

# USO DE DRONES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA A OTIMIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE DADOS DA EXECUÇÃO DA FACHADA DE OBRAS VERTICAIS

NEUMANN, Leticia<sup>1</sup>

CAMPOS, Lucas Lippmann de<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho analisa a aplicação de drones e métodos baseados em Inteligência Artificial (IA) como ferramentas de apoio ao levantamento de dados da execução da fachada da obra Tree Tower, em Guarapuava-PR. A pesquisa compara o método tradicional de inspeção manual com o levantamento aéreo realizado por meio de um drone, considerando tempo de coleta, precisão dos registros, segurança operacional e custo. Os resultados indicam que o uso do drone reduz o tempo de inspeção, melhora a uniformidade e a abrangência dos registros visuais e elimina a exposição dos trabalhadores a riscos em altura. A documentação digital gerada também contribui para a rastreabilidade dos serviços e para um controle executivo mais eficiente. Conclui-se que a integração entre drones e ferramentas de IA representa uma alternativa viável e tecnicamente vantajosa para o monitoramento de fachadas em edificações verticais, apoiando processos de fiscalização e otimização do planejamento construtivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drone. Inspeção de fachadas. Construção civil. Inteligência artificial. Gestão de obras.

**ABSTRACT:** This study analyzes the application of drones and Artificial Intelligence (AI)-based methods as support tools for data collection during the execution of the façade of the Tree Tower building, located in Guarapuava, Brazil. The research compares the traditional manual inspection process with the aerial survey performed using a drone, considering factors such as data collection time, accuracy of visual records, operational safety, and cost. The results indicate that the use of drones reduces inspection time, improves the uniformity and coverage of visual documentation, and eliminates workers' exposure to height-related hazards. The digital documentation generated also contributes to improved traceability of construction activities and enhances executive control. It is concluded that the integration of drones with AI-based tools represents a viable and technically advantageous alternative for monitoring façades in vertical buildings, supporting inspection processes and optimizing construction planning.

**KEYWORDS:** Drone. Façade inspection. Civil construction. Artificial intelligence. Construction management.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil mantém trajetória de crescimento em 2025, o que intensifica a necessidade de ferramentas mais eficientes de gestão e monitoramento. Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2025) apontam que o setor ultrapassou a marca de 3 milhão de trabalhadores formais em maio, e nos primeiros nove meses do ano gerou cerca de 218.200 novos empregos ao longo do país. Paralelamente, o Índice Nacional da Construção Civil (SINAPI), calculado pelo

---

<sup>1</sup> Graduando(a) de Engenharia Civil no Centro Universitário Campo Real.  
Engc-leticianeumann@camporeal.edu.br

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Civil. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Especialização em Engenharia de Custos para Licitações e Contratos com ênfase em BIM. Professor no Centro Universitário do Campo Real. prof\_lucascampos@camporeal.edu.br

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), registrou variação de 0,23% em fevereiro de 2025, refletindo os custos de materiais e mão-de-obra no setor. Esse cenário de expansão, aliado ao aumento dos custos e à complexidade crescente dos empreendimentos, reforça a demanda por métodos capazes de oferecer maior precisão e agilidade no controle da execução.

Nesse contexto de expansão e desafios financeiros, torna-se ainda mais importante aprimorar a gestão de obras com base em dados concretos. A dificuldade em acompanhar indicadores, como o desempenho das equipes, pode comprometer o andamento do projeto, afetar a satisfação do cliente e gerar custos adicionais (Brandão, 2025). Entre as etapas mais críticas da construção civil, com ênfase em obras prediais, está a execução da fachada, pois influencia diretamente na estética, na segurança e na valorização do empreendimento.

De acordo com a ABNT NBR 13755:2017 (*Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante — Projeto, execução, inspeção e aceitação — Procedimento*), o sistema de fachada é composto por camadas integradas que protegem a edificação contra intempéries e agentes externos, além de contribuir para sua valorização visual. O engenheiro Marcos Alexandre de Oliveira (2022) reforça essa importância ao destacar que a fachada é um dos principais elementos de percepção do imóvel, sendo essencial preservar sua integridade estrutural e estética tanto para moradores quanto para investidores. Por isso, a coleta e o monitoramento de dados durante essa fase tornam-se fundamentais para garantir a qualidade e a segurança da obra, evitando falhas que podem comprometer o desempenho do sistema como um todo.

Diante disso, o avanço tecnológico surge como um aliado estratégico. Soluções como drones integrados à inteligência artificial (IA) vêm sendo cada vez mais aplicadas na construção civil, otimizando o monitoramento de fachadas das obras ao substituir tarefas de risco, agilizar processos e fornecer dados em tempo real para decisões mais assertivas (Alsehaimi et al., 2024). Nesse cenário, propõe-se investigar de que forma o uso dessas tecnologias pode otimizar a gestão da obra Tree Tower, localizada na cidade de Guarapuava-PR, especificamente no levantamento de dados durante a execução da fachada, contribuindo para uma fiscalização mais eficiente, segura e precisa.

Acredita-se que o uso de drones reduz significativamente o tempo necessário para o levantamento de dados da fachada em comparação com métodos tradicionais.

Essa redução de tempo impacta diretamente a eficiência da obra, permitindo um melhor planejamento e alocação de recursos. Além disso, a Inteligência Artificial pode melhorar a precisão e a análise dos dados capturados, uma vez que os algoritmos de aprendizado de máquina conseguem identificar falhas estruturais e discrepâncias de forma mais eficiente do que a inspeção manual, é o que aponta o estudo *Efficient 2D and 3D Facade Segmentation using Auto-Context*.

Outro ponto importante é que a implementação de drones e IA na obra *Tree Tower* pode levar à redução dos custos operacionais relacionados ao monitoramento da fachada. A automação da coleta e análise de dados reduz a necessidade de mão de obra especializada para inspeções repetitivas, além de minimizar possíveis retrabalhos causados por falhas não identificadas no tempo adequado (ALSEHAIMI et al., 2024). Por fim, argumenta-se que essa tecnologia contribui para o aumento da segurança dos trabalhadores, pois reduz a exposição a riscos ao minimizar a necessidade de inspeções manuais em altura, garantindo maior proteção e atendendo a Norma Regulamentadora 35 (*Trabalho em Altura*) do Ministério do Trabalho e Emprego, de forma segura e com qualidade.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar como a aplicação de drones e Inteligência Artificial (IA) pode otimizar a gestão da obra *Tree Tower* no levantamento de dados da execução da fachada. De forma específica, este estudo busca comparar os métodos tradicionais de levantamento de dados com a abordagem baseada em drones e inteligência artificial (IA). Inicialmente, será avaliada a precisão dos dados coletados pelos drones e processados pela IA em relação às medições convencionais. Em seguida, pretende-se identificar os impactos dessa tecnologia na redução de custos e no tempo de execução do monitoramento da fachada. Por fim, serão verificados os benefícios dessa abordagem para a segurança dos trabalhadores na obra.

De acordo com a ABNT NBR 16747:2020 (*Inspeção predial: diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento*), que trata da inspeção predial, é imprescindível o monitoramento contínuo de elementos construtivos, especialmente aqueles expostos à ação de intempéries e agentes agressivos, como é o caso das fachadas.

Além disso, a norma ABNT NBR 13755:2017 define que os sistemas de revestimento externo têm como função proteger a edificação, além de influenciar diretamente na sua valorização estética e funcional. Diante disso, a qualidade da

execução da fachada impacta diretamente a durabilidade e a segurança do edifício, o que reforça a necessidade de métodos precisos e sistemáticos de acompanhamento técnico. Segundo Oliveira (2022), a fachada é um dos elementos mais importantes na percepção de valor de um imóvel, sendo indispensável sua manutenção e fiscalização adequadas durante toda a fase construtiva.

O uso de drones equipados com IA está alinhado às inovações do setor, sendo apontado por Alsehaimi et al. (2024) como uma solução eficiente para substituição de atividades de risco, geração de dados em tempo real e tomada de decisões mais assertivas no canteiro de obras. Essas tecnologias não apenas aumentam a segurança dos trabalhadores, mas também otimizam o tempo de execução e reduzem custos operacionais. Justifica-se, portanto, a realização deste estudo com base na relevância da aplicação dessas ferramentas tecnológicas para a obra Tree Tower, situada em Guarapuava-PR, visto que sua adoção pode representar um avanço significativo na forma como a gestão da fachada é conduzida, promovendo mais qualidade, eficiência e sustentabilidade à construção.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia adotada nesta pesquisa foi desenvolvida com o intuito de proporcionar um embasamento técnico e prático sobre a aplicação de tecnologias emergentes, como drones e Inteligência Artificial (IA), no monitoramento e levantamento de dados da execução de fachadas na construção civil, com ênfase na obra Tree Tower, localizada em Guarapuava-PR. Trata-se de um estudo de caso, metodologia escolhida por permitir uma análise aprofundada e contextualizada de um fenômeno real, possibilitando observar de forma direta o desempenho das tecnologias aplicadas em um ambiente construtivo específico.

Diferentemente de abordagens puramente teóricas ou baseadas em simulações, o estudo de caso permite avaliar as condições reais de uso, os desafios operacionais e os resultados obtidos na prática, oferecendo evidências concretas sobre a eficiência e a aplicabilidade dos drones e da IA no acompanhamento da execução de fachadas. Essa escolha também se justifica pela natureza inovadora do tema, que demanda observação empírica e coleta de dados no ambiente de obra, permitindo análise quantitativa de forma complementar e ampliando a compreensão sobre o impacto dessas tecnologias na gestão da construção civil.

## 2.1 DEFINIÇÕES

### 2.1.1 Fachada

De acordo com a ABNT NBR 13755:2017, o sistema de fachada deve ser compreendido como um conjunto de camadas integradas que, em sua totalidade, exercem funções essenciais para o desempenho da edificação. Essas camadas, constituídas pela base (alvenaria ou concreto), chapisco, emboço e revestimento final, atuam de maneira conjunta para assegurar a proteção da construção contra intempéries e agentes externos, como chuva, vento, variações térmicas e poluição. Além do aspecto protetivo, o sistema de fachada contribui significativamente para a durabilidade da edificação, o conforto térmico e acústico dos usuários e a valorização estética da obra, reforçando seu papel tanto funcional quanto visual no contexto arquitetônico.

O conceito de fachada evoluiu ao longo dos séculos, acompanhando transformações culturais, sociais e tecnológicas. No período renascentista, a fachada passou a ser compreendida não apenas como elemento de proteção, mas como expressão estética e simbólica da arquitetura, consolidando-se como parte essencial da composição arquitetônica (CARNEIRO, 2013). Nos séculos seguintes, estilos como o Barroco e o Pitoresco reforçaram o papel representativo da fachada, associando-a à ostentação, ao poder e à identidade dos proprietários. No Brasil, desde o período colonial, as fachadas também refletiam status social, sendo marcadas pela aplicação de cores e elementos decorativos que mesclavam influências europeias e referências locais (PIZZO; MATTEI, 2018).

Com o avanço da Revolução Industrial, novas possibilidades construtivas surgiram com o uso do ferro e do vidro, que redefiniram a fachada como um sistema de transparência e leveza, rompendo com a rigidez dos materiais tradicionais. No século XX, com o Movimento Moderno, a fachada passou a assumir um caráter funcionalista, no qual o desempenho técnico e a simplicidade estética prevaleceram sobre a ornamentação (VAZ; AMORIM, 2009).

### **2.1.2 Normas**

Das normas que tratam da execução correta de fachadas, duas se destacam pela sua relevância e aplicabilidade prática, especialmente nos processos de avaliação de execução e levantamento de dados. A ABNT NBR 13755:2017, intitulada *Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante*, estabelece os requisitos para a aplicação de revestimentos de argamassas inorgânicas em paredes externas, abrangendo critérios de preparo da base, espessura, aderência, juntas e aspectos relacionados à durabilidade do sistema. Já a ABNT NBR 16747:2020, intitulada *Inspeção predial: diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento*, fornece diretrizes para a elaboração de inspeções prediais, contemplando metodologias de verificação, classificação de anomalias e recomendações para manutenção preventiva e corretiva. Assim, em conjunto, essas normas garantem não apenas a correta execução das fachadas, mas também a preservação de seu desempenho e a ampliação da vida útil das edificações.

### **2.1.3 Drone e Inteligência Artificial (IA)**

Os drones, também conhecidos como VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), são aeronaves controladas remotamente que têm se consolidado como importantes ferramentas para aplicações civis, militares e científicas. Além das aplicações voltadas ao monitoramento e inspeção de obras, os drones também se destacam na geração de produtos cartográficos de alta precisão, como modelos tridimensionais, ortofotos e nuvens de pontos georreferenciadas. Por meio de técnicas de levantamento aerofotogramétrico, é possível obter informações detalhadas do terreno e das edificações, permitindo análises volumétricas, controle de terraplanagem e acompanhamento do avanço físico da construção. Essas tecnologias oferecem uma base geoespacial precisa, integrando-se a softwares de modelagem e gestão da obra, o que amplia a capacidade de tomada de decisão e reduz erros relacionados à medição manual (ROCHA; MENDES; FONSECA, 2021).

A Inteligência Artificial (IA) é uma área da ciência da computação que permite que máquinas realizem tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana, como reconhecer padrões, analisar grandes volumes de dados e tomar decisões automáticas (RUSSELL; NORVIG, 2021). Na prática, a IA consegue “aprender” com

informações passadas e aplicar esse conhecimento para realizar previsões ou automatizar processos.

Na engenharia civil, a IA tem se mostrado uma ferramenta poderosa, especialmente no levantamento de dados de obras e inspeções de fachadas verticais. Por meio de algoritmos que analisam imagens capturadas por drones ou sensores, a IA consegue identificar fissuras, infiltrações, irregularidades na execução do reboco e outros defeitos estruturais, muitas vezes com mais rapidez e precisão do que a inspeção manual (SILVA; OLIVEIRA, 2023). Além disso, ela permite organizar grandes volumes de dados, gerar relatórios automáticos e antecipar problemas, o que contribui para decisões mais seguras e eficientes durante a obra.

A integração de drones e IA na engenharia civil oferece diversos benefícios, como aumento da eficiência operacional, precisão aprimorada na detecção de falhas e melhoria na segurança dos profissionais envolvidos. Essas tecnologias permitem uma análise mais detalhada e em tempo real das fachadas verticais, facilitando a implementação de ações corretivas durante a execução da obra (SILVA; OLIVEIRA, 2023; SOUZA, 2023).

#### **2.1.4 Levantamento de Dados**

O levantamento de dados consiste no processo de coleta, registro e análise de informações relevantes sobre uma obra ou estrutura, com o objetivo de compreender suas condições atuais, identificar problemas e subsidiar a tomada de decisões técnicas (OLIVEIRA; SILVA, 2020). No caso das fachadas verticais, esse levantamento envolve o registro de dimensões, materiais, acabamentos, patologias como fissuras, infiltrações e descolamentos de revestimento, e outros elementos construtivos que possam impactar a durabilidade, a segurança e a estética da edificação (SILVA; OLIVEIRA, 2023; ABNT, 2017).

No presente estudo, o levantamento de dados será conduzido sob uma abordagem quantitativa, voltada ao acompanhamento das etapas de execução da fachada da obra Tree Tower. A coleta será realizada por meio de imagens aéreas obtidas por drones, processadas com ferramentas de inteligência artificial para identificação automática do avanço físico e das condições de execução.

A importância desse levantamento é significativa, pois permite que engenheiros, arquitetos e gestores de obra tomem decisões baseadas em

informações precisas e confiáveis (OLIVEIRA; SILVA, 2020). Ele possibilita identificar defeitos de execução, planejar manutenções corretivas e preventivas e acompanhar a conformidade do projeto com normas técnicas, como a ABNT NBR 13755:2017, que define critérios para revestimentos de paredes externas. Além disso, quando aliado a tecnologias como drones e inteligência artificial, o levantamento de dados de fachadas verticais se torna mais seguro, rápido e detalhado, permitindo inspeções em áreas de difícil acesso e garantindo maior eficiência operacional (SILVA; OLIVEIRA, 2023).

## 2.2 PROCESSO EXECUTIVO

As etapas do processo de levantamento de dados para compor uma base comparativa estão descritas a seguir.

### 2.2.1 Procedimentos iniciais

Inicialmente, realiza-se uma inspeção visual tradicional de uma etapa da fachada, utilizando instrumentos manuais como trenas, níveis e registros fotográficos convencionais, enquanto se registra o tempo necessário para deslocamento e coleta dos dados (Figura 1).

Figura 1 – Acompanhamento em balancim da execução das primeiras juntas de movimentação no reboco da fachada.



Fonte: O autor (2025).

Em seguida, é feita a coleta de imagens de outra etapa da mesma fachada, com dimensões e serviços semelhantes, utilizando um drone equipado com câmera de alta resolução (Figura 2).

Figura 2 – Acompanhamento via drone da execução da execução do reboco sendo desempenado.



Fonte: O autor (2025).

### **2.2.2 Processamento de Imagens**

Inicialmente, na etapa de concepção do estudo de caso, foram analisadas diferentes ferramentas tecnológicas capazes de otimizar o processo de coleta e tratamento de dados provenientes das inspeções realizadas por meio de drones. As imagens captadas pelos equipamentos aéreos seriam, a princípio, destinadas ao processamento por meio de um algoritmo de detecção de objetos fundamentado em uma arquitetura de rede neural convolucional, com o objetivo de identificar visualmente anomalias na superfície da fachada. Entre as alternativas avaliadas, considerou-se a aplicação da YOLOv5 (You Only Look Once), reconhecida por sua eficiência em tarefas de detecção em tempo real, em conjunto com a plataforma Google Colab, que oferece infraestrutura de processamento em GPU para execução de modelos de inteligência artificial.

Contudo, ao longo do desenvolvimento do estudo, constatou-se que a utilização de um modelo de detecção automática não seria necessária para atender

aos objetivos da pesquisa. Essa decisão ocorreu porque o volume de imagens disponíveis não era suficiente para treinar um modelo com acurácia adequada, o foco do trabalho estava direcionado à comparação entre métodos de inspeção e não ao desenvolvimento de um algoritmo preditivo, e a análise manual das imagens já permitia identificar de maneira clara e objetiva todos os elementos necessários para a avaliação da execução da fachada. Dessa forma, optou-se por adotar exclusivamente o processamento e interpretação visual das imagens captadas, sem o emprego de IA.

Para garantir padronização na análise, foi elaborada uma Tabela Modelo, utilizada para definir os critérios de avaliação aplicados aos dois métodos. Essa tabela apresenta os parâmetros analisados: tempo de coleta, precisão dos registros, segurança operacional, custo operacional, documentação gerada e acesso a áreas críticas, permitindo classificar o desempenho de forma objetiva e estruturada. A Tabela Modelo (Tabela 1) serviu como referência para orientar a coleta, registrar as diferenças entre os métodos e sustentar a análise comparativa realizada posteriormente.

Tabela 1 - Modelo de análise comparativa entre métodos convencionais e levantamento com drones.

| <b>Critério de Avaliação</b>          | <b>Método Convencional de Inspeção</b> | <b>Levantamento com Drone (DJI Mini 3 Pro)</b> | <b>Observações Técnicas</b> |
|---------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Tempo de coleta de dados              |  |  |                             |
| Precisão dos registros                |  |  |                             |
| Segurança operacional                 |  |  |                             |
| Custo operacional                     |  |  |                             |
| Documentação e armazenamento de dados |  |  |                             |
| Acesso a áreas críticas               |  |  |                             |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Após a aplicação dos critérios definidos na tabela, os dados foram organizados e quantificados, possibilitando o desenvolvimento do gráfico final de resultados, no qual são comparados os desempenhos do método convencional e do levantamento aéreo. O gráfico evidencia, de forma objetiva, o impacto do uso do drone na eficiência do processo de inspeção de fachadas.

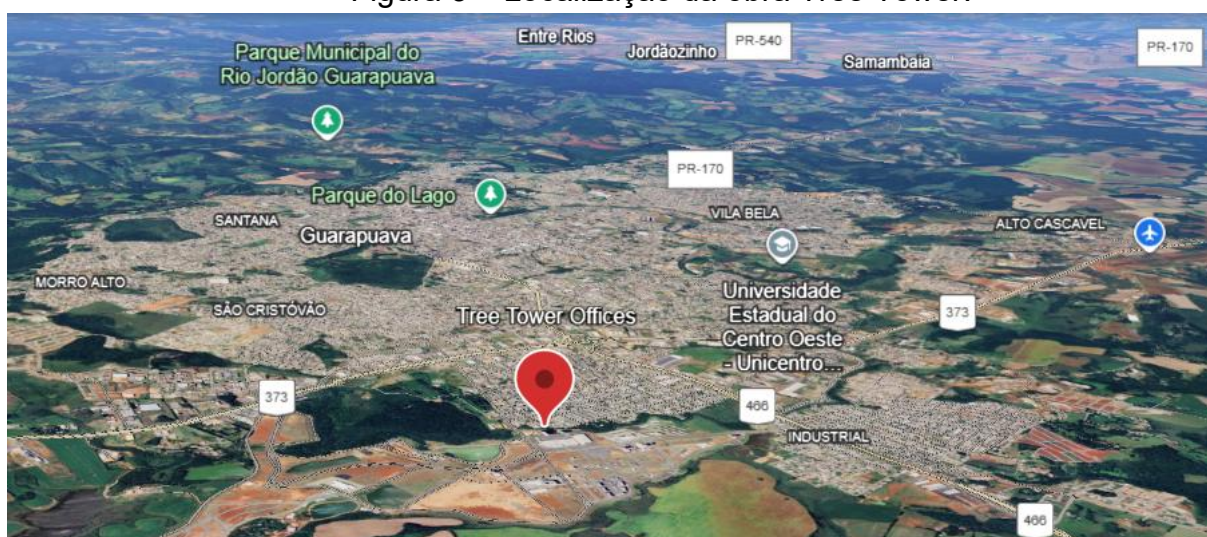
Por fim, destaca-se que o escopo deste estudo se limita ao monitoramento visual da fachada durante as etapas de chapisco, emboço, reboco e juntas de movimentação, não abrangendo análises estruturais internas nem ensaios

destrutivos, uma vez que essas etapas já haviam sido concluídas no momento da coleta dos dados.

### 2.3 ESTUDO DE CASO

Para analisar a aplicabilidade do uso de drones e Inteligência Artificial (IA) no levantamento de dados da execução de fachadas em obras verticais, foi selecionada como objeto de estudo a obra do Tree Tower, empreendimento comercial situado na Rua Primavera, nº 151, bairro Cidade dos Lagos, no município de Guarapuava/PR (Figura 3).

Figura 3 – Localização da obra Tree Tower.



Fonte: Google Earth (2025).

O empreendimento Tree Tower representa um dos maiores e mais modernos edifícios corporativos do interior do estado. Com 22 pavimentos e mais de 40 mil m<sup>2</sup> de área construída, o edifício foi concebido para abrigar salas comerciais e espaços corporativos de diferentes metragens, reunindo infraestrutura completa voltada à inovação, sustentabilidade e conforto dos usuários. Sua concepção busca atender à crescente demanda por empreendimento empresariais de alto padrão no município, acompanhando o desenvolvimento urbano e econômico impulsionado pela região da Cidade dos Lagos.

Além do impacto direto na oferta de espaços comerciais qualificados, o Tree Tower destaca-se por introduzir soluções construtivas modernas e processos de gestão tecnológica, o que o torna um caso de estudo relevante para a aplicação de drones e inteligência artificial na otimização do controle executivo da fachada. A

expectativa é que o uso dessas tecnologias contribua para reduzir custos de monitoramento, aumentar a precisão das medições e garantir o cumprimento das etapas construtivas conforme o cronograma físico da obra.

A fachada, elemento de destaque do projeto, combina estética refinada e desempenho técnico, sendo mista, composta por alvenaria estrutural revestida em argamassa e acabamento em granilha, intercalada por vãos envidraçados de grandes dimensões (Figura 4).

Figura 4 – Projeto 3D da fachada do edifício Tree Tower.



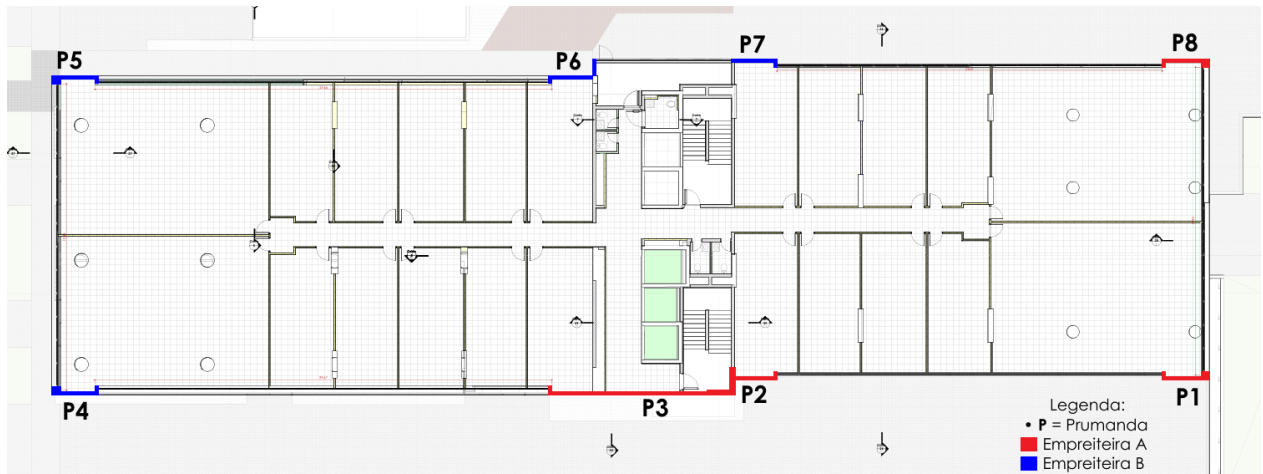
Fonte: Catálogo comercial - Tree Tower (2025).

A execução dos fechamentos em alvenaria estrutural da obra Tree Tower foi realizada por meio de oito prumadas principais, distribuídas de acordo com o projeto arquitetônico e estrutural do edifício. Essas prumadas constituem os painéis verticais que formam o corpo da fachada e definem os alinhamentos externos da edificação.

O processo executivo contemplou as etapas de chapisco, emboço, reboco e juntas de movimentação, as quais foram conduzidas por duas empreiteiras distintas, denominadas neste estudo como Empreiteira A e Empreiteira B. A Empreiteira A ficou responsável pela execução das prumadas 1, 2, 3 e 8, enquanto a Empreiteira B atuou nas prumadas 4, 5, 6 e 7. Essa divisão foi estabelecida visando otimizar a logística de execução, equilibrar a produtividade das equipes e garantir o avanço simultâneo das

frentes de trabalho. A Figura 5 ilustra a distribuição das prumadas na fachada, facilitando a visualização da sequência construtiva e a compreensão da divisão entre as duas empreiteiras envolvidas.

Figura 5 – Divisão das prumadas da fachada da obra Tree Tower.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Cada prumada possui volumetria e dimensões específicas, definidas pelo projeto arquitetônico, que considera aberturas, recuos e variações geométricas da edificação. É importante destacar que as medidas de largura e altura não são idênticas entre todas as prumadas, algumas apresentam dimensões equivalentes, enquanto outras diferem significativamente em função da tipologia dos pavimentos.

A Tabela 2 a seguir apresenta as dimensões gerais das prumadas, servindo como referência para o entendimento das variações de área entre os panos de fachada.

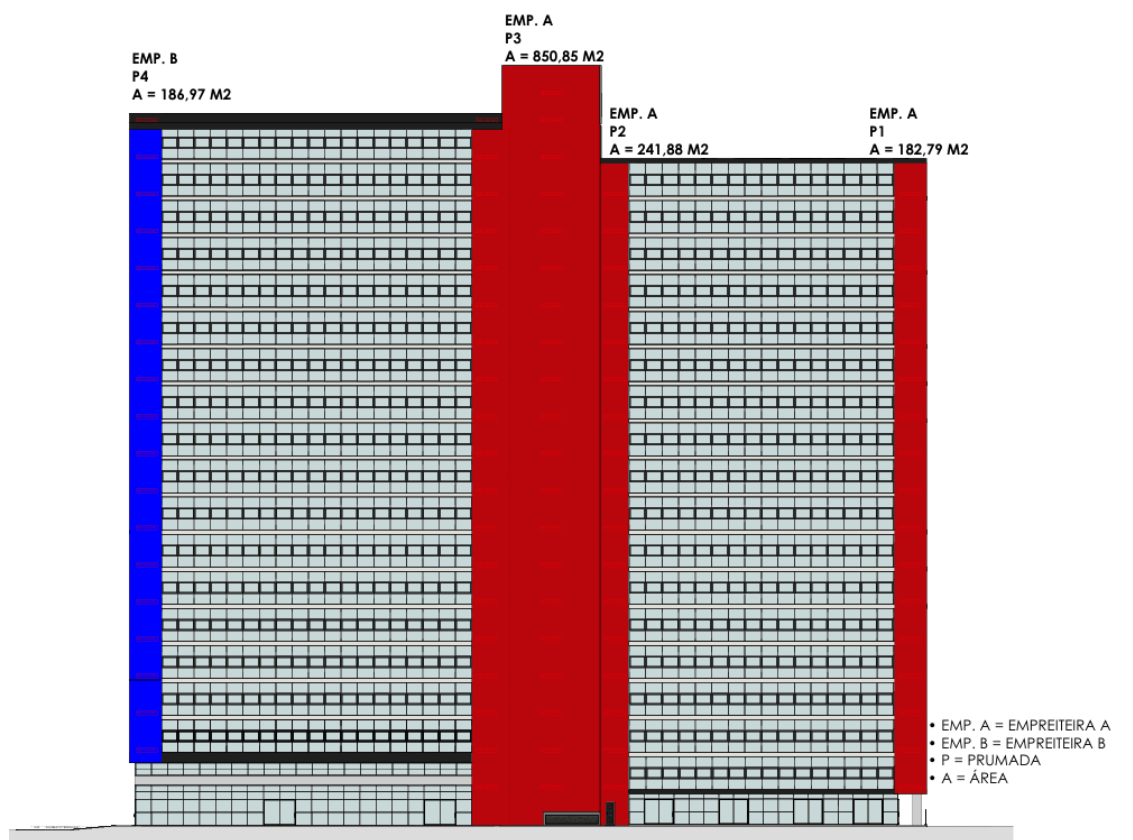
Tabela 2 – Dimensões gerais das prumadas da fachada.

| Item      | Comprimento | Largura | Área (m <sup>2</sup> ) |
|-----------|-------------|---------|------------------------|
| PRUMADA 1 | 59,50       | 3,07    | 182,79                 |
| PRUMADA 2 | 62,50       | 3,87    | 241,88                 |
| PRUMADA 3 | 70,26       | 12,11   | 850,85                 |
| PRUMADA 4 | 59,73       | 3,13    | 186,97                 |
| PRUMADA 5 | 59,73       | 3,13    | 186,97                 |
| PRUMADA 6 | 61,86       | 4,43    | 274,04                 |
| PRUMADA 7 | 61,40       | 3,22    | 197,54                 |
| PRUMADA 8 | 59,50       | 3,07    | 182,79                 |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

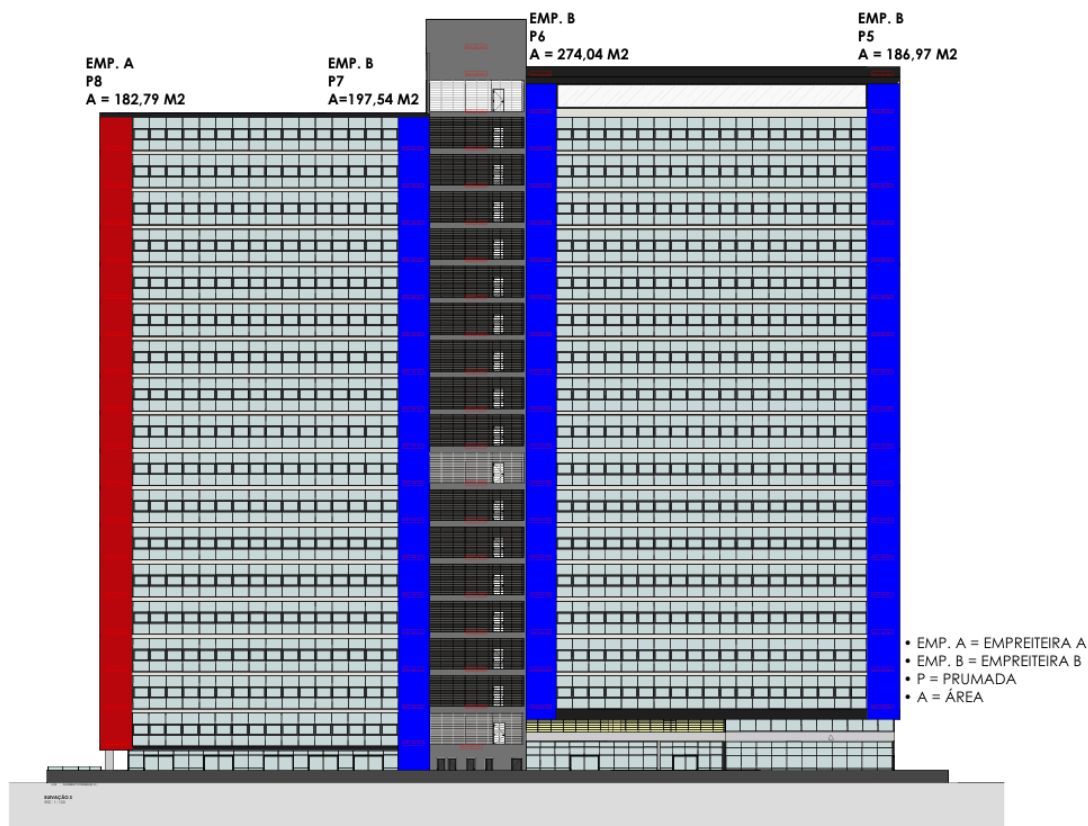
Para complementar a compreensão, foram elaboradas representações no projeto de fachada que sintetizam as informações acima descritas, destacando a localização, altura e volumetria de cada prumada. As Figuras 6 e 7 ilustram essa disposição de maneira visual, auxiliando na análise técnica e na posterior escolha das áreas de estudo comparativo.

Figuras 6 – Elevação da lateral direita com representação das empreiteiras, numerações das prumadas e suas respectivas áreas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figuras 7 – Elevação da lateral esquerda com representação das empreiteiras, numerações das prumadas e suas respectivas áreas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A escolha da obra Tree Tower como objeto de estudo deve-se à sua representatividade no contexto urbano de Guarapuava-PR, sendo um empreendimento de grande porte e alta complexidade executiva, o que a torna um ambiente ideal para a aplicação e análise de tecnologias emergentes na construção civil. Além disso, a fase de execução da fachada em andamento durante o período da pesquisa proporcionou condições reais de coleta de dados, permitindo a comparação prática entre o método tradicional de inspeção e o levantamento de dados com drones. Outro fator relevante foi o fácil acesso e disponibilidade de acompanhamento técnico, garantindo segurança e confiabilidade na execução do estudo.

Nesse contexto, o presente estudo propôs a utilização de drones como ferramenta de apoio técnico no levantamento de dados da execução da fachada, possibilitando a obtenção de registros visuais precisos, ágeis e seguros. O uso do equipamento aéreo permitiu observar e documentar as diferentes etapas do processo construtivo de chapisco, emboço, reboco e juntas de movimentação (frisos) de forma sistematizada e sem interferir no andamento das atividades em campo.

As imagens obtidas serviram como base para a análise comparativa entre o método tradicional e o levantamento aéreo, buscando avaliar critérios como tempo de coleta de dados, precisão dos registros, custo operacional e segurança dos trabalhadores. Dessa forma, a aplicação prática do estudo na obra Tree Tower contribuiu para demonstrar a viabilidade técnica e os benefícios diretos da integração entre drones e Inteligência Artificial (IA) nos processos de fiscalização e gestão de obras verticais.

### **2.3.1 Procedimentos de Levantamento de Dados**

Para a realização do estudo de caso na obra Tree Tower, foram definidos dois métodos distintos de levantamento de dados para fins comparativos: o método tradicional de inspeção manual e o método de levantamento aéreo por meio de drone. Ambos foram aplicados em etapas equivalentes da fachada, abrangendo os serviços de chapisco, emboço, reboco e juntas de movimentação, conforme o avanço físico da obra.

A escolha metodológica deste trabalho concentrou-se nas prumadas 1 e 8, ambas executadas pela Empreiteira A, por apresentarem características geométricas semelhantes, condições de execução equivalentes e cronogramas compatíveis com o período de análise. Essa seleção permitiu conduzir o estudo comparativo em ambientes controlados e representativos, assegurando confiabilidade, consistência e coerência nos resultados obtidos.

Definidas as prumadas de análise, procedeu-se à execução das atividades de levantamento de dados, contemplando tanto o método tradicional de inspeção manual quanto o levantamento aéreo com drone, conforme descrito nas subseções a seguir.

#### **a) Levantamento pelo método convencional**

Inicialmente, foi realizada uma inspeção visual tradicional na prumada 1 da edificação, utilizando instrumentos manuais como trena, nível, régua de alumínio e registros fotográficos convencionais (Figura 8). O processo envolveu a verificação direta da análise das juntas de movimentação, além da identificação de eventuais irregularidades na superfície do emboço e reboco.

Para a execução dessa etapa, foi necessário o uso de balancins elétricos, garantindo o acesso aos pontos mais elevados da fachada. O tempo médio registrado para a coleta completa das informações, considerando deslocamento, montagem e

desmontagem dos equipamentos, foi de aproximadamente 45 minutos nesse trecho da fachada.

Ainda que este método seja amplamente utilizado na construção civil, observou-se que ele apresenta limitações quanto à agilidade e segurança, especialmente em empreendimentos de grande porte e altura elevada. Além do tempo expressivo de execução, há a exposição contínua dos trabalhadores a riscos em altura, exigindo o cumprimento rigoroso da Norma Regulamentadora NR-35.

Figura 8 – Inspeção visual tradicional da execução das primeiras juntas de movimentação na prumada 1.



Fonte: O autor (2025).

#### b) Levantamento com o uso de drone

Na sequência, foi realizado o levantamento aéreo utilizando o drone DJI Mini 3 Pro. O equipamento, equipado com câmera de alta resolução 4K, permitiu capturar imagens e vídeos em diferentes ângulos e alturas, abrangendo toda a extensão da prumada 8 da edificação (Figura 9).

O processo de voo foi planejado com base em trajetórias lineares e sobreposições fotográficas, assegurando a cobertura total da área inspecionada. As imagens obtidas foram armazenadas digitalmente e organizadas por etapas

construtivas, possibilitando a análise visual detalhada de textura, planicidade e qualidade do acabamento das superfícies rebocadas.

O tempo médio de coleta de dados com o drone foi de 15 minutos nesse trecho da fachada, incluindo a calibração do equipamento, execução do voo e descarregamento das imagens. Durante o levantamento, não foi necessária a interrupção das atividades de obra, demonstrando a viabilidade operacional do método em canteiros ativos.

Além de garantir maior agilidade, o uso do drone reduziu significativamente os riscos de acidentes, pois eliminou a necessidade de acesso físico à fachada para fins de inspeção. As imagens registradas apresentaram alta nitidez e precisão, permitindo avaliar aspectos como uniformidade do revestimento, execução das juntas e eventuais falhas de acabamento, mesmo sem a aplicação integral de algoritmos de Inteligência Artificial.

Figura 9 – Inspeção aérea utilizando o drone DJI Mini 3 na prumada 8.



Fonte: O autor (2025).

### c) Organização e análise dos dados

Após a coleta, as informações provenientes dos dois métodos foram organizadas em planilhas comparativas e gráficos de desempenho, a fim de

quantificar os resultados obtidos. Foram analisados parâmetros como tempo total de execução, custo estimado, nível de detalhamento dos registros e condições de segurança.

Esses dados subsidiaram a elaboração da Tabela 2 e das análises apresentadas na seção de Resultados Obtidos (2.7), demonstrando de forma objetiva as diferenças e vantagens do levantamento aéreo frente às inspeções tradicionais.

### **3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A partir dos procedimentos descritos na seção anterior, foi possível realizar uma análise comparativa entre os métodos tradicionais de inspeção manual e o levantamento de dados por meio de drones, avaliando critérios de desempenho técnico, eficiência operacional e segurança. Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação de drones no monitoramento da execução da fachada da obra Tree Tower proporcionou ganhos expressivos em tempo, qualidade e segurança, consolidando-se como uma alternativa viável e inovadora para o acompanhamento de obras verticais.

No comparativo entre os dois métodos, observou-se que o levantamento convencional exigiu aproximadamente 45 minutos para a inspeção completa da prumada 8, considerando o tempo destinado à montagem de balancins, deslocamento da equipe e registro manual das informações. Já o levantamento aéreo com drone, na prumada 1, foi concluído em cerca de 15 minutos, o que representa uma redução média de 66% no tempo total de coleta de dados.

Essa diferença reflete diretamente na produtividade do processo de fiscalização, permitindo que um número maior de áreas seja inspecionado em menos tempo, sem comprometer o cronograma físico da obra. Além disso, a redução no uso de equipamentos de acesso e mão de obra em altura resultou em economia operacional de aproximadamente 40%, considerando o custo-hora de equipe e os materiais auxiliares necessários para a execução manual.

Do ponto de vista técnico, as imagens obtidas pelo DJI Mini 3 Pro apresentaram alta nitidez e estabilidade, permitindo identificar irregularidades superficiais no reboco, falhas pontuais de acabamento e a conformidade das juntas de movimentação com o projeto executivo. A visualização aérea também possibilitou comparar o andamento

das diferentes etapas da fachada, favorecendo o controle de qualidade e o registro documental do progresso físico da obra.

Esses resultados comprovam que o uso de drones, aliado à futura integração com sistemas de Inteligência Artificial (IA), representa uma evolução significativa nas práticas de monitoramento da construção civil, oferecendo dados mais precisos, rápidos e seguros para a gestão da execução.

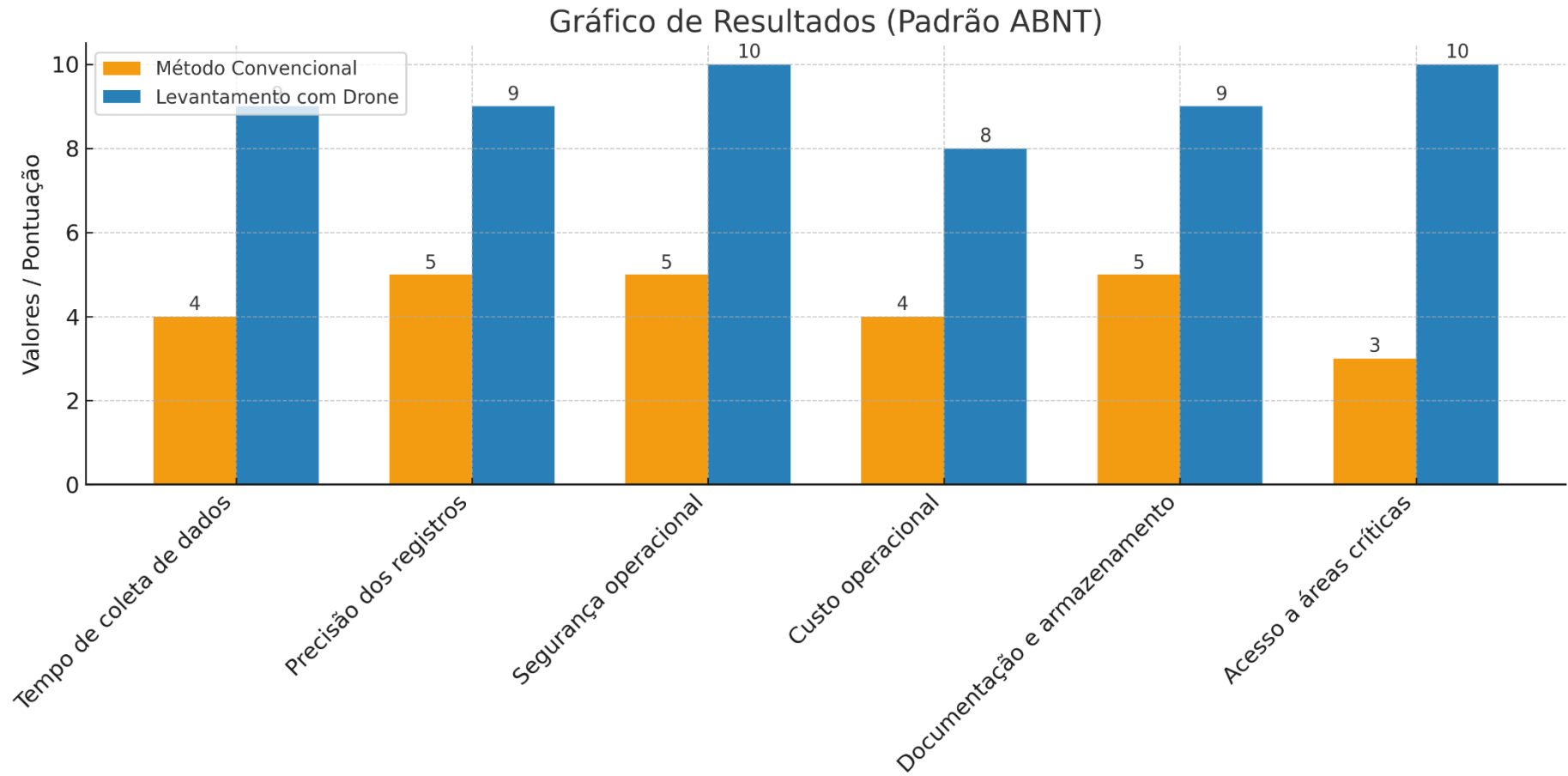
A Tabela 3 e o Gráfico 1 a seguir apresentam, respectivamente, o resumo comparativo e a representação visual dos principais critérios avaliados durante o estudo de caso, permitindo observar de forma clara as diferenças de desempenho entre o método convencional de inspeção manual e o levantamento de dados por drone. Esses elementos visuais facilitam a compreensão dos resultados e reforçam a eficiência do uso da tecnologia no monitoramento da execução da fachada.

Tabela 3 – Comparativo entre métodos convencionais e levantamento com drones na obra Tree Tower.

| <b>Critério de Avaliação</b>          | <b>Método Convencional de Inspeção</b> | <b>Levantamento com Drone (DJI Mini 3 Pro)</b> | <b>Observações Técnicas</b>                     |
|---------------------------------------|--|--|---|
| Tempo de coleta de dados              | 45 min / trecho                        | 15 min / trecho                                | Redução média de 66% no tempo de inspeção       |
| Precisão dos registros                | Média (dependente do operador)         | Alta (imagens em 4K com estabilização)         | Maior detalhamento visual e uniformidade        |
| Segurança operacional                 | Média (trabalho em altura)             | Alta (sem exposição ao risco)                  | Atende à NR-35 e reduz necessidade de balancins |
| Custo operacional                     | Elevado (mão de obra + equipamentos)   | Reduzido (1 operador de drone)                 | Economia aproximada de 40%                      |
| Documentação e armazenamento de dados | Manual (fotos e relatórios físicos)    | Digital (imagens e vídeos)                     | Melhora rastreabilidade e controle              |
| Acesso a áreas críticas               | Limitado                               | Total (alcance vertical e horizontal)          | Permite inspeção de pontos de difícil acesso    |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Gráfico 1 – Representação visual comparativa entre métodos convencionais e levantamento com drones.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Apesar dos resultados positivos obtidos com o uso do drone no processo de inspeção da fachada, algumas limitações operacionais precisam ser consideradas. A primeira delas refere-se à necessidade de um operador qualificado, devidamente habilitado e treinado para conduzir o equipamento em segurança, interpretar as condições do ambiente e respeitar as regulamentações vigentes. Essa dependência profissional pode influenciar diretamente o planejamento da atividade e, em alguns casos, demandar custos adicionais de capacitação ou contratação.

Outro ponto relevante é a sensibilidade do equipamento às condições climáticas. Fatores como ventos moderados a fortes, chuva, garoa e variações bruscas de luminosidade podem comprometer a estabilidade do voo, a nitidez das imagens e, conseqüentemente, a continuidade da inspeção. Nesses cenários, a operação pode ser adiada ou interrompida, o que impacta diretamente o cronograma da obra e a eficiência do levantamento.

Esses fatores não invalidam o uso do drone, mas evidenciam que sua aplicação demanda planejamento prévio, seleção adequada de janelas climáticas e disponibilidade de um profissional apto a operar o equipamento com segurança e precisão.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado na obra Tree Tower permitiu comprovar, de maneira prática e aplicada, o potencial dos drones como ferramenta estratégica para otimizar o levantamento de dados durante a execução de fachadas. A comparação entre os métodos tradicional e tecnológico evidenciou diferenças significativas em aspectos essenciais, como tempo, precisão, segurança e custo operacional.

O uso do drone DJI Mini 3 Pro proporcionou redução média de 66% no tempo de coleta de dados, demonstrando eficiência superior na documentação da fachada em comparação às inspeções convencionais que dependem de balancins e acesso físico. Além disso, o levantamento aéreo eliminou a necessidade de exposição dos trabalhadores ao risco em altura, atendendo às recomendações da NR-35 e reforçando a importância de soluções que ampliem a segurança no canteiro de obras.

Do ponto de vista técnico, as imagens em alta resolução permitiram identificar detalhes construtivos com maior precisão, facilitando o controle da execução de chapisco, emboço, reboco e juntas de movimentação. Mesmo sem a aplicação

completa de algoritmos de Inteligência Artificial, os registros obtidos já se mostraram suficientes para análises detalhadas e para a construção de um banco de dados visual eficiente. A futura integração entre drones e IA tende a ampliar ainda mais o potencial desse processo, permitindo automatizar a identificação de falhas, gerar relatórios inteligentes e aprimorar a rastreabilidade documental.

Conclui-se que a adoção de drones no monitoramento da execução de fachadas em obras verticais representa uma evolução significativa nos processos de fiscalização e gestão, trazendo benefícios diretos para a produtividade, segurança e qualidade construtiva. A implementação dessa tecnologia na obra Tree Tower mostrou-se plenamente viável e vantajosa, podendo ser incorporada como prática rotineira em empreendimentos de porte similar. Ao mesmo tempo, o reconhecimento de suas limitações operacionais permite uma utilização mais consciente, estratégica e integrada às demais ferramentas existentes no canteiro de obras.

Assim, este estudo contribui para o avanço da modernização tecnológica da construção civil e reforça o papel das ferramentas digitais como aliadas essenciais na busca por obras mais eficientes, seguras e sustentáveis.

## 5 CRONOGRAMA

| ATIVIDADES  | 2025 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | Mar  | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov |
| Revisão de literatura e levantamento bibliográfico      | •    | •   |     |     |     |     |     |     |     |
| Definição da metodologia e planejamento                 |      | •   | •   |     |     |     |     |     |     |
| Coleta de dados na obra (drones e métodos tradicionais) |      |     | •   | •   | •   |     |     |     |     |
| Análise e comparação dos resultados                     |      |     |     |     | •   | •   |     |     |     |
| Redação dos capítulos e revisão do TCC                  |      |     |     |     |     | •   | •   | •   |     |
| Entrega e apresentação final                            |      |     |     |     |     |     |     |     | •   |

Fonte: Ferreira, 2011.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755**: Revestimento de paredes externas e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020.
- ALSEHAIMI, Abdullah; WAQAR, Ahsan; EL AAL, Ahmed Abd; HAYAT, Saleh; WARIS, Faizan Ahmed; BENJEDDOU, Omrane. **Optimising construction sector performance**: A study of the rapidly growing global drone industry using smart PLS approach. *Journal of Building Engineering*, v. 91, 2024. Acesso em: 6 abr. 2025.
- BRANDÃO, André. **Acompanhamento de obra**: como reunir e analisar dados. São Paulo: Editora Construção Moderna, 2025.
- CARNEIRO, Silvia Lopes. **A evolução do conceito de fachada**: do Renascimento ao Modernismo. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/83680>. Acesso em: 6 set. 2025.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção gera mais de 200 mil novos empregos formais nos primeiros nove meses de 2025**. Brasília: CBIC, 07 nov. 2025. Disponível em: [https://cbic.org.br/construcao-gera-mais-de-200-mil-novos-empregos-formais-nos-primeiros-nove-meses-de-2025/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cbic.org.br/construcao-gera-mais-de-200-mil-novos-empregos-formais-nos-primeiros-nove-meses-de-2025/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 13 nov. 2025.
- DJI. **DJI Mini 3 Pro – Especificações**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/mini-3-pro>. Acesso em: 6 set. 2025.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, Fevereiro/2025*. Rio de Janeiro: IBGE, mar. 2025. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Precos\\_Custos\\_e\\_Indices\\_da\\_Construcao\\_Civil/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/sinapi\\_202502caderno.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Precos_Custos_e_Indices_da_Construcao_Civil/Fasciculo_Indicadores_IBGE/sinapi_202502caderno.pdf). Acesso em: 13 nov. 2025.
- OLIVEIRA, Marcos Alexandre de. **Manutenção e valorização das fachadas**: aspectos técnicos e estratégicos. *Revista Construção & Mercado*, São Paulo, n. 247, p. 32-36, abr. 2022.
- OLIVEIRA, R. O.; SILVA, A. R. **O uso de drones na engenharia civil: aplicações e perspectivas**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 5, n. 10, p. 123-136, 2020.
- OLIVEIRA, R. O.; SILVA, A. S.; SANTANA, D. B. **A influência do uso dos drones como recurso tecnológico para o mapeamento topográfico em projetos de engenharia civil**. *Revista FT*, [S.l.], 2020. Disponível em:

<https://revistaft.com.br/a-influencia-do-uso-dos-drones-como-recurso-tecnologico-para-o-mapeamento-topografico-em-projetos-de-engenharia-civil/>.

Acesso em: 6 set. 2025.

PIZZO, Amanda; MATTEI, Cláudio. **A evolução das cores e elementos arquitetônicos nas fachadas brasileiras no período colonial.** 2018.

Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/62228328/artigo-a-evolucao-das-cores-e-elementos-arquiteticos-nas-fachadas-brasileiras-no-periodo-colonial>. Acesso em: 6 set. 2025.

ROCHA, L. C.; MENDES, A. F.; FONSECA, R. M. **Levantamentos Aerofotogramétricos com Drones: Aplicações e Benefícios na Engenharia Civil.** *Revista Brasileira de Geomática*, v. 9, n. 2, p. 85–98, 2021.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial.** 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.

SILVA, A. R.; OLIVEIRA, R. O. **Aplicações de Inteligência Artificial na Engenharia Civil.** São Paulo: Editora Técnica, 2023.

SOUZA, M. L. **Desafios na Implementação de IA em Projetos de Engenharia Civil.** *Revista Engenharia e Tecnologia*, v. 15, n. 3, p. 45-59, 2023.

VAZ, Elisa; AMORIM, Luiz Manuel do Eirado. **Diacronia edilícia: descrevendo transformações em fachadas históricas do Recife.** *Revista CPC*, São Paulo, n. 8, p. 64-81, 2009. Disponível em:

<https://revistas.usp.br/cpc/article/view/15640>. Acesso em: 6 set. 2025.

XIE, J.; WANG, Q.; TIAN, Y. **Efficient 2D and 3D Facade Segmentation using Auto-Context.** Preprint publicado no arXiv, 2016. Disponível em:

<https://arxiv.org/abs/1606.06437>. Acesso em: 9 abr. 2025.