunas existentes na literatura por meio de uma análise comparativa fundamentada entre os métodos tradicionais de mapeamento e os avanços recentes associados ao uso de drones na Engenharia Civil. Segundo Gil (2019), esse tipo de investigação é essencial para ampliar a compreensão de fenômenos ainda pouco explorados ou em processo de consolidação científica. Nesse contexto, o estudo busca avaliar a eficiência, a aplicabilidade e as limitações de cada método em diferentes cenários da engenharia civil, fornecendo subsídios teóricos e analíticos para futuras investigações comparativas (Lakatos; Marconi, 2021).

A investigação será conduzida com base em uma abordagem qualiquantitativa, de caráter exploratório e descritivo, tendo como foco a comparação entre os métodos tradicionais de mapeamento e a aerofotogrametria com drones. A abordagem quantitativa justifica-se pela necessidade de mensurar objetivamente variáveis como tempo de execução, custo operacional, precisão e produtividade, enquanto a abordagem qualitativa possibilita a interpretação crítica dos resultados, especialmente no que se refere à aplicabilidade e às limitações operacionais de cada método. Conforme destacado por Gil (2019), a integração dessas abordagens permite uma análise mais abrangente do objeto de estudo, ao combinar dados numéricos com interpretações descritivas. De forma complementar, Creswell (2014) ressalta que pesquisas de métodos mistos são particularmente adequadas para a análise de fenômenos complexos, por contemplarem múltiplas perspectivas.

Quanto à sua natureza, a pesquisa classifica-se como básica, também denominada pesquisa pura, uma vez que tem como objetivo principal a ampliação do conhecimento científico, sem a preocupação imediata com sua aplicação prática. Esse tipo de investigação busca compreender e explicar fenômenos, conceitos e princípios fundamentais de determinado campo do conhecimento, sendo essencial para o avanço científico e para a consolidação de pesquisas futuras (Lakatos; Marconi, 2021).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, a qual se fundamenta na análise de fontes secundárias, tais como livros, artigos científicos,

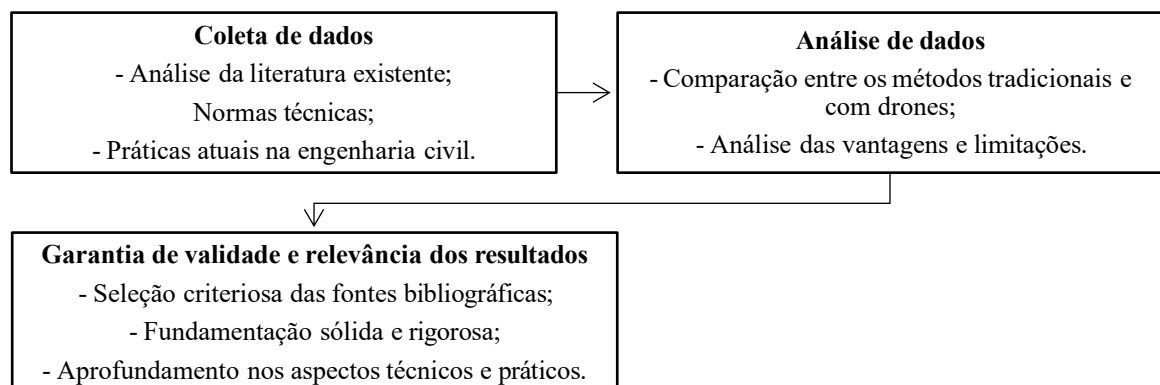
normas técnicas e trabalhos acadêmicos. Esse tipo de pesquisa é indispensável para a construção do conhecimento científico, pois permite o levantamento e a sistematização do estado da arte sobre o tema investigado, oferecendo suporte teórico e empírico para a análise comparativa proposta (Triviños, 2016).

Ressalta-se que o presente estudo não contempla a realização de experimentos práticos em campo, limitando-se à análise comparativa de dados secundários disponíveis na literatura especializada. Essa delimitação metodológica é compatível com os objetivos da pesquisa e com o caráter exploratório-descritivo do estudo.

4.2 MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 7 descreve as etapas metodológicas necessárias para o desenvolvimento do presente trabalho.

Figura 7 – Fluxograma do itinerário metodológico.



Fonte: Autoria própria.

4.2.1 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através das seguintes fontes:

- **Análise de literatura existente:** foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, incluindo fichamentos de artigos acadêmicos, livros, dissertações, teses, relatórios técnicos e estudos de caso que discutem as práticas de mapeamento topográfico na engenharia civil.
- **Normas Técnicas:** a pesquisa também contemplou uma revisão das normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que regulamentam os métodos tradicionais de mapeamento, além das normas que possam impactar o uso de drones na área.
- **Práticas atuais na Engenharia Civil:** análise de estudos de caso descritos na literatura especializada, incluindo artigos científicos, trabalhos acadêmicos e relatórios técnicos

publicados, que apresentam exemplos de aplicação de drones em projetos reais de engenharia civil.

4.2.2 Análises de dados

A análise de dados foi realizada de forma qualitativa e comparativa, a partir de uma revisão crítica da literatura selecionada. O processo envolveu:

- **Comparação dos métodos tradicionais e com drones:** a interpretação dos conceitos, metodologias e resultados encontrados nos estudos revisados, com foco nas diferenças e semelhanças entre as duas abordagens. Foram considerados aspectos como: precisão dos dados, custo-benefício, tempo de execução dos levantamentos topográficos e regulamentações e questões legais sobre o uso de drones.
- **Análise das vantagens e limitações:** a pesquisa destaca as vantagens e limitações apontadas pelos autores, considerando aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A análise foi complementada por uma síntese dos principais achados, visando fornecer uma visão abrangente das implicações do uso de drones para o mapeamento topográfico na engenharia civil.

4.2.3 Garantia de validade e relevância dos resultados

Para garantir a validade e a relevância dos resultados, a pesquisa adotou os seguintes cuidados:

- **Seleção criteriosa das fontes bibliográficas:** a estudos e artigos de alta qualidade e relevância serão considerados.
- **Fundamentação sólida e rigorosa:** a análise foi conduzida de forma a assegurar que todas as comparações e interpretações sejam baseadas em dados concretos e na literatura científica atual.
- **Aprofundamento nos aspectos técnicos e práticos:** a pesquisa se concentrou em aspectos cruciais para a Engenharia Civil, como a precisão dos dados, eficiência operacional e potenciais impactos no processo de construção e fiscalização de obras.

5 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo apresenta-se os resultados obtidos a partir da comparação entre o uso de drones (VANT's) e os métodos tradicionais de levantamento topográfico, bem como a análise crítica desses resultados sob a ótica da engenharia civil.

5.1 RESULTADO DA SELEÇÃO DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS

Ao todo, foram selecionados sete artigos científicos, os quais possibilitaram a síntese das principais semelhanças e diferenças entre o mapeamento topográfico tradicional e o mapeamento realizado por meio de drones. O Quadro 1 apresenta os referidos trabalhos.

Quadro 1 - Estudos utilizados na análise comparativa entre métodos tradicionais e aerofotogrametria com drones.

Autor(es)	Ano	Título do trabalho	Objetivo
Mikhail; Bethel; McGlone	2001	Introduction to modern photogrammetry	Apresentar fundamentos da fotogrametria moderna e suas aplicações
Wolf; Ghilani	2018	Elementary surveying: na introduction to geomatics	Apresentar os fundamentos dos métodos de levantamento topográfico e critérios para escolha das técnicas
Camo; Xavier	2020	Análise do uso da fotogrametria digital em levantamento topográfico	Analisar a aplicação da fotogrametria digital com o uso de drones em levantamento topográficos, avaliando a produtividade do levantamento e a qualidade dos produtos planialtimétricos gerados, por meio de estudo de caso em uma área de aproximadamente 6,7 hectares
Santos	2021	Análise comparativa entre levantamento topográfico convencional e aerofotogrametria com drones	Comparar custos, tempo de execução e precisão entre os métodos convencionais e aerofotogrametria
Cavalcante; Lima	2021	Estudo comparativo entre diferentes métodos de levantamento topográfico como GPS, Drone, Estação Total	Apresentar os fundamentos dos métodos de levantamento topográfico e critérios para escolha das técnicas
Coelho Júnior; Machado Júnior	2022	Análise comparativa de levantamentos planialtimétricos: topografia convencional, GPS e drone	Avaliar o desempenho de diferentes métodos de levantamento planialtimétrico
Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC)	2023	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – Operação de Aeronaves Remotamente Pilotadas	Estabelecer normas e restrições para a operação de drones no Brasil

Fonte: Autoria própria.

5.2 USO DE DRONES X MÉTODOS TRADICIONAIS

O Quadro 2, apresenta um comparativo entre os dois métodos, considerando critérios como tempo de execução, precisão, custo e aplicabilidade. Essa análise permite uma avaliação objetiva das vantagens e limitações de cada abordagem, conforme evidenciado nos estudos selecionados.

Quadro 2 - Comparativo dos métodos de levantamento topográfico segundo critérios de tempo, precisão, custo e aplicabilidade.

Critério	Método Tradicional (Estação Total, GNSS, Nivelamento)	Mapeamento com Drones (Aerofotogrametria)
Tempo	Elevado; depende da área e do deslocamento da equipe	Reduzido; coleta de dados em poucos minutos
Precisão	Alta (métrica a milimétrica)	Boa (centimétrica a decimétrica, dependendo do sensor)
Custo	Alto, devido à mão de obra e logística	Menor, após investimento inicial em equipamento
Aplicabilidade	Áreas pequenas, detalhamentos, medições locais	Grandes áreas, monitoramento, locais de difícil acesso
Limitações	Tempo e mobilidade da equipe	Clima, regulamentação e autonomia do drone

Fonte: Autoria própria.

- **Levantamento realizado por drones:** apresentaram alta densidade de dados, permitindo a geração de ortomosaicos, modelos digitais de superfície (MDS) e modelos digitais de terreno (MDT) com elevado nível de detalhamento. Observou-se boa representação do relevo, especialmente em áreas extensas e de difícil acesso, possibilitando análises geométricas volumétricas de forma eficiente.

Quanto à precisão, os resultados mostraram-se compatíveis com diversas aplicações de engenharia, desde que adotados pontos de controle em solo (GCPs) e procedimentos adequados de processamento dos dados.

- **Levantamento realizado por métodos tradicionais, como estação total e receptores GNSS:** apresentaram elevada precisão pontual, sendo amplamente confiáveis para levantamentos que exigem alto rigor geométrico. No entanto, a coleta de dados ocorre de forma pontual, o que resulta em menor densidade de informações quando comparada ao levantamento com drones.

Além disso, o tempo de execução em campo mostrou-se significativamente maior, especialmente em áreas extensas, impactando diretamente na produtividade da equipe.

5.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A análise comparativa evidencia que os drones se destacam pela rapidez na aquisição dos dados e pela ampla cobertura espacial, enquanto os métodos tradicionais se sobressaem pela precisão pontual. Em termos de custo, o uso de drones apresenta investimento inicial mais elevado, porém menor custo operacional a médio e longo prazo.

Do ponto de vista da segurança, os drones reduzem a exposição da equipe a áreas de risco, representando uma vantagem significativa em ambientes instáveis ou de difícil acesso.

5.4 ANÁLISE CRÍTICA

Os resultados indicam que nenhum dos métodos deve ser considerado absoluto. A escolha da técnica mais adequada depende do objetivo do levantamento, da extensão da área, do nível de precisão exigido e das condições do terreno. A integração entre drones e métodos tradicionais surge como a solução mais eficiente, permitindo validar e complementar os dados obtidos.

Assim, a análise dos resultados confirma que o uso combinado das técnicas proporciona maior confiabilidade e otimização dos recursos nos levantamentos topográficos aplicados à engenharia civil.

A comparação entre os métodos tradicionais de levantamento topográfico e a aerofotogrametria com drones evidencia diferenças significativas quando analisados critérios como tempo de execução, acurácia, custo, aplicabilidade e limitações operacionais. No contexto brasileiro, diversos estudos têm demonstrado que tais diferenças não se restringem a aspectos qualitativos, mas podem ser comprovadas por dados quantitativos obtidos em levantamentos reais.

No que se refere ao tempo de execução, 85,7% dos estudos analisados nesta pesquisa indicam que os levantamentos topográficos realizados por métodos tradicionais, como estação total e GNSS, demandam maior tempo de trabalho em campo, devido à coleta pontual dos dados e ao deslocamento contínuo da equipe. Estudos nacionais apontam que, para áreas de médio porte, entre 5 e 7 hectares, o tempo de campo pode se estender por várias horas ou até dias, a depender da densidade de pontos e das condições do terreno (Oliveira; Jesus, 2018; Santos, 2021).

Em contrapartida, levantamentos realizados por aerofotogrametria com drones apresentam tempo de coleta significativamente menor. Carmo e Xavier (2020), ao realizarem

levantamento em uma área de 66.900 m² (6,7 hectares), observaram que a aquisição das imagens aéreas ocorreu em curto intervalo de voo, concentrando-se o maior tempo na etapa de processamento dos dados. De forma geral, a literatura indica que o tempo total de levantamentos com drones, incluindo voo e processamento, pode variar entre 3 e 8 horas, representando reduções superiores a 50% no tempo total do levantamento, quando comparado aos métodos tradicionais (Oliveira; Jesus, 2018; Santos, 2021).

Em relação à acurácia, na amostra de estudos analisados nesta pesquisa, 57,1% indicam que os métodos tradicionais permanecem como referência em projetos de engenharia civil. Levantamentos realizados com estação total e GNSS RTK apresentam precisão planialtimétrica da ordem de milímetros a poucos centímetros, sendo amplamente utilizados em obras que exigem elevado rigor geométrico (Wolf; Ghilani, 2018). No entanto, estudos brasileiros demonstram que a aerofotogrametria com drones apresenta desempenho compatível para diversas aplicações técnicas. Carmo e Xavier (2020) identificaram que as diferenças entre os modelos digitais de terreno gerados por drone e aqueles obtidos por estação total situaram-se na ordem de centímetros, mantendo elevada correlação espacial entre os dados. Resultados semelhantes são relatados por Santos (2021), que observou que, embora o método convencional apresente maior precisão absoluta, os erros obtidos por aerofotogrametria permanecem dentro de limites aceitáveis para atividades de planejamento, terraplenagem e análises preliminares de obras.

No critério custo, na amostra de sete estudos analisados nesta pesquisa, 28,6% indicam vantagem econômica direta do uso de drones, especialmente em levantamentos de maior extensão. Santos (2021) verificou que os levantamentos topográficos convencionais demandam maior número de horas de trabalho em campo, equipes mais numerosas e logística mais complexa, fatores que contribuem para o aumento do custo operacional. Em contrapartida, os levantamentos realizados por meio de aerofotogrametria com drones apresentaram menor custo total, em função da redução do tempo de campo e da necessidade de equipes reduzidas.

Resultados semelhantes foram observados por Coelho Júnior e Machado Júnior (2022), em análises comparativas realizadas em áreas da ordem de 5,71 hectares, nas quais o método com drone exigiu menor tempo de execução em campo quando comparado ao método convencional, refletindo diretamente na redução do custo operacional. Dessa forma, os estudos analisados confirmam que, apesar do investimento inicial em equipamentos e softwares, a aerofotogrametria tende a apresentar menor custo operacional em levantamentos topográficos de grandes áreas.

No que diz respeito à aplicabilidade, quatro dos sete estudos analisados (57,1%) indicam que os métodos tradicionais são mais adequados para levantamentos de áreas reduzidas e medições locais que exigem elevado nível de detalhamento geométrico. Nessas situações, a coleta de centenas de pontos individualizados proporciona maior controle geométrico e elevada precisão dos resultados (Wolf; Ghilani, 2018).

Em contrapartida, a aerofotogrametria com drones apresenta maior eficiência em levantamentos de áreas extensas e locais de difícil acesso. Carmo e Xavier (2020) demonstraram que, em áreas superiores a 6 hectares, o uso de drones possibilitou a geração de modelos digitais de terreno e produtos planialtimétricos confiáveis, associados a maior produtividade em campo. Além disso, essa técnica permite a obtenção de produtos adicionais, como ortofotos e modelos tridimensionais, ampliando significativamente o potencial de análise espacial.

Por fim, no que se refere às limitações operacionais, dois dos sete estudos analisados (28,6%) destacam restrições associadas aos métodos tradicionais, principalmente relacionadas ao maior tempo de execução em campo e à menor mobilidade da equipe, sobretudo em áreas extensas ou com relevo acidentado (Mikhail; Bethel; McGlone, 2001).

De forma semelhante, dois estudos (28,6%) apontam limitações inerentes ao uso de drones, relacionadas à autonomia de voo, geralmente limitada entre 25 e 30 minutos por bateria, à dependência de condições climáticas favoráveis e às restrições legais impostas à operação dessas aeronaves. No contexto brasileiro, a utilização de aeronaves remotamente pilotadas é regulamentada pela Agência Nacional de Aviação Civil, que estabelece limites operacionais quanto à altitude de voo, à proximidade de pessoas e às áreas permitidas para operação, podendo restringir a aplicação da tecnologia em determinados cenários (ANAC, 2023).

Dessa forma, a análise quantitativa dos sete estudos considerados confirma que os métodos tradicionais apresentam maior precisão e confiabilidade geométrica, porém demandam maior tempo de execução e maior custo operacional. Por sua vez, a aerofotogrametria com drones se destaca pela redução do tempo de levantamento e do custo, mantendo níveis de acurácia compatíveis com diversas aplicações da engenharia civil. Esses resultados validam quantitativamente os critérios apresentados na tabela comparativa e reforçam que a escolha do método de levantamento deve considerar os objetivos do projeto, a escala da área, o nível de precisão exigido e as condições operacionais do terreno.

6 CONCLUSÃO

A partir da revisão bibliográfica e da análise dos resultados obtidos, foi possível compreender de forma clara as potencialidades e limitações de cada abordagem, bem como sua relevância no contexto atual da engenharia civil brasileira.

Os resultados demonstraram que os métodos tradicionais, como a estação total e os sistemas GNSS, continuam sendo fundamentais para levantamentos que exigem elevada precisão pontual e rigor geométrico, especialmente em projetos que demandam controle técnico detalhado. No entanto, esses métodos apresentam limitações relacionadas ao tempo de execução, à necessidade de maior número de profissionais em campo e à dificuldade de acesso a áreas extensas ou de risco.

Por outro lado, o uso de drones mostrou-se altamente eficiente na coleta rápida de dados, oferecendo ampla cobertura espacial, alta densidade de informações e significativa redução do tempo de trabalho em campo. A geração de produtos como ortomosaicos, modelos digitais de terreno e modelos tridimensionais evidenciou o potencial dessa tecnologia para aplicações como monitoramento de obras, análises volumétricas e levantamentos em áreas de difícil acesso. Apesar disso, constatou-se que a precisão dos levantamentos com drones depende diretamente do uso adequado de pontos de controle em solo, da calibração dos equipamentos e do correto processamento dos dados.

A análise comparativa permitiu concluir que nenhum dos métodos deve ser utilizado de forma isolada ou considerado superior em todos os cenários. A integração entre o mapeamento tradicional e o uso de drones mostrou-se a alternativa mais eficiente, pois combina a confiabilidade e a precisão dos métodos convencionais com a agilidade, segurança e abrangência proporcionadas pelas tecnologias de captura aérea. Essa abordagem integrada contribui para a otimização de recursos, aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos dados obtidos.

Além disso, o estudo evidenciou que a adoção de drones na engenharia civil ainda enfrenta desafios, como barreiras regulatórias, necessidade de capacitação técnica dos profissionais e custos iniciais de investimento. Contudo, observa-se uma tendência de crescimento no uso dessa tecnologia, impulsionada pela evolução dos equipamentos, redução de custos e maior disseminação do conhecimento técnico.

Dessa forma, conclui-se que os drones representam uma ferramenta estratégica para a modernização da engenharia civil, especialmente quando utilizados de forma complementar aos métodos tradicionais. Espera-se que os resultados deste trabalho contribuam para o entendimento técnico e acadêmico sobre o tema, auxiliando profissionais e estudantes na escolha das metodologias mais adequadas para diferentes tipos de projetos e incentivando o uso consciente e integrado das novas tecnologias no setor.

Dessa forma, o presente estudo contribui para o fortalecimento do uso consciente e integrado de novas tecnologias na engenharia civil, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão em projetos de mapeamento topográfico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94**: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Brasília: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 13 jan. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). **Homologação de equipamentos de telecomunicações**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/regulado/certificacao-de-produtos>. Acesso em: 17 jan. 2026.

ALMEIDA NETO, R. J.; RAMOS, A. P. Mapeamento de superfícies topográficas com uso de drones e técnicas de aerofotogrametria. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, V. 4, N. 5, 2023, E453157. DOI: 10.47820/RECIMA21.V4I5.3157. Disponível em: <https://recima21.com.br/recima21/article/view/3157>. Acesso em: 21 jan. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico - Procedimento. Rio de Janeiro, 2021.

BERNARDO, M. E. C. **Aplicação de aeronave remotamente pilotada (Drone) em engenharia civil** - Levantamento bibliográfico e estudo de caso. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6026/6/TCC_MariaEmanuelaBernardo.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

CALDERARI NETO, A. J. **A importância da topografia na engenharia**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera, Jaú, 2025. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/46141?filter_field_1=dateIssued&filter_type_1>equals&filter_value_1=2025. Acesso em: 9 out. 2025.

CARMO, M. V.; XAVIER, R. P. N. **Análise do uso da fotogrametria digital em levantamento topográfico**. Anápolis, Goiás, 2018. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goiás, Anápolis, 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/18890/1/Matheus%20Vicente%20e%20Rhuann%20Phellipe.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

CAVALCANTE, E. C.; LIMA, K. P. de. Estudo comparativo entre diferentes métodos de levantamento e precisão de dados para projeto e construção de estradas / Comparative study between different lifting methods and data precision for road design and construction. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 55827–55837, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-136. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/30919>. Acesso em: 22 jan. 2026.

COELHO JÚNIOR, J.; MACHADO JÚNIOR, J. **Topografia Básica**. Recife: EDUFRPE, 2022. Disponível em: <https://arandu.ufrpe.br/items/29d94fd9-9ad3-4b13-8b17-5f2687b7c12c>. Acesso em: 17 jan. 2026.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 92, p. 79–97, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501>. Acesso em: 01 jan. 2026.

CORREIA, C. P. **Levantamento planialtimétrico utilizando a tecnologia de drones**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/710/o/CAIQUE_PACHECO_CORREIA.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

COSTA, D. R.; CAMPOS, E. A.; SOUZA NETO, R. C. de; BRASILEIRO, M. E. S. Estudo comparativo entre o cálculo de volume obtido a partir de levantamento topográfico realizado por diferentes tipos de equipamento. **Revista Paramétrica**, [S. l.], v. 10, n. 11, 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/294/220>. Acesso em: 9 mar. 2025.

CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. 4. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014.

CRUZ, J. G. M. da; PERIN, J. **Topografia na construção civil: análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone**. 2021. Trabalho de conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhaguera, Pindamonhangaba, 2021. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/54783/1/JO%C3%83O_GUILHERME_MARINHO_DA_CRUZ_ATIVIDADE_DEFESA.pdf. Acesso em: 21 jan. 2026.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. **ICA 100-40: Aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. Reedição aprovada pela Portaria DECEA nº 928/DNOR8, de 15 mai. 2023. Brasília, DF: DECEA, 2023. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/drone/docs/ICA%20100-40%20-%20Aeronaves%20n%C3%A3o%20Tripuladas%20e%20o%20Acesso%20ao%20Espa%C3%A7o%20A%C3%A9reo%20Brasileiro%202023%20-%20BCA%20103%2006.06.23.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2026.

FERREIRA, B. R. de S.; ROSA, D. D. J. Q.; CARMO, J. C. dos S. Uso de RPA (Remotely Piloted Aircraft System) aplicado ao georreferenciamento de imóveis rurais. **Revista Paramétrica**, [S. l.], v. 15, n. 2, 2023. Disponível em: <https://periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/444/345>. Acesso em: 9 mar. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Posicionamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101567.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2026.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MACIEL, J. V. A. **Utilização de drones na construção civil: uma análise comparativa do mercado global e do aumento da eficiência na coleta de informações em campo**. 2023. Disponível em: https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wp-content/uploads/2024/02/Artigo_Utilizac_a_o-de-drones-na-construc_a_o-civi_FinalPUB.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 20 nov. 2025.

MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J. S.; MCGLONE, J. C. **Introduction to modern photogrammetry**. New York: Wiley, 2001.

MIRANDA, M. P. **Inspeção e monitoramento de obra civil com drone**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, Conselheiro Lafaiete, 2020. Disponível em: <https://ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/282/106058/TCC-FINAL-MARIANA-PAULA-MIRANDA-28-06-2020.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

OK, E. Traditional Surveying vs. UAV Drone-Based Structure-from-Motion Advancements in Topographical Mapping Accuracy and Efficiency. 2025. **ResearchGate**, Ladoke Akintola University of Technology. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/388177304_Traditional_Surveying_vs_UAV_Drone-Based_Structure-from-Motion_Advancements_in_Topographical_Mapping_Accuracy_and_Efficiency. Acesso em: 22 jan. 2026.

OLIVEIRA, H. C.; JESUS, H. P. de. **Análise comparativa de levantamentos planialtimétricos: Topografia convencional, GPS e drone**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/AN%C3%81LISE_COMPARATIVA_DE_LEVANTAMENTOS_PLANIALTIM%C3%89TRICOS_%E2%80%93_TOPOGRAFIA_CONVENCIONAL_GPS_E_DRONE.pdf. Acesso em: 17 jan. 2026.

ROHR, P. B.; MORAES, F. H.; DOMINGUES, A. L.; MARTINS, J. D.; BRUM, M. L.; PADRÓN, R. A. R.; SWAROWSKY, A. Comparação do erro altimétrico da aerofotogrametria com drone com o método de posicionamento RTK GNSS. **Disciplinarum Scientia - Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria (RS, Brasil), v. 26, n. 2, p. 125–144, 2025. DOI: 10.37779/nt.v26i2.4965. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/4965>. Acesso em: 8 out. 2025.

SANTOS, L. R. L. **Análise Comparativa entre técnicas de levantamento topográfico no Brasil: produtividade, custos operacionais e precisão.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/15806/2/Luiz_Rangel_Lima_Santos.pdf. Acesso em: 13 jan. 2026.

SILVA, B. F. **Estudo comparativo de GNSS e estação total no levantamento topográfico.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24969/1/Vers%C3%A3o%20%20-%20Com%20ficha%20catalogr%C3%A1fica.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2026.

SILVA, J. S. de; FAGGION, P. L.; MEDINA, A. S. Avaliação da precisão angular de teodolitos em laboratório. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 2, 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/61571>. Acesso em: 18 jan. 2026.

SIMÃO, A. dos S.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; SANTOS, D. A. dos; SANTOS, F. dos; SILVA, A. D.; MENEZES, C. A. G.; MEIRELES, J. C. M. Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 20130–20145, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n10-210. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/3881/3665>. Acesso em: 9 mar. 2025.

SOKOL, Š; BAJTALA, M; JEŽKO, J. Verification of Selected Precision Parameters of the Trimble S8 DR Plus Robotic Total Station. **In: INGENEO 2014 – 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING SURVEYING**, Prague, Czech republic, April 3-4, 2014. Disponível em: https://www.fig.net/resources/proceedings/2014/2014_ingeo/TS8-05_Sokol.pdf.pdf. Acesso em 20 out. 2025.

SOUSA, M. T. R.; ROSAS, C. A. F. O uso do teodolito mecânico no ensino da topografia: as formas “artesaniais” de coleta de dados frente às novas tecnologias de precisão. **Revista de Ensino de Engenharia**, [S. l.], 2018.

TRIVIÑOS, A. **Introdução à pesquisa em ciências sociais.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

WOLF, P. R.; GHILANI, L. R. **Elementary surveying: an introduction to geomatics.** 15. ed. Boston: Pearson, 2018.

ZAPAROLLI, D. Canteiros de obra high tech: Novas tecnologias, como ferramentas digitais e industrialização de processos, procuram elevar a produtividade do setor. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/04/11/canteiros-de-obra-high-tech/>. Acesso em: 08 out. 2025.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Cajazeiras - Código INEP: 25008978
Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CEP 58.900-000, Cajazeiras (PB)
CNPJ: 10.783.898/0005-07 - Telefone: (83) 3532-4100

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Meu tcc assinado

Assunto:	Meu tcc assinado
Assinado por:	Roniellisson Rodrigues
Tipo do Documento:	Dissertação
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Roniellisson Rodrigues Pereira, ALUNO (201822200010) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS**, em 10/02/2026 11:07:59.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1761287

Código de Autenticação: 8df4736ca2

