



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

### **O USO DE DRONES NAS VISITAS TÉCNICAS EM ENGENHARIA CIVIL**

Ezequiel da Silva Mendes

Fernando Rodrigues Honorato Madoen

Prof. Luan Elias do Nascimento

#### **RESUMO**

Este artigo examina o papel dos drones nas inspeções de canteiros de obras e nas visitas técnicas das atividades da construção civil. A segurança no local de trabalho é uma preocupação fundamental, e as tecnologias emergentes oferecem novas abordagens para aprimorar os processos de inspeção. Os drones, com sua capacidade de voar e capturar imagens de áreas de difícil acesso, estão se tornando uma ferramenta valiosa para os engenheiros civis na identificação e mitigação de riscos. Esta revisão explora os benefícios, desafios e perspectivas futuras do uso de drones na realização de vistorias preventivas no segmento da engenharia civil, com base em uma análise crítica da literatura existente e estudo de caso.

**Palavras-chave:** Canteiro de obras. Construção Civil. Tecnologias.

#### **THE USE OF DRONES IN TECHNICAL VISITS IN CIVIL ENGINEERING**

#### **ABSTRACT**

This article examines the role of drones in construction site inspections and technical visits in civil engineering activities. Workplace safety is a major concern, and emerging technologies offer new approaches to improve inspection processes. Drones, with their ability to fly and capture images of hard-to-reach areas, are becoming a valuable tool for civil engineers in identifying and mitigating risks. This review explores the benefits, challenges, and future prospects of using drones for preventive inspections in the civil engineering sector, based on a critical analysis of existing literature and a case study.

**Keywords:** Construction site. Civil construction. Technologies.



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

### 1 INTRODUÇÃO

A atividade da construção civil tem sido impulsionada de forma significativa devido à alta demanda por infraestrutura e habitações nas áreas urbanas, sendo desta forma, um importante marcador de desenvolvimento econômico e social. Segundo Smith (2018), o segmento da construção civil é um vetor do crescimento urbano, refletindo tanto o investimento público quanto o privado na habitação e infraestrutura.

Ainda, segundo Mendes (2019), agindo como motor do crescimento urbano, a construção civil tem papel fundamental neste cenário. A demanda por novas infraestruturas e serviços urbanos leva ao impulsionamento do setor, gerando novos empreendimentos imobiliários e projetos de infraestrutura nas cidades, o que leva ao aumento da população urbana e à melhoria da qualidade de vida das comunidades. Por consequência, devido a este crescimento, surgem desafios com relação às questões da segurança dos profissionais nos canteiros de obras e a eficiência das inspeções nas construções.

De acordo com Souza (2018), a expansão urbana desordenada pode gerar algumas situações como degradação ambiental, gargalos no tráfego, maior poluição, exclusão social e marginalização de determinada parcela da população menos favorecida economicamente, bem como acentuado aumento de acidentes de trabalho no segmento da construção civil. Sendo assim, visando um desenvolvimento organizado e sustentável, deve-se considerar o planejamento e a prevenção, itens fundamentais para evitar os problemas mencionados.

O setor da construção civil possui altos índices de acidentes de trabalho, o que exige estratégias eficazes e medidas cautelares a fim de garantir a saúde e proteção dos trabalhadores bem como a eficiência das estruturas. Segundo informações de fontes oficiais como o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), este indica que o setor está entre as áreas com maior índice de acidentes de trabalho (TEM, 2020), o que reforça a necessidade de se implementar medidas de segurança mais eficazes.

Todas as estruturas de construção civil, desde simples residências e edifícios comerciais até pontes e barragens, têm um objetivo comum: servir aos usuários e executar com segurança as funções para as quais foram projetadas.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

É, portanto, importante garantir um bom estado de conservação e garantir o seu bom funcionamento e uso. Mesmo para edifícios já construídos e com sua vida útil já decorrida, pois afetam a vida das pessoas que os utilizam e a economia de um país ou região.

As inspeções de obras e seus canteiros atuam como atividades essenciais na prevenção de acidentes. De acordo com Almeida et al. (2015), uma inspeção bem executada permite identificar e corrigir os perigos em potencial no ambiente de trabalho. Incluindo assim o cumprimento das normas de segurança, avaliação das estruturas e a análise da adequação dos equipamentos utilizados.

A segurança do trabalho é uma preocupação primordial na indústria da construção civil. Acidentes no local de trabalho podem resultar em lesões graves ou até mesmo fatais para os trabalhadores, além de causar atrasos no cronograma e aumentar os custos para as empresas. Portanto, é imperativo que sejam implementadas medidas eficazes de inspeção e monitoramento para identificar e mitigar potenciais riscos de segurança.

Recentemente, os drones surgiram como uma ferramenta promissora na área de inspeção de canteiros de obras e na segurança do trabalho dentro da engenharia civil. Esses dispositivos aéreos não tripulados têm a capacidade de voar sobre áreas de difícil acesso e capturar imagens de alta resolução, proporcionando aos engenheiros uma visão detalhada do local de trabalho.

A realização de inspeções detalhadas regulares para garantir uma visão completa das obras e trabalhadores pode ser impraticável, especialmente onde o tamanho e a complexidade de determinadas estruturas, impossibilita a presença de um inspecionador, tornando impossível uma análise completa de todo o perímetro. A inspeção de tais áreas geralmente requer o uso de equipamentos onerosos e que podem representar um alto risco à segurança do usuário, tais como: guindastes, andaimes ou cordas simples. Devido aos riscos e custos associados a estes dispositivos adicionais, muitas vezes a inspeção visual só é realizada quando são identificadas numa fase avançada anomalias que possam afetar o bom funcionamento da estrutura. Se esta descoberta for atrasada, os custos de reparação serão elevados.

A utilização de drones nas inspeções vem aumentando significativamente, resultando em ganhos para os profissionais que fiscalizam obras. Os drones são dispositivos



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

extremamente versáteis, tornando tarefas que antes eram demoradas e perigosas, mais rápidas, seguras e muito mais eficientes do que os dispositivos tradicionalmente usados para apoiar inspeções visuais e possui recursos e tecnologia para operar com baixo custo.

Diversos estudos aplicados ao uso de drones demonstram o potencial desta ferramenta em diferentes tipos de aplicações dentro da construção civil, sendo nas inspeções visuais e fiscalização de canteiros de obras, uma alternativa viável e promissora.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Apesar do setor da construção civil figurar como os principais lugares da indústria de serviços e processos tradicionais, resistentes a mudanças (Mattos, 2018), o emprego de drones em várias áreas da engenharia civil ganha espaço, tornando-se um importante aliado. Dentre os benefícios proporcionados, percebe-se a redução de custos, mais agilidade e maior segurança aos trabalhadores por não precisarem se arriscar em locais de difícil acesso.

De acordo com JAVAD SHAHMORADI (2020), os drones têm demonstrado utilidade na indústria mineira, controlando operações, mapeando áreas de escavação em 3D para calcular volumes e áreas, tarefas anteriormente realizadas por equipamentos topográficos.

Já QUENTIN F. M. DUPONT (2017) destaca a conexão entre as práticas atuais em diferentes fases do ciclo de vida de uma construção e o potencial dos drones em atender às necessidades dos usuários em cada uma dessas etapas, como monitoramento do progresso da construção, inspeção de materiais e equipamentos, garantia das condições de segurança, entre outras

Além disso, eles concluíram que os drones podem ser ferramentas cruciais para trabalhos de reabilitação quando integrados ao BIM (Building Information Modeling), uma conclusão também de GABRIEL SOUSA (2017) em sua dissertação sobre o uso do BIM para gestão de pontes, na qual ele utilizou drones para criar modelos digitais de pontes. No contexto específico da inspeção de construções, JUNWON SEO, LUIS DUQUE E JIM WACKER (2018) desenvolveram um protocolo para a inspeção visual de pontes com drones. Ao aplicar o protocolo a um estudo de caso, eles observaram que o uso de drones na inspeção



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

de pontes permite capturar imagens de alta qualidade, identificando anomalias que poderiam passar despercebidas ao olho humano, como pequenas fissuras.

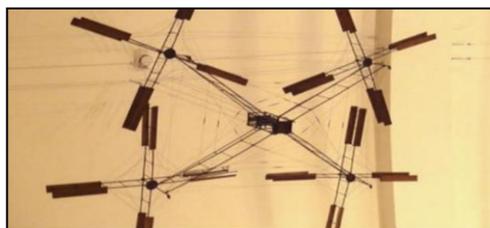
ANNA E SEBASTIAN BANASZEK E ANNA CELLMER (2017), estudaram sobre as aplicações potenciais dos drones na inspeção técnica de construções. Sua conclusão ressalta que os drones oferecem uma opção economicamente viável em comparação aos métodos tradicionais de medição e inspeção. Adicionalmente, enfatizam as vantagens dos drones na coleta de dados, permitindo a inspeção de áreas de difícil alcance ou que apresentem riscos para os trabalhadores humanos.

#### 2.1 HISTÓRIA DO DRONE

Apesar de serem frequentemente associados à inovação do século XXI, os drones têm uma história que remonta ao início do século XX, quase simultaneamente ao surgimento inicial da aviação pelos irmãos Wright. Como é comum com muitos avanços tecnológicos, sua evolução teve origem principalmente no âmbito militar, antes de se expandir para usos comerciais e civis. Embora o emprego dos drones tenha se popularizado após as duas guerras mundiais, os primeiros protótipos datam já de 1907.

Na figura 1, temos a imagem do primeiro drone, o qual foi desenvolvido pelos irmãos inventores Jacques e Louis Bréguet. Essa tecnologia permitiu que a aeronave realizasse seu voo inaugural a uma altura de apenas meio metro do solo, embora tenha sido necessária a assistência de cerca de quatro operadores para estabilizá-la. Em 1916, o Ruston Proctor Aerial Target entrou para a história como o primeiro drone. Baseado na tecnologia de Nikola Tesla, era uma espaçonave não tripulada operada por rádio, projetada para funcionar como uma bomba voadora.

Figura 1: Drone de Ruston Proctor Aerial Target



Fonte: Wall Street Journal, primeiro drone

O desenvolvimento do MQ-1 Predator pela empresa americana General Atomics marcou um avanço significativo. Este tornou-se o primeiro drone a utilizar o Sistema de Posicionamento Global (GPS), substituindo métodos pré-programados ou de linha de visão, o que aumentou consideravelmente seu potencial e confiabilidade de voo, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Drone MQ1 PREDATOR



Fonte: Wall Street Journal. Drone MQ1 Predator (utilizado no Afeganistão em 1995 em reconhecimento)

Com o avanço da tecnologia, especialmente no século XXI, impulsionado por inovações em computação e novas tecnologias, surgiram diversos drones com características iniciais para fins militares. Posteriormente, esses dispositivos abriram grandes oportunidades para aplicações civis, trazendo benefícios sociais, econômicos e preventivos contra acidentes de colaboradores em diversos setores empresariais.

## 2.2 HISTÓRIA MODERNA DOS DRONES COMERCIAIS

A introdução do uso não militar de drones teve início em 2006, conforme relatado pelo Wall Street Journal. Inicialmente, agências governamentais adotaram esses dispositivos para auxiliar em atividades como assistência em desastres, monitoramento de fronteiras e combate a incêndios florestais. Paralelamente, empresas passaram a utilizar drones para realizar inspeções em oleodutos e aplicar pesticidas em fazendas.

À medida que a tecnologia de drones avançava no âmbito militar, suas melhorias tecnológicas também encontravam aplicações no setor privado. Surpreendentemente, o uso



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

recreativo de drones só ganhou destaque recentemente, experimentando um crescimento explosivo. Isso se deve, em parte, à necessidade de convencer a Administração Federal de Aviação (FAA) dos Estados Unidos da América a respeito da segurança dos drones comerciais e estabelecer regulamentações adequadas.

Em 2006, a FAA emitiu sua primeira licença comercial para drones e, nos oito anos seguintes, concedeu apenas duas licenças por ano, atendendo à demanda existente. No entanto, em 2013, o CEO da Amazon, Jeff Bezos, anunciou planos da empresa para o uso de drones na entrega de produtos, despertando um interesse público renovado pelo tema. A partir de 2015, o número de licenças emitidas pela FAA cresceu significativamente, ultrapassando 1.000 em 2015 e mais que triplicando para 3.100 em 2016, tendência que continuou nos anos seguintes.

Hoje o drone tornou-se um dos serviços de mais ascensão no mercado, levando as empresas a prosperarem com qualidade e menos desperdícios de materiais ou mão de obra qualificada.

No Brasil, a adoção crescente de drones está se tornando cada vez mais evidente em setores como segurança pública, engenharia, logística, agronomia, entre outros.

De acordo com a Aero Engenharia, o surgimento e adoção dos drones se deu a partir de 2010, e seu uso foi regulamentado no ano de 2017. Ainda conforme a Aero, em maio de 2017, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) ratificou o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94), delineando as diretrizes para a operação civil de aeronaves controladas remotamente, comumente referidas como drones. Esta medida foi crucial para estabelecer padrões de segurança e orientações para a utilização dos drones dentro do espaço aéreo do Brasil.

Na segurança pública, os drones fortalecem operações da Guarda Civil Metropolitana e Defesa Civil, vigilando áreas de risco, detectando invasões ambientais e controlando concentrações de pessoas, além de combater criminalidade.

Em engenharias, os drones inspecionam obras e realizam atividades perigosas para trabalhadores. Diante disso, o presente trabalho busca destacar a importância do uso desta tecnologia para minimizar acidentes de trabalho e garantir segurança para os envolvidos, especialmente em áreas de risco.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Outro fato importante de salientar é o uso de drones na prevenção e fiscalização de obras, tornando o trabalho mais seguro e trazendo mais qualidade, desde a primeira visita técnica até a conclusão e manutenção da obra. Desde o início de uma obra o engenheiro responsável projeta todos os passos em seu planejamento e projetos, para que o desempenho não decaia, mas tenha profícuo objetivo de chegar a melhor qualidade da obra, tornando assim seu trabalho renomado, adquirindo novos clientes, colaborando com a sociedade e transformando a vida as pessoas.

Um dos fatores cruciais na qualidade de uma obra é o de responsabilidade técnica como apresenta LEI N° 6.496, DE 07 DE DEZEMBRO DE 1977, que estabelece a necessidade de todos os contratos referentes à execução de serviços ou obras de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia ou Meteorologia serem objeto de anotação no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). A lei apresenta:

Institui a “Anotação de Responsabilidade Técnica” na prestação de serviços de Engenharia, de Arquitetura e Agronomia, autoriza a criação, pelo Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA, de uma mútua de assistência profissional, e dá outras providências. (BRASIL,1977)

Sendo assim, a construção deve ser prevista e acompanhada a todo o tempo, para que os colaboradores não criem alternativas não convencionais no cotidiano de obras, desvinculando, assim, as características e propostas do projeto, o qual teve um estudo programado e cálculos revisados para cada característica empregada.

Nesse contexto, surge a necessidade de empregar drones como fiscais de obras, permitindo que o engenheiro responsável inspecione áreas de difícil acesso, mesmo remotamente.

Como cita RAIANE OLIVEIRA (2023), embora seja indesejável qualquer tipo de acidente, um incidente envolvendo um drone pode causar menos danos do que com uma pessoa. Afinal, drones podem ser substituídos, enquanto a segurança e o bem-estar humano são inestimáveis.

A utilização de drones reduz a exposição de trabalhadores a ambientes perigosos. Em vez de enviar equipes humanas para inspeções arriscadas, os drones podem realizar o trabalho com segurança, evitando acidentes e incidentes graves. PIX FORCE, RAIANE OLIVEIRA (2023)

Esta nova tecnologia, que antes era somente empregada em características militares, começou a transformar o mundo, trazendo mais qualidade e reduzindo, assim, também os



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

acidentes de trabalho. AZENHA E COSTA (2024) observam que o uso de drones em uma obra tende a moderar e com isto reduzir custos nas obras civis.

Atualmente, o mundo está inserido na chamada quarta revolução industrial (Indústria 4.0) que tem vindo a alterar o paradigma de inúmeros setores, incluindo o da construção, graças à adoção de novas tecnologias como a robótica, impressão 3D, big data, sensores, realidade estendida (virtual, aumentada e mista), entre outros [1]. Neste "novo" mundo, também as aeronaves não tripuladas (vulgarmente conhecidas como "drones") têm ganho popularidade para variadas aplicações, fruto da sua flexibilidade e custos moderados [2]. (AZENHA; COSTA, 2024, p. 470)

Outrossim, em segurança e em custos tendem a diminuir, como por exemplo, na construção de lajes e pavimentos residenciais, prédios, pontes ou em viadutos, limitando os profissionais que precisarão subir entre as ferragens. Assim, será possível, por exemplo, realizar uma vistoria com maior segurança. Através do drone, um profissional treinado pode seguir fazendo uma varredura, por meio de vídeos, fotos etc, e saber como o local se encontra.

Desse modo, caso o engenheiro tenha alguma dúvida com relação ao serviço, pode criar uma videoconferência através das imagens em tempo real, e discutir a respeito com os profissionais do canteiro de obras, ou até mesmo, caso seja necessário, poderá realizar uma interação entre arquitetos e engenheiros para fornecer feedback e refletir sobre a construção, especialmente em caso de imprevistos.

#### 2.3 USO DE DRONES NO BRASIL

No Brasil, uma das empresas a utilizar os drones é a Construtora Norberto Odebrecht (CNO), uma das principais empresas do ramo da construção no Brasil. Além de monitorar o avanço das obras, esses dispositivos são utilizados para realizar inspeções de segurança no trabalho, identificando possíveis riscos e assegurando a conformidade com as normas de segurança.

Diversas universidades brasileiras e instituições de pesquisa têm investigado o uso de drones na engenharia civil e na segurança do trabalho. Por exemplo, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) têm conduzido estudos sobre a utilização desses equipamentos para inspeções de segurança em locais de construção.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Algumas empresas de consultoria em segurança do trabalho também têm adotado o uso de drones em seus serviços. Elas oferecem inspeções de segurança utilizando drones, fornecendo relatórios detalhados sobre potenciais riscos e medidas preventivas.

Embora o uso de drones na segurança do trabalho na construção civil brasileira ainda não seja amplamente difundido como em outros países, há sinais de que essa tecnologia está sendo adotada por empresas e instituições nacionais. Além disso, seu potencial para melhorar a segurança no local de trabalho está sendo reconhecido e explorado.

O uso de drones na construção civil tem se tornado cada vez mais comum devido aos diversos benefícios que oferecem. Aqui estão algumas maneiras pelas quais os drones são utilizados na construção civil:

**Monitoramento do progresso da obra:** Os drones podem ser equipados com câmeras de alta resolução e sensores para realizar monitoramento aéreo do local de construção. Isso permite que os gerentes de projeto visualizem o progresso da obra de maneira rápida e precisa, identificando potenciais atrasos ou problemas.

**Inspeções de segurança:** Os drones são utilizados para realizar inspeções de segurança em locais de difícil acesso ou perigosos para os trabalhadores. Eles podem fornecer imagens detalhadas de áreas de difícil acesso, como telhados, estruturas elevadas e áreas de escavação.

**Mapeamento e levantamento topográfico:** Os drones podem ser usados para criar modelos 3D detalhados do terreno antes e durante a construção. Isso ajuda os engenheiros a planejar com precisão o layout da obra, identificar problemas potenciais e otimizar o uso de recursos.

**Controle de estoque e logística:** Os drones podem ser empregados para realizar contagens de estoque e monitoramento de materiais em grandes locais de construção. Isso ajuda a garantir que os materiais certos estejam disponíveis no momento certo e a evitar desperdícios.

**Marketing e visualização de projetos:** Os drones podem capturar imagens aéreas e vídeos de alta qualidade que podem ser usados para promover projetos de construção e mostrar o progresso da obra aos clientes e investidores.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Globalmente, o uso de drones na construção civil está em ascensão devido à sua capacidade de melhorar a eficiência, segurança e precisão dos projetos de construção.

É importante destacar que as empresas estão cada vez mais focadas em estudos e treinamentos com drones para aprimorar sua eficiência nas operações. Um exemplo disso pode ser visto na revista eletrônica Grandes Construções, que demonstra como os drones viabilizam a construção, reduzindo tempo de projeto e obra. Além disso, eles fornecem dados específicos para cada terreno topográfico e demanda de construção.

Os trabalhos de inspeção, que costumam demorar semanas, agora serão realizados em apenas alguns dias. O mapeamento da área a ser construída é outro processo da construção que pode se apropriar de análises dos drones, através de modelos em 3D ou simulações em realidade virtual gerados pelas imagens aéreas. (Revista GRANDES CONSTRUÇÕES, 2018)

A revista Grandes Construções descreve a eficiência dos drones com relação ao seu emprego nas tarefas e áreas de inspeções das construções civis, uma revista voltada para uma ampla gama de tópicos relacionados à indústria, incluindo novos projetos de construção, tecnologias inovadoras, tendências de mercado, legislação e regulamentação, entre outros assuntos pertinentes ao setor.

#### 2.4 USO DE DRONES COM A PLATAFORMA BIM (Building Information Modeling)

A integração entre plataformas BIM (Building Information Modeling) e o uso de drones na construção civil oferece uma série de benefícios para os projetos de construção. Aqui estão algumas maneiras pelas quais essas tecnologias podem se complementar:

**2.4.1 Captura de Dados:** Os drones podem ser usados para capturar dados aéreos do local da obra, incluindo imagens de alta resolução e dados de levantamento topográfico. Esses dados podem ser integrados às plataformas BIM para criar modelos 3D detalhados do terreno e das estruturas existentes, fornecendo uma base precisa para o planejamento do projeto.

**2.4.2 Monitoramento de Obras:** Os drones podem sobrevoar o local da obra regularmente para capturar imagens atualizadas do progresso da construção. Essas imagens podem ser integradas aos modelos BIM para fornecer uma visão em tempo real do status do projeto, permitindo que os gerentes de projeto identifiquem problemas, façam ajustes e tomem decisões informadas de forma mais eficiente.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

**2.4.3 Inspeção de Estruturas:** Os drones podem ser equipados com câmeras e sensores especializados para realizar inspeções visuais de estruturas, como pontes, viadutos e edifícios. As imagens e os dados coletados podem ser integrados aos modelos BIM para identificar danos, fissuras ou outras irregularidades, facilitando o planejamento de manutenção e reparos.

**2.4.4 Segurança no Trabalho:** Os drones podem ser usados para realizar inspeções de segurança no local da obra, identificando potenciais riscos para os trabalhadores, como quedas de altura, equipamentos perigosos ou áreas de acesso restrito. As imagens e os dados coletados podem ser integrados aos modelos BIM para ajudar na identificação e mitigação de riscos.

Em resumo, a integração entre plataformas BIM e drones na construção civil oferece uma solução inovadora para coletar, analisar e visualizar dados em projetos de construção, aumentando significativamente a eficiência, precisão e segurança do processo.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como forma de alcançar os objetivos propostos neste trabalho, utilizou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica, pois, de acordo com Boaventura (2009, p.56), “É a investigação que procura aumentar o conhecimento sobre o homem, a natureza e a própria humanidade.” Desta forma, a pesquisa visa ampliar o conhecimento que se tem do mundo como um todo. Silva (2005, p. 20) explana que a pesquisa básica “Objetiva produzir conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação da prática prevista,” ou seja, é possível correlacionar eventos sem a necessidade de se aplicar na prática.

Quanto aos seus objetivos, esta pesquisa é classificada como exploratória, com estudo de caso. Segundo Gil (2002, p. 41), a pesquisa exploratória tem como objetivo “Proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”. Além disso, essas pesquisas visam o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.

Esta pesquisa sobre utilização de drones em inspeções e fiscalizações na construção civil foi realizada por meio da busca e análise crítica de fontes de informações relevantes



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

publicadas na última década. Foram consultadas bases de dados acadêmicos, repositórios digitais e periódicos científicos especializados em engenharia civil e tecnologia da construção.

Desta forma, a pesquisa permitiu contribuir para uma compreensão mais ampla da importância do uso de drones na construção civil, vislumbrando sua importância como ferramenta inovadora, permitindo ganhos na segurança e agilidade nos processos executivos de inspeções e fiscalizações de estruturas e obras, bem como promover práticas sustentáveis na indústria da construção. Após a coleta das fontes, conduziu-se a síntese das informações, buscando verificar os principais pontos fortes, tendências e contribuições relacionadas à aplicação desta tecnologia em canteiros de obras.

#### 3.1 ACIDENTE DE TRABALHO

São considerados acidentes do trabalho, situações atípicas e não previstas, que causem danos ao colaborador, podendo ser um afastamento temporário, a perda e/ou redução de sua capacidade para desenvolver suas atividades laborais. (BARSANO; BARBOSA, 2018) O acidente de trabalho gera muito sofrimento, tanto para o trabalhador quanto para a sua família, o impacto causado reflete em todas as esferas, seja social, ambiental, econômica e política. (MATTOS, et al; 2011)

A Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, que dispõe sobre Planos de Benefícios e Previdência Social, define em seu artigo 19:

[...] acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou a perda ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho. (BARSANO; BARBOSA, 2018, p. 62)

Caracterizam-se também como acidente do trabalho: os acidentes que acontecem durante o trajeto de casa até a empresa e no retorno do trabalhador até a residência; a doença relacionada à execução da atividade e a doença do trabalho adquirida em função das condições em que ele é realizado. (WACHOWICZ, 2007)

Verri (2015; p.55) ressalta que ressalta que o termo acidente “Representa um acontecimento casual que resulta em: ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína, desastre e dependente das circunstâncias.” Além disso, o autor afirma que “Acidente é um evento de fatores gerados ao acaso ou por meio de causas indutoras”. Diante destas



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

afirmativas é possível levar em consideração que todo o acidente ocorrido teve uma causa que o originou, podendo ser de natureza conhecida ou desconhecida.

Como forma de controle e para fins estatísticos, ao se deparar com um acidente de trabalho, sendo estes com ou sem afastamento, a empresa deverá emitir a Comunicação de Acidente do Trabalho. (BARSANO; BARBOSA, 2018)

A Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, afirma em seus artigos 22 e 23:

[...] comunicar o acidente de trabalho à Previdência Social até o 1º (primeiro) dia útil seguinte ao da ocorrência e, em caso de morte, de imediato a autoridade competente, sob pena de multa variável entre o limite mínimo e o limite máximo do salário de contribuição, sucessivamente aumentado nas reincidências, aplicada e cobrada pela Previdência Social. (BRASIL, 1991, art. 22-23).

Diante de um acidente de trabalho, deve ser registrada a Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). As informações registradas são compiladas no banco de dados da Previdência Social e utilizadas para elaborar o Anuário Estatístico da Previdência Social. (CORREA; ASSUNÇÃO, 2003) Dessa forma, pode-se considerar a CAT como um documento de extrema importância, pois fornece informações minuciosas sobre o acidente de trabalho e possibilita uma visão tabulada dos acidentes que ocorrem no Brasil.

#### 3.2 ACIDENTE DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Oliveira (2019), acidentes de trabalho na construção civil denotam uma profunda preocupação, devido ao seu alto índice de contribuição para os registros gerais de acidentes no Brasil. Quedas de nível, choques elétricos e quedas de objetos figuram entre as principais ocorrências, causando frequentemente lesões graves e até mesmo ocasionando fatalidades.

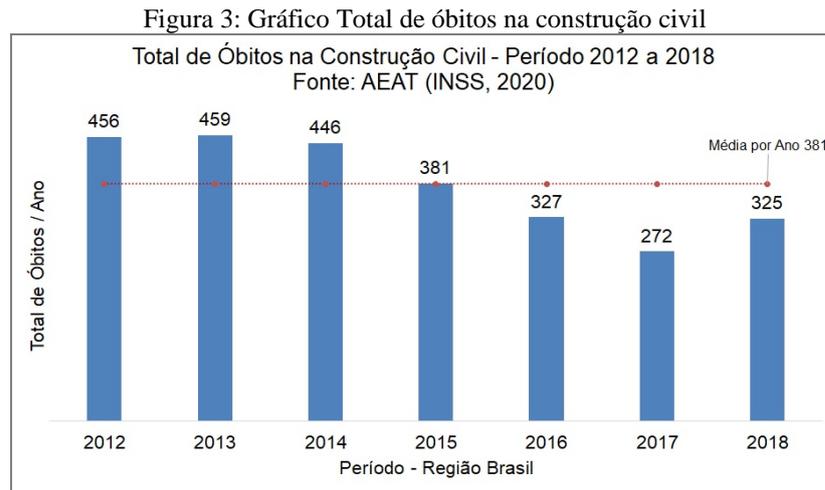
Conforme dados coletados junto ao Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (SmartLab), no período compreendido entre os anos de 2012 e 2018, registrou-se mais de 4,4 milhões de acidentes relacionados ao trabalho no Brasil, e destes, 97 mil ocorreram no setor da Construção Civil. A situação apresenta maior gravidade quando se analisa o número de óbitos ocasionados pelos acidentes do trabalho no mesmo período, totalizando mais de 31,9 mil acidentes no país, dos quais 2.666 óbitos ocorreram na



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Construção Civil, resultando em uma média de 381 acidentes de trabalhos fatais (Teodoro, 2020).

Conforme podemos verificar na figura 3, o gráfico explicativo, ilustra os fatos acima mencionados pelo autor.



Fonte: AEAT (INSS, 2020)

De acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT), no ano de 2017 ocorreram 12.651 casos de colaboradores que não voltaram ou voltaram com limitações às suas atividades laborativas, sendo 1.000 destas ocorrências dentro do setor da Construção Civil. Ao verificar dados do INSS (2017), as ocorrências de queda de nível ocasionaram o registro de 37.057 registros de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), sendo 161 desses casos, culminando em óbitos. Embora sejam consideradas ocorrências comuns em diversos setores, elas ocorrem com mais frequência nos canteiros de obras.

Para Teodoro (2020), os acidentes do tipo queda de nível são os que resultam em mais fatalidades e decorrem de diversas causas como: Falta de Sinalização de Segurança conforme normas de segurança; Desuso de medidas de proteção coletiva (APR); Falta de EPI's ou uso incorreto; Inaptidão física dos trabalhadores (fatores como cansaço, sonolência, uso de medicamentos, problemas pessoais e psicológicos, etc); Gerenciamento inadequado do ambiente de trabalho (layout).

Visando a redução destes tipos de acidentes, é fundamental que as organizações adotem uma abordagem preventiva. Conforme explicam Silva e Santos (2018), investir em prevenção de acidentes por meio de capacitação contínua, treinamentos e disponibilização de equipamentos de proteção individuais (EPIs) adequados é essencial.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O não cumprimento destas práticas aumenta a probabilidade de acidentes e também resulta em menor produtividade e má reputação da empresa. Segundo Gonçalves e Almeida (2019), a conscientização dos colaboradores é fundamental. É essencial que os trabalhadores compreendam os riscos inerentes ao trabalho no segmento da construção civil, bem como a necessidade de cumprir as normas de segurança e utilizar corretamente os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs).

#### 3.3 INSPEÇÕES E FISCALIZAÇÕES DE SEGURANÇA

As inspeções de estrutura têm como objetivo observar e manter seguras as condições de construção e desempenho, além de verificar o cumprimento das normas de segurança. Além disso, é possível identificar manifestações patológicas, fornecendo subsídios para intervenções de reparos e manutenção.

Segundo Gomide et al. (2006), o propósito das técnicas de inspeção é detectar falhas, anomalias ou patologias decorrentes do uso, operação ou manutenção que possam afetar a vida útil de uma estrutura.

Dentre as técnicas utilizadas para inspecionar edifícios, a inspeção visual se caracteriza pela identificação de problemas por meio da observação. Lichtenstein (1985) destaca que, para utilizar essa técnica, é fundamental que o pesquisador utilize os cinco sentidos, aliados aos equipamentos disponíveis. Para ele, os equipamentos, quando bem utilizados, funcionam como uma extensão da capacidade do técnico de compreender a realidade.

Entre as ferramentas que auxiliam nas inspeções, destaca-se recentemente a aplicação dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também conhecidos como drones. A grande altura de fachadas apresenta difícil acesso nas estruturas, exigindo auxílio de equipamentos para realização das inspeções e da manutenção, como andaimes, cintos paraquedistas, guindastes e outros instrumentos.

Segundo Guia et al. (2016), a tecnologia de drones mostra-se como uma possibilidade de ser utilizada com sucesso nas fiscalizações e inspeções das estruturas, devido à sua capacidade de deslocamento em todas as direções e à possibilidade de carregar câmeras



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

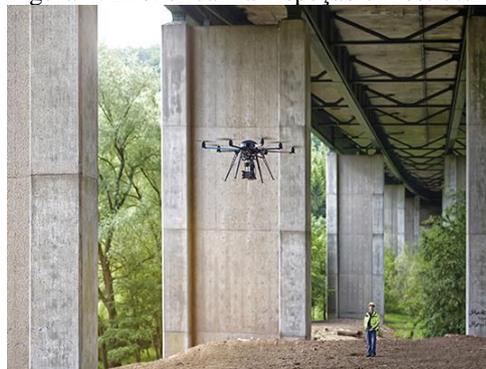
fotográficas. Embora recente, esta tecnologia já conta com diversos estudos aplicados ao segmento de inspeção de estruturas na construção civil. Por exemplo: Eschmann et al. (2012) estudaram os processos e etapas envolvidas na inspeção de fachadas auxiliada por VANTs; Kaamin et al. (2017) realizaram inspeções com VANTs em edifícios históricos; Guia et al. (2016) exploraram o uso da robótica móvel na inspeção de fachadas, analisando soluções para determinar métodos eficazes; Yasin et al. (2016) investigaram as potencialidades e limitações da aplicação de drones como ferramenta de inspeção de fachadas

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), comumente conhecidos como drones, proporcionam uma série de benefícios significativos para a inspeção de segurança do trabalho na engenharia civil. Primeiramente, a capacidade dos drones de acessar áreas de difícil alcance, como telhados, estruturas elevadas e locais potencialmente perigosos, possibilita uma avaliação minuciosa do ambiente laboral sem expor os trabalhadores a riscos desnecessários.

Além disso, os drones possuem a habilidade de capturar imagens de alta resolução e vídeos em tempo real, fornecendo aos engenheiros uma visão detalhada das condições do local de trabalho. Essa capacidade facilita a identificação de potenciais riscos, como áreas instáveis, vazamentos de substâncias químicas e obstruções no ambiente de trabalho.

Outro aspecto positivo dos drones é a sua eficiência na realização de inspeções. Em contraste com as inspeções manuais, que podem ser demoradas e exigir a mobilização de equipamentos pesados, os drones podem ser rapidamente implantados e realizar varreduras completas do local de trabalho em questão de minutos.

Figura 4: Drone realiza inspeção em estrutura



Fonte: crea-se 2024



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Em contrapartida, o uso de drones nas inspeções de segurança do trabalho e fiscalizações em engenharia civil também apresenta desafios e entraves. Um dos principais desafios é a regulamentação normativa em torno do uso de drones, pois em muitos locais ainda há restrições quanto ao seu uso comercial, especialmente em áreas urbanas e próximas a aeroportos.

Além disso, embora a eficiência e operacionalidade dos drones estejam em constante evolução, ainda existem limitações em termos de autonomia da bateria, estabilidade de voo e qualidade das imagens. No entanto, essas limitações têm melhorado significativamente, o que resulta em uma maior eficácia das inspeções. Contudo, isso exigiria maiores investimentos em equipamentos e treinamento de pessoal.

Apesar desses desafios, parece-nos certo que o futuro das inspeções e fiscalizações de estruturas e segurança do trabalho na engenharia civil será marcado pelo uso de tecnologias autônomas. Com o avanço da tecnologia, espera-se que os drones se tornem mais eficientes e acessíveis, tornando-se uma ferramenta padrão na caixa de ferramentas de engenheiros civis.

Além disso, o desenvolvimento de algoritmos de análise de imagem e inteligência artificial pode aprimorar ainda mais a capacidade dos drones de identificar e relatar automaticamente potenciais riscos de segurança. Isso não apenas agilizará o processo de inspeção, mas também garantirá uma resposta mais rápida e eficaz em situações de emergência."

#### 3.4 REALIZAÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS

Diante da revisão da literatura e das informações levantadas, buscou-se evidenciar as vantagens do uso de drones nas tarefas tradicionais de mapeamento, inspeção de segurança e monitoramento de obras, destacando melhorias nos quesitos segurança, eficiência, agilidade e redução de custos.

Os drones oferecem uma visão detalhada das estruturas, permitindo a identificação precoce de problemas e a correção proativa, o que resulta em melhoras nos índices de acidentes e na detecção de patologias.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Para mensurar esses resultados, realizaram-se fiscalizações com voos controlados de drones comerciais sobre dois canteiros de obras, com o objetivo de identificar patologias e verificar o cumprimento das normas de segurança, conforme consta no Anexo I.

A fiscalização de obras civis no Brasil é orientada por um complexo arcabouço de leis, regulamentos e normas técnicas, que estabelecem os padrões de segurança, qualidade, desempenho e conformidade ambiental para construções.

Esses dispositivos legais e regulatórios são essenciais para direcionar os processos de fiscalização, assegurando que as obras sejam realizadas de acordo com os requisitos estipulados e com o menor impacto negativo possível no meio ambiente e na sociedade. Entre as principais legislações que orientam a fiscalização de obras no país, destacam-se:

#### 3.4.1 Legislação Profissional - Lei nº 5.194/66:

Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro Agrônomo, incluindo a responsabilidade técnica sobre obras e serviços.

#### 3.4.2 Licitações e Contratos Públicos - Lei nº 8.666/93:

Estabelece normas para licitações e contratos da Administração Pública, sendo crucial para a fiscalização de obras públicas ao definir os procedimentos para contratação de serviços e execução de obras.

#### 3.4.3 Código de Obras e Edificações:

Presente na legislação de cada município, este código define os requisitos de construção e segurança que devem ser seguidos nas obras locais.

#### 3.4.4 Normas Técnicas da ABNT:

Conjunto de diretrizes técnicas que especificam as melhores práticas para a execução de obras, abrangendo materiais de construção, procedimentos de segurança e qualidade estrutural.

O uso de drones no Brasil para a realização de inspeções em obras civis é regulamentado por três órgãos principais: a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Cada uma dessas instituições possui normas específicas que precisam ser seguidas para garantir a segurança, legalidade e operação eficiente dos drones.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

A seguir, estão as principais regulamentações que envolvem o uso de drones em inspeções civis:

#### 3.4.5 Regulamentação da ANAC (RBAC-E nº 94)

A ANAC regula a operação de drones no Brasil por meio do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94), que define as normas para operação de aeronaves remotamente pilotadas (RPAs), que incluem os drones. As principais regras estabelecidas são:

3.4.5.1 Classificação dos drones: Os drones são classificados em três categorias, conforme o peso máximo de decolagem:

3.4.5.1.1 Classe 1: Drones com peso superior a 150 kg. Necessitam de certificado de aeronavegabilidade e são tratados de forma semelhante a aeronaves tripuladas.

3.4.5.1.2 Classe 2: Drones com peso entre 25 kg e 150 kg. Exigem registro junto à ANAC e podem precisar de autorização específica para voar.

3.4.5.1.3 Classe 3: Drones com peso inferior a 25 kg. Não precisam de autorização para voos em áreas segregadas, mas exigem registro se usados para fins comerciais, como inspeções.

#### 3.4.5.2 Registro e cadastro:

Drones com peso superior a 250 gramas, ou que sejam usados para fins comerciais (como inspeções de obras civis), devem ser registrados na ANAC através do sistema SISANT.

#### 3.4.5.3 Limites de operação:

3.4.5.3.1 Drones não podem voar a uma altura superior a 120 metros (400 pés) sem autorização.

3.4.5.3.2 É necessário manter uma distância mínima de 30 metros de pessoas não envolvidas na operação do drone, exceto se houver consentimento dessas pessoas ou se medidas de segurança forem adotadas (ex: cercas ou barreiras).

3.4.5.3.3 Voos sobre áreas urbanas, como em obras civis em cidades, só podem ser realizados com drones de classe 3 (menos de 25 kg) e com as devidas autorizações.

#### 3.4.5.4 Seguro obrigatório:

Para drones que pesam acima de 250 gramas e que são usados para fins comerciais, a contratação de um seguro contra danos a terceiros é obrigatória.

#### 3.4.6 Regulamentação do DECEA



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

O DECEA é responsável pelo controle do espaço aéreo no Brasil e estabelece regras para a operação de drones em áreas controladas. Para realizar inspeções com drones em áreas próximas a aeroportos ou em zonas urbanas densamente povoadas, é necessário seguir as seguintes normas:

3.4.6.1 Autorização de voo: Para operar drones em áreas controladas ou com risco de interferência no espaço aéreo, é necessário solicitar autorização ao DECEA por meio do sistema SARPAS (Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAS). Essa autorização permite o uso seguro do espaço aéreo e garante que a operação não interfere no tráfego de aeronaves tripuladas.

3.4.6.2 Zonas proibidas: Não é permitido operar drones em áreas próximas a aeroportos (dentro de um raio de 5 km), em zonas de segurança (como presídios, instalações militares, etc.), ou sobre aglomerações de pessoas, sem uma autorização especial.

#### 3.4.7 Regulamentação da ANATEL

A ANATEL regulamenta o uso das frequências de radiofrequência utilizadas para a operação de drones, que incluem o controle remoto e a transmissão de imagens e dados:

3.4.7.1 Homologação: Todos os drones operados no Brasil precisam ser homologados pela ANATEL. Isso significa que os equipamentos devem seguir padrões técnicos que garantam que suas frequências de comunicação não causem interferências com outros sistemas de telecomunicação.

3.4.7.2 Equipamentos de transmissão: Os drones utilizados para inspeções, que frequentemente transmitem imagens em tempo real, precisam utilizar equipamentos dentro das faixas de frequência liberadas pela ANATEL.

#### 3.4.8 Regras de Segurança e Operação

Além das regulamentações específicas da ANAC, DECEA e ANATEL, existem regras de segurança adicionais que devem ser seguidas:

3.4.8.1 Operação em linha de visada (VLOS): O operador do drone deve manter o equipamento sempre dentro do seu campo de visão direta, salvo quando autorizado pela ANAC para operar em BVLOS (voo além da linha de visão), o que pode ser necessário em algumas obras de grande escala.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

3.4.8.2 Piloto remoto qualificado: Para a operação de drones usados em atividades comerciais, o piloto remoto deve ser devidamente treinado e qualificado. O operador deve seguir todos os procedimentos de segurança e estar familiarizado com as legislações vigentes.

O não cumprimento das regulamentações impostas pela ANAC, DECEA ou ANATEL pode resultar em multas, apreensão do drone e, em casos mais graves, até em sanções criminais. Por isso, é fundamental que as empresas que utilizam drones para inspeções em obras civis sigam rigorosamente todas as normas aplicáveis.

Utilizando drones, realizou-se inspeção e fiscalização nos três canteiros de obras. Os voos permitiram averiguar o acompanhamento das etapas da construção; fiscalizar o cumprimento das normas de segurança pelos colaboradores; verificar a correta execução do projeto; avaliar o desempenho e eficiência operativa da equipe por meio da análise de imagens em tempo real e pesquisar patologias nas edificações.

Este processo demonstrou as vantagens do uso do equipamento proposto e suas funcionalidades, reduzindo tempo, custo e riscos associados à atividade executada em ambientes perigosos. Além disso, substituiu equipamentos e processos complexos por inspeção via drone.

Dessa forma, evitou-se a exposição de colaboradores a riscos, reduzindo as possibilidades de acidentes de trabalho relacionados a atividades em altura ou ambientes perigosos.

Os resultados alcançados demonstram a eficiência do uso do equipamento nas atividades de inspeção e fiscalização de obras de construção civil, conforme apresentado neste trabalho e no relatório de vistoria.

A escolha do drone adequado para esse tipo de aplicação depende de diversos fatores, como o tipo de obra a ser inspecionada, a extensão da área, o nível de detalhe necessário e as condições ambientais. De modo geral, drones equipados com câmeras de alta resolução e sensores adicionais, como LIDAR ou câmeras térmicas, são os mais indicados. Modelos como o DJI Phantom 4 RTK, que possuem precisão de posicionamento e câmeras com alta resolução, ou o Matrice 300 RTK, que permite o uso de múltiplos sensores, são boas opções para inspeções detalhadas e com alta precisão. Outro modelo relevante é o Parrot Anafi USA,

que também oferece alta qualidade de imagem e robustez para condições adversas. O modelo utilizado nas nossas vistorias foi o equipamento demonstrado na figura 5.

Figura 5: Modelo de drone utilizado na vistoria



Fonte: Site oficial DJI 2024

O Mini Drone DJI Mini 4 Pro é um dispositivo leve, pesa aproximadamente 249 gramas, o que o torna prático e fácil de transportar. Quando dobrado, suas dimensões são de 148 x 84 x 65 mm, expandindo para 370 x 290 x 65 mm com as hélices abertas. Apesar do tamanho compacto, o drone oferece uma performance de voo impressionante, alcançando uma velocidade máxima de 16 m/s no modo Sport e uma altitude máxima de serviço de até 6.000 metros. Sua resistência ao vento permite operações seguras em ventos de até 10,7 m/s, e a duração máxima de voo é de aproximadamente 34 minutos, dependendo das condições.

A bateria do DJI Mini 4 Pro tem uma capacidade de 2.590 mAh e é do tipo LiPo 2S, com tempo de carregamento estimado em cerca de 64 minutos usando um carregador de 30W. O carregamento é realizado via porta USB-C, o que facilita a recarga em diferentes situações.

A câmera do drone é um dos seus principais destaques, equipada com um sensor CMOS de 1/1,3 polegadas, capaz de capturar fotos com resolução de até 48 MP e vídeos em 4K a 60 fps. A estabilização da câmera é garantida por um gimbal mecânico de 3 eixos, assegurando imagens estáveis e de alta qualidade. Além disso, o dispositivo oferece suporte para HDR em fotos e vídeos, além de zoom digital de até 8x em 1080p.

O sistema de transmissão de vídeo utiliza a tecnologia DJI OcuSync 4.0, permitindo alcance de até 20 km em condições ideais, transmitindo vídeos em 1080p a 30 fps para o controle remoto, que pode ser conectado a dispositivos móveis via USB-C. O drone também



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

possui sensores de visão frontal, traseira e inferior, que auxiliam na evitação de obstáculos, oferecendo maior segurança durante o voo. Ele conta com sistemas de GPS, GLONASS e GALILEO para um posicionamento preciso, além de modos inteligentes como o ActiveTrack 360°, que permite o acompanhamento automático de objetos em movimento.

O DJI Mini 4 Pro ainda conta com um sistema de armazenamento interno de 8 GB, com possibilidade de expansão por meio de cartão microSD de até 512 GB. Entre suas funcionalidades inteligentes, destacam-se os modos QuickShots, que facilitam a captura de vídeos criativos, e o sistema FocusTrack, que oferece modos como ActiveTrack, Spotlight e Point of Interest, permitindo maior controle sobre a captura de imagens e vídeos.

Com uma faixa de temperatura de operação entre 0°C e 40°C, o drone é capaz de operar em uma ampla gama de condições climáticas. Ele também conta com luzes LED para facilitar decolagens e pousos em ambientes de pouca luz.

A realização das inspeções com drones envolve uma série de etapas bem definidas. Inicialmente, é importante planejar a missão de voo, determinando as áreas de interesse e ajustando os parâmetros do drone, como altura de voo e velocidade, para garantir a cobertura adequada da estrutura. O planejamento precisa considerar também os pontos críticos da obra, como fissuras, deslocamentos estruturais ou desgastes em materiais, onde o drone poderá capturar imagens detalhadas. Durante o voo, os dados são coletados por meio de fotografias, vídeos ou dados de sensores, como LIDAR, que permitem gerar modelos 3D da obra. Após a coleta, os dados são processados e analisados, utilizando software específico que auxilia na identificação de falhas, monitoramento de progresso ou até mesmo na medição de deformações e outros parâmetros estruturais.

Foi possível verificar os benefícios do uso do drone nas inspeções de obras civis quando comparados às inspeções visuais tradicionais conforme apresentado na figura 6. Primeiramente, o drone permitiu um mapeamento detalhado de áreas de difícil acesso, como telhado, fachada ou vãos, sem a necessidade de andaimes ou equipamentos especiais. Isso reduziu os custos operacionais e o tempo necessário para realizar a inspeção, além de eliminar riscos para os trabalhadores. Além disso, a precisão dos dados obtidos com drones é superior, especialmente quando combinada com softwares de análise de imagem e modelagem 3D, o que resulta em uma maior confiabilidade na identificação de problemas estruturais. O uso de



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

drone também facilitou a criação de registros históricos da obra, com imagens e dados que podem ser armazenados e comparados ao longo do tempo, permitindo um monitoramento contínuo da evolução do projeto ou da deterioração da estrutura.

Figura 6: Comparação de inspeção visual com e sem drone



Fonte: Autores 2024

Os drones proporcionam inspeções mais rápidas, seguras e detalhadas, sendo uma tecnologia que complementa e, em muitos casos, supera as práticas tradicionais de inspeção visual, pois não há necessidade do uso de equipamentos ou colaboradores utilizando técnicas de rapel ou andaimes. Diminuindo assim os riscos de acidentes.

Após o planejamento, o drone é preparado para o voo sendo programado para seguir uma rota pré-definida, capturando imagens e dados de forma automática. Durante o voo, o drone percorre a estrutura a uma distância segura, realizando um mapeamento detalhado da superfície e capturando imagens e vídeos de alta resolução.

Dependendo da complexidade da obra, podem ser utilizados drones com sensores mais avançados, como o LIDAR, que emitem feixes de laser para medir distâncias com precisão e gerar modelos tridimensionais da estrutura, ou câmeras térmicas, que detectam variações de temperatura, úteis para identificar problemas como infiltrações ou falhas no isolamento.

Durante a inspeção visual realizada no canteiro de obras do prédio 1 (estudo de caso), de acordo com o que está descrito no relatório de visita de obra Anexo I, foi obtida uma sequência de imagens do fosso do elevador de serviço até a cobertura da face leste da edificação, conforme apresentado na figura 7.

Desde a preparação até a finalização desta etapa, foram gastos cerca de 15 minutos. Mantendo uma distância segura, a inspeção desta face foi concluída sem necessidade de



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

outros aparatos ou colaboradores, o que ressalta a funcionalidade deste equipamento na realização desta atividade.

Figura 7: Sequência de voo do drone realizando vistoria de fachada do prédio 1



Fonte: Autores 2024

A coleta de dados foi realizada com sucesso em áreas de difícil acesso ou condições de risco, sem comprometer a segurança dos trabalhadores.

Após a coleta, as imagens e informações foram armazenadas para embasar o relatório de visita técnica e poderão ser utilizadas em softwares de processamento e análise

Existem programas que permitem criar modelos 3D da estrutura ou analisar imagens para detectar fissuras, corrosões ou outros defeitos. Softwares específicos para engenharia civil podem medir deformações, comparar imagens ao longo do tempo e gerar relatórios técnicos que auxiliam na tomada de decisões.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Esses dados então são analisados pelos engenheiros responsáveis pela obra, que podem interpretar as informações coletadas para avaliar a condição da estrutura. Se forem detectadas anomalias ou falhas, medidas corretivas podem ser sugeridas. Além disso, as inspeções realizadas por drones geram um registro detalhado da obra, que pode ser comparado ao longo do tempo, permitindo acompanhar o desgaste de materiais ou o progresso da construção.

Durante a inspeção técnica do prédio 2 (figura 8), buscou-se detectar patologias na fachada, pois o edifício está passando por uma restauração e pintura da área externa.

Figura 8: Fachada principal do prédio 2



Fonte: Autores 2024

A inspeção realizada por voo controlado com uso de drone pôde averiguar a presença de algumas patologias já instaladas. As fachadas são a parte da obra que mais sofre com a exposição às intempéries, como sol, vento, variações de temperatura e poluição. Além da função estética e de integração com os espaços externos, os revestimentos de fachadas exercem papel fundamental na vida útil das edificações. De acordo com a ABNT NBR 15.575/2013, os revestimentos de fachada são classificados como elementos construtivos de categoria 2. Significa que eles são manuteníveis – duráveis, mas necessitam de manutenção periódica ou substituição durante a vida útil do edifício.

Além disso, a Norma também prevê um índice de desempenho mínimo, isto é, o menor tempo aceitável para que as peças mantenham a integridade. No caso de fachadas



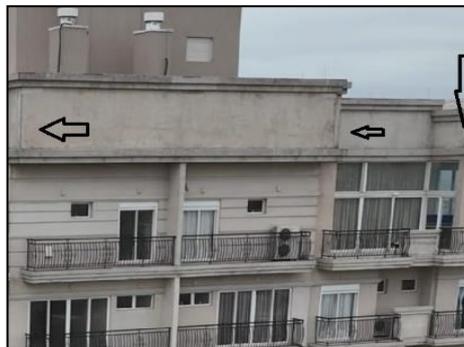
### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

revestidas, espera-se que elas resistam por 20 anos ou mais. Já para as esquadrias externas (como janelas, balcões, grades de proteção, peitoris, soleiras, dentre outros), a expectativa é também 20 anos, no mínimo. Quando se planeja o revestimento da fachada, é preciso levar em consideração três variáveis principais: clima; custos e durabilidade.

As patologias em fachadas são classificadas conforme suas origens: **Congênitas:** são patologias que surgem na fase de projeto; **Construtivas:** estão ligadas à etapa de execução da obra, podendo ou não estar associados à falha do material; **Adquiridas durante a vida útil do edifício:** são as mais comuns. Ocorrem ao longo da vida útil do edifício; **Acidentais:** caracterizadas pela ocorrência de fenômenos atípicos como, por exemplo, um acidente.

Após a realização da inspeção, análise das imagens e emissão do relatório de visita técnica, ficou evidenciada a presença de patologias adquiridas durante a vida útil da edificação como manchas escuras devido à proliferação de fungos por conta da umidade descendente conforme a imagem da figura 9.

Figura 9: Manchas escuras indicadas na fachada



Fonte: Autores 2024

Também situações ligadas à execução da obra como descascamento da pintura (figura 10) e umidade e infiltrações no topo do edifício devido à falta de impermeabilização ou rufos.

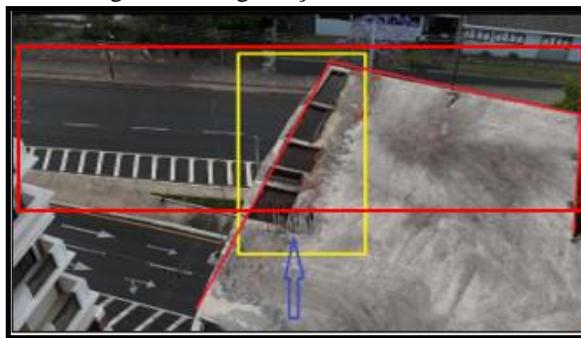
Figura 10: Infiltrações e umidade aparente



Fonte: Autores 2024

O drone inspecionou pontos críticos, como beirais e parapeitos, onde há maior probabilidade de falhas no sistema de impermeabilização, que podem levar à infiltração de água e degradação da estrutura como percebe-se nas figuras 11 e 12 onde foram encontradas situações de infiltrações, degradação da argamassa e descolamento da pintura. Estas tarefas foram executadas com agilidade, segurança e baixo custo devido ao uso do drone.

Figura 11: Degradação do revestimento



Fonte: Autores 2024

Em estruturas de concreto armado, a corrosão das armaduras é uma patologia grave que pode ser indicada por fissuras, manchas de ferrugem ou desagregação do concreto. O concreto pode começar a se desagregar devido à carbonatação ou outras reações químicas, causando a pulverização da superfície. Esse problema pode ser detectado em imagens de alta resolução coletadas por drones, facilitando a identificação de áreas que precisam de intervenção.

Figura 12: Degradação do revestimento



Fonte: Autores 2024

Em síntese, a utilização de drones na construção civil é reconhecida como uma ferramenta promissora para garantir ambientes de trabalho mais seguros e eficientes. Contudo, é fundamental atualizar regulamentações para assegurar seu uso responsável e ético. Essas conclusões destacam a necessidade de considerar não apenas os benefícios operacionais, mas



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

também os impactos sociais e ambientais da implementação de drones no setor, visando uma abordagem equilibrada e sustentável.

### 3 CONCLUSÃO

A realização de vistorias em construções é fundamental para garantir seu desempenho ao longo da vida útil. Em estruturas de grande porte, como pontes e arranha-céus, a inspeção visual pode não ser suficiente devido ao tamanho e complexidade. Nesses casos, a utilização de drones surge como uma solução tecnológica eficaz.

Os drones permitem inspeções completas com alto nível de segurança e com custos acessíveis. No entanto, apesar dos estudos existentes, ainda há necessidade de preparo e controle dos fatores que afetam o voo e por consequência, a qualidade dos dados.

A importância de estudos e cursos especializados é evidente para garantir segurança, agilidade e economia em obras de todos os portes. Os drones auxiliam os vistoriadores, especialmente em áreas confinadas ou restritas, permitindo visualização detalhada por meio de vídeos e fotografias antes de uma tomada de decisão por parte do grupo de profissionais das engenharias e afins.

Apesar das limitações de voo (em média 25 minutos), os drones demonstram funcionalidade prática e eficiente. A tecnologia de comunicação remota online possibilita o compartilhamento de informações entre os envolvidos.

Em conclusão, este trabalho demonstrou a eficiência e agilidade das vistorias e inspeções com drones em comparação com técnicas tradicionais. Contudo, é necessário avançar na regulamentação do uso de drones em áreas específicas, considerando requisitos específicos de cada tipo de trabalho. Esses dispositivos serão cada vez mais valiosos para profissionais que buscam manter sua competitividade, oferecendo serviços com maior eficiência, rapidez e qualidade.

### REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. M., et al. Segurança do trabalho na construção civil: uma abordagem prática. Editora XYZ, 2015.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

BANASZEK, A.; BANASZEK, S.; CELLMER, A. Possibilities of use of UAVS for technical inspection of buildings and constructions. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 95, p. 032001, dez. 2017.

BARSANO, Rildo Pereira; BARBOSA, Paulo Roberto. Segurança do trabalho: guia prático e didático. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

BRASIL. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jul. 1991.

CONFORTRI, F. Drone pilot. 1. ed. Mar del Plata: Facundo Jorge Conforti, 2021. 166 p.

CONFORTRI, F. Drone Pilot. 2021. Disponível em:  
<<https://forbes.com.br/carreira/2021/08/piloto-de-drone-profissao-tem-alta-demanda-e-diarias-do-servico-podem-chegar-a-r-15-mil/>> Acesso em: 26 maio 2024, 15h.

CONFORTI, F. História do Drone. 2021. p. 11. Disponível em:  
<[https://www.google.com.br/books/edition/Drone\\_Pilot/pSNvEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=HISTORIA+DO+DRONE&pg=PA11&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Drone_Pilot/pSNvEAAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=HISTORIA+DO+DRONE&pg=PA11&printsec=frontcover)>. Acesso em: 26 maio 2024.

CORREA, P. R. L.; ASSUNÇÃO, A. A. A subnotificação de mortes por acidentes de trabalho: estudo de três bancos de dados. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 12, n. 4, 2003.

COSTA, A. (Org.). 5º Congresso em Português de Building Information Modeling. Atas: vol. 1. Uminho Editora, 2024.

DE OLIVEIRA GRACIOSO, R.; FERNANDES DE SOUZA LIMA, M.; REGINA ROCHA GUIMARÃES, C.; APARECIDA PEREIRA DE OLIVEIRA, R. A revolução dos drones na construção civil: potencializando a segurança em inspeções de obra. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 3, n. 3, 2024. DOI: 10.61164/rmnm.v3i3.2204. Disponível em:  
<<https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2204>> Acesso em: 01 jun. 2024.

DRONETHUSIAST. História dos drones militares. Imagem. Dronethusiast, 2018. Disponível em: <<https://www.dronethusiast.com/wp-content/uploads/2018/06/History-of-military-drones.jpg>>. Acesso em: 25 maio 2024.

DRONETHUSIAST. História dos Drones. Dronethusiast, [s.d.]. Disponível em:  
<<https://www.dronethusiast.com/history-of-drones/>>. Acesso em: 25 maio 2024.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

DUPONT, Q. F. M.; CHUA, D. K. H.; TASHRIF, A.; ABBOTT, E. L. S. Potential applications of UAV along the construction's value chain. *Procedia Engineering*, v. 182, p. 165-173, 2017.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, M.; ALMEIDA, R. *Conscientização e segurança no trabalho: um estudo de caso na construção civil*. Rio de Janeiro: Editora Segurança do Trabalho, 2019.

História dos drones: Por trás desta nova era tecnológica. Disponível em: <<https://aeroengenharia.com/historia-dos-drones-a-nova-era-tecnologica/>>. Acesso em: 26 maio 2024, 12h20.

MATTOS et al. *Higiene e Segurança do Trabalho*. Rio de Janeiro: Elsevier/Abrepe, 2011.

MATTOS, A. D. Causas de fracasso na inovação na construção civil. *Buildin*, out. 2018. Disponível em: <<https://www.buildin.com.br/causas-de-fracasso-na-inovacao-na-construcao-civil/>> Acesso em: 18 maio 2024.

MENDES, A. B. (2019). *O Papel da Construção Civil no Crescimento Urbano*. Editora Urbana, 2019. E-book.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). *Dados estatísticos de acidentes de trabalho*. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/acidentes-de-trabalho-informacoes>>. Acesso em: 29 maio 2024.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. Anotação de responsabilidade técnica. Mobuss Construção, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/anutacao-de-responsabilidade-tecnica/>> Acesso em: 25 maio 2024.

OLIVEIRA, J. *Segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso*. São Paulo: Editora Segurança e Saúde, 2019.

OLIVEIRA, R. Drones na segurança industrial: monitoramento em ambientes críticos. Pixforce, out. 2023. Disponível em: <<https://pixforce.ai/pt-br/drones-na-seguranca-industrial-monitoramento-em-ambientes-criticos/>> Acesso em: 26 maio 2024

OLIVEIRA, R. Drones na segurança industrial: monitoramento em ambientes críticos. Pixforce, out. 2023. Disponível em: <<https://pixforce.ai/drones-na-seguranca-industrial-monitoramento-em-ambientes-criticos/>> . Acesso em: 26 maio 2024

REVISTA GRANDES CONSTRUÇÕES. Drones chegam à construção civil para otimizar obras. Reportagem. Disponível em: <<https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/drones-chegam-a-construcao-civil-para-otimizar-obras>>. Acesso em: 24 maio 2024.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

REVISTA GRANDES CONSTRUÇÕES. Drones chegam à construção civil para otimizar obras. Reportagem, 2018. Disponível em: <<https://surgiu.com.br/2018/08/16/drones-chegam-a-construcao-civil-para-otimizar-obras/>>. Acesso em: 24 maio 2024, 23h.

SILVA, A.; SANTOS, P. Prevenção de acidentes na construção civil: estratégias e desafios. Revista Brasileira de Segurança e Saúde Ocupacional, v. 10, n. 2, p. 45-58, 2018.

SILVA, Edna Lucia da. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. rev. e atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUZA, R. M. Expansão urbana e desenvolvimento local: uma análise da relação entre construção civil e crescimento urbano. Editora Cidade Nova, 2018

SHAHMORADI, J.; TALEBI, E.; ROGHANCHI, P.; HASSANALIAN, M. A comprehensive review of applications of drone technology in the mining industry. Drones, v. 4, n. 3, p. 34, jul. 2020.

SIGNIFICADOS. Significado de drones. Janeiro 2015. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/drone/>>. Acesso em: 20 maio 2024.

SMITH, C. Urban growth and the construction industry: a comprehensive analysis. Journal of Urban Economics, v. 25, n. 2, p. 123-145, 2018.

SOUSA, G. Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Minho, Braga, 2017.

SEO, J.; DUQUE, L.; WACKER, J. Drone-enabled bridge inspection methodology and application. Automation in Construction, v. 94, p. 112-126, out. 2018.

VERRI, Lewton Burity. Gestão da segurança total: a busca da segurança total e do acidente zero. 1. ed. São Paulo: Viena, 2015.

VILAR, Bárbara. Estudo de caso - aplicação de drones na engenharia. In: Anais do 12º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento de Produto. São Paulo: Blucher, 2019. p. 1213-1228.

WACHOWICZ, Marta Cristina. Segurança, saúde & ergonomia. Curitiba: Ibplex, 2007.

## ANEXO 1



## III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

### **RELATÓRIO DE VISITA TÉCNICA EM DOIS EDIFÍCIOS DA CIDADE DE PONTA GROSSA COM O USO DE DRONE**

#### **Objetivo geral**

Apresentar o uso de drones como aliado direto em visitas técnicas na Engenharia Civil. Descrevendo voos com drone, apontando através de vídeos e fotos como se encontram a fachada de um edifício em reforma e de outro em construção, na cidade de Ponta Grossa, explorando assim patologias e segurança do trabalho envolvidos.

#### **Objetivos específicos**

Realizar uma inspeção técnica remota, através de um voo de drone sobre e ao redor da obra, apontando as fragilidades de uma visita técnica presencial, principalmente em locais de difícil acesso.

Demonstrar que visitas técnicas periódicas reduzem significativamente custos econômicos em inspeções de obras de edifícios, aumentando viabilidade e diminuindo investimento necessário.

Caracterizar o drone como ferramenta de trabalho essencial para engenheiros civis em canteiros de obras, proporcionando soluções inovadoras e específicas para cada situação.

#### **Introdução**

O relatório a seguir apresenta observações sobre dois prédios. O primeiro, com 13 andares, localizado em uma região próxima ao centro da cidade, está passando por reforma, incluindo pintura e restauração de sua fachada. O segundo edifício, com 16 pavimentos, encontra-se em fase de acabamentos da fachada, utilizando um elevador para cargas e descargas, além da construção do telhado. Além disso, este relatório destaca a importância do drone como ferramenta de trabalho para engenheiros em canteiros de obras.

O drone empregado foi o DJI Mini 4 Pro, equipado com a câmera mais avançada da DJI. Ele conta com poderosos recursos de imagem, como detecção de obstáculos omnidirecional, rotação de 360°, modo rastreamento e transmissão de vídeos em até 20 km. O equipamento pode ser utilizado tanto por profissionais quanto por iniciantes.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Salienta-se a função principal deste trabalho, a qual é demonstrar a eficácia do drone em proporcionar agilidade e segurança nas inspeções de canteiros de obras. Além disso, fornece uma visão prévia detalhada do local a ser inspecionado por engenheiros, diminuindo consideravelmente os riscos de acidentes. Para analisar os riscos e qualidade de serviços prestados, sem o uso de drones seria necessário recorrer a métodos tradicionais, como montagem de andaimes, técnicas de rapel, câmeras de alta resolução caras, guindastes, torres. Em contrapartida, o uso de drones oferece maior agilidade, custo-benefício atraente, melhoria na qualidade, redução de insumos, consumo e mão de obra. Assim, o drone torna-se um aliado fundamental na visita técnica em obras de Engenharia Civil.

#### **Desenvolvimento**

O drone possui uma visão panorâmica e ampla quando está em sobrevoo. Quando utilizado em torno de edificações é possível demonstrar os efeitos que a construção projeta na vizinhança. Esse é um aspecto importante a se levar em consideração tanto para a construtora quanto para a equipe de engenharia, pois será possível conhecer os efeitos gerados a terceiros ao redor da construção.

Com o sobrevoo, foram apontados alguns aspectos relevantes no primeiro edifício:

- a) Os equipamentos utilizados pelos pintores, bem como as amarrações e estruturas das cadeirinhas e balancins utilizados por eles.
- b) Patologias, desgastes e deslocamentos de revestimentos (texturas), resultantes de umidade e infiltrações.
- c) Presença de fungos.

Ainda relacionado ao primeiro edifício, **Figuras 1 e 2**, o sobrevoo foi realizado em 35 minutos, capturando imagens panorâmicas e registrando várias fotos e vídeos para análise e comentários neste relatório. As condições climáticas foram favoráveis, com tempo seco e sem ventos, o que permitiu que o equipamento mantivesse estabilidade e alcançasse seu objetivo.

A seguir serão apresentadas algumas imagens deste Edifício, obtidas através do drone.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

**Figura 1:** Fachada frontal do edifício



Fonte: Autores 2024

**Figura 2:** Platibanda frontal, lado direito



Fonte: Autores 2024

A **figura 1**, retrata a fachada frontal do edifício em reforma, com pintura em andamento. Observa-se o uso de balancim, evidenciado pelas cordas suspensas no topo do edifício. O balancim (ou andaime suspenso) é uma ferramenta comum nesse tipo de trabalho. Para garantir a segurança durante seu uso, a Norma Regulamentadora (NR) estabelece requisitos essenciais, incluindo: treinamentos, Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), inspeção de equipamentos, sinalização e isolamento da área e um plano de emergência.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

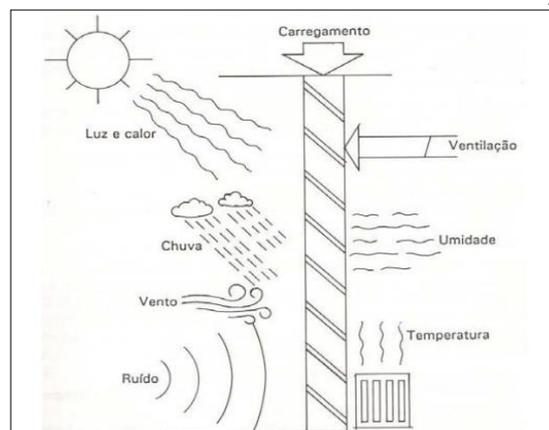
Ainda observando esta figura nota-se que as imagens capturadas pelo drone revelam a ausência de sinalização e isolamento da área, mesmo sem a presença de colaboradores trabalhando no local.

Na **figura 2**, observa-se uma infiltração na platibanda do edifício, característica de uma patologia da edificação. Essa condição pode resultar de várias combinações de fatores. Segundo DEUTSCH (2016), existem diversas maneiras pelas quais a água pode danificar superfícies:

1. Infiltração pela chuva: geralmente causada por telhados, terraços e estruturas similares.
2. Ação capilar: ocorre quando a água do solo sobe pelas paredes de uma construção devido à tensão superficial.
3. Tensão superficial: fenômeno físico que forma uma camada de força na superfície do líquido, provocada pela coesão entre suas moléculas.
4. Pressão do ar: a umidade relativa do ar é determinada pela relação entre a pressão parcial de vapor d'água e a pressão de vapor do material, igualando-se quando há equilíbrio entre ambas.
5. Forças do vento: durante chuvas direcionadas, o vento é uma fonte relevante de umidade, causando degradação nas fachadas devido ao ciclo repetido de molhagem, secagem e variações térmicas, além da perda de vedação.

A **Figura 3**, a seguir, ilustra os apontamentos de DEUTSCH (2016):

**Figura 3:** Elementos atuantes nas fachadas das edificações



Fonte: CINCOTTO, SILVA, CARASEK, 1995

Nas **Figuras 4 e 5**, a seguir, observam-se manchas, principalmente nos requadros ornamentais do edifício. Essa condição é uma das patologias mais comuns em construção, caracterizada pela retenção de água parada nas arestas da construção. Com o passar do tempo, forma-se um limbo que retém fungos, podendo causar deslocamento do revestimento externo e danos à parte interna das paredes.

Conforme aponta DEUTSCH (2016), a absorção de umidade é caracterizada por peculiaridades específicas, especialmente quando a pintura, última camada de proteção de uma obra, não é acompanhada de uma impermeabilização adequada. Isso ocorre quando não se utiliza, desde o início da obra, materiais de construção corretos que favoreçam a devida impermeabilização, protegendo assim a parede contra a umidade.

**Figura 4:** Platibanda frontal, acima da esquadria de alumínio



Fonte: Autores 2024

**Figura 5:** Platibanda frontal próximo ao requadro ornamentado



Fonte: Autores 2024

Com as imagens fornecidas em tempo real pelo drone, é possível compreender os efeitos patológicos, características e eminência de riscos aos usuários de forma eficiente. Sem essa tecnologia, os profissionais precisariam deslocar-se até os locais de difícil acesso, correr riscos, além de realizar estudos caso a caso para identificar as patologias e definir atitudes e materiais a serem utilizados. O uso do drone oferece redução de custos, segurança total dos profissionais, além de eficiência no diagnóstico e planejamento. Essa abordagem inovadora melhora significativamente o processo de inspeção e manutenção de edifícios.

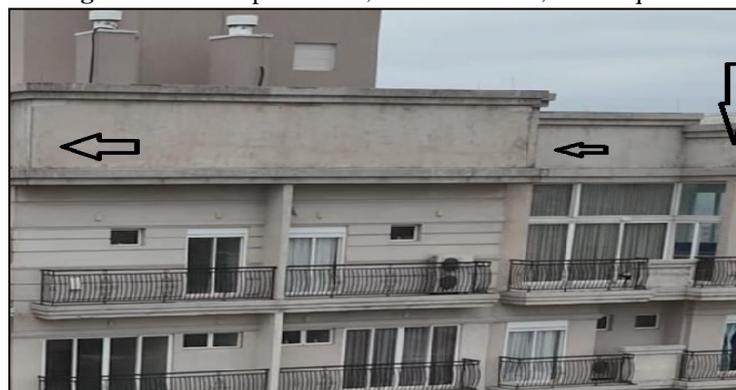
As **Figuras 6 e 7** apresentam imagens da cobertura e terraço do edifício, capturadas pelo drone em vários ângulos. Isso permite uma análise detalhada das ocorrências e facilita estudos específicos para cada caso.

**Figura 6:** Último pavimento, fachada frontal, lado direito



Fonte: Autores 2024

**Figura 7:** Último pavimento, fachada frontal, lado esquerdo



Fonte: Autores 2024

Após a inspeção técnica, outro edifício localizado na região central de Ponta Grossa, Paraná, foi selecionado para análise. Essa região tem experimentado um crescimento exponencial de edifícios nos últimos anos, impulsionado pelo aumento da densidade populacional e desenvolvimento econômico. De acordo com o jornal DCMAIS, o número de



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

edifícios na cidade aumentou cerca de 11,44% na última década. Atualmente, grande parte das moradias da cidade está concentrada em edifícios. O crescimento habitacional e comercial é alimentado pelo surgimento de novos empreendimentos residenciais e comerciais.

O edifício das próximas imagens, das **Figura 8 e 9** foi projetado e construído em uma das ruas mais movimentadas da cidade, com acesso de saída para duas ruas. Está em fase final de construção, já entrando nos acabamentos, revestimentos internos e externos.

**Figura 8:** Fachada leste



Fonte: Autores 2024

O sobrevoo do drone neste edifício apresentou maior complexidade devido às condições adversas, incluindo vento forte no momento do voo e proximidade com outros prédios adjacentes. Diante disso, o cuidado e atenção foram redobrados para garantir a segurança do equipamento, evitar danos a pessoas, objetos ou propriedades vizinhas e prevenir acidentes. O tempo total de voo para essa análise foi de aproximadamente 22 minutos, abrangendo a decolagem, captura de imagens, gravação de vídeos e seu pouso.

As **Figuras 8 e 9** apresentam imagens das fachadas leste e norte do edifício, sendo esta última considerada a fachada principal.

**Figura 9:** Fachada Norte



Fonte: Autores 2024

Na próxima imagem, **Figura 10**, observa-se que a contenção, uma grade de proteção, está escorada pela trava de um andaime, o que não atende à NR 12, que estabelece disposições sobre Dispositivos de Segurança em Máquinas. Especificamente, para equipamentos como elevadores de obra, guindastes e outros, a norma exige proteções que impeçam o acesso acidental às partes móveis e cortantes das máquinas, como grades e portões, para prevenir acidentes de altura (NR 35). Além disso, é necessário implementar dispositivos de segurança específicos para o elevador, garantindo a segurança durante cargas e descargas de materiais.

**Figura 10:** Fachada leste do 6° e 7° andar



Fonte: Autores 2024

Também é possível ver na **Figura 10** que uma tábua está desprendida, mantida apenas por arame recozido, após ter sido esquecida ficando dependurada. É importante destacar que essa situação ocorre no sétimo andar, a uma altura de aproximadamente 21 metros. É correto



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

afirmar que a falta de controle sobre esse risco pode gerar um perigo iminente, pois, caso a madeira se solte, pode causar uma calamidade na obra. Além disso, todas as grades apresentam problemas, estando mal travadas ou quase soltas, o que aumenta o perigo eminente.

Outro ponto crítico é a ausência de proteção em guarda-corpo, evidenciado pela flecha acima do tijolamento. De acordo com a **NBR 14718**, são estabelecidos requisitos específicos para guarda-corpos:

“ 4.3.1.2 A altura mínima do guarda-corpo, considerada entre o piso acabado e a parte superior do peitoril, deve ser de 1 100 mm, conforme a figura 1. Se a altura da mureta for menor ou igual a 200 mm ou maior que 800 mm, a altura total deve ser de no mínimo 1 100 mm (figuras 1a) a 1d)). Se a altura da mureta (figuras 1e) e 1f)) estiver entre 200 mm e 800 mm, a altura do guarda-corpo não deve ser inferior a 900 mm.” (NBR 14718:2008, p. 4-5)

Conforme exigido pela norma, todos os andares devem possuir guarda-corpo com altura mínima de 1,10m, somada à mureta já construída, garantindo assim a segurança dos operários no canteiro de obras. No entanto, verificou-se que essa exigência não é atendida em todos os andares.

Na **Figura 11**, observa-se que o tapume não possui continuidade, permitindo acesso livre aos pedestres sem qualquer medida de segurança, sem EPC (Equipamentos de Proteção Coletiva) como cones, fita zebra ou placas de sinalização do canteiro de obras. Isso representa um risco iminente para os pedestres e veículos estacionados na rua, especialmente em caso de imprevistos ou queda de material.

De acordo com a NBR 16280, o tapume deve servir para contenção e separação do canteiro de obras das áreas adjacentes. Além disso, a NR 18 estabelece a obrigatoriedade da contenção em tapumes em obras, visando garantir a segurança geral. Especificamente, o item 8.16.18 exige a instalação de tapumes com altura mínima de 2 metros sempre que se executarem atividades.

Ademais, a Lei Municipal nº 14.522, de 23 de dezembro de 2022, em seu Art. 106 e incisos I e II, destaca a importância de os tapumes estarem em conformidade com a norma vigente. Além disso, estabelece que o uso de telas de proteção é obrigatório para prevenir danos aos colaboradores e demais pessoas próximas ao local da construção.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

**Figura 11:** Fachada norte, térreo e entrada de garagens e pedestres



Fonte: Autores 2024

A seguir, **na Figura 12**, observa-se que não estão sendo utilizadas telas fachadeiras e bandejas primárias e secundárias, conforme exigido pela norma brasileira **ABNT NBR 16046** e ratificado pela **NR 18**, especificamente no item 18.12.15.

De acordo com essa norma, é obrigatório instalar telas de proteção ao redor de andaimes ou outras estruturas elevadas, garantindo a segurança durante obras e reformas. O objetivo dessas proteções é prevenir acidentes, tanto entre trabalhadores quanto entre pedestres que estejam próximos à área da obra, como demonstrada na **Figura 13**.

A tela fachadeira tem como objetivo diminuir os riscos de objetos ou materiais que sejam desprendidos do edifício ou derrubados por colaboradores em caso de acidentes, conforme relatado por Álvaro Vasconcelos em entrevista à revista UOL, em 04 de junho de 2023:

"A tela só não é colocada quando o engenheiro analisa e vê que não existe risco de queda de materiais, não passa ninguém ao lado nem tem circulação de colaboradores. Sem a aplicação de bandejas e telas, o risco é muito grande de quedas de materiais" (VASCONCELOS, Álvaro. Entrevista à revista UOL, 04 jun. 2023.)

**Figura 12:** Fachada leste do edifício



Fonte: Autores 2024

**Figura 13:** Uso de telas fachadeira em edifício



Fonte: Divulgação/prédio Americanas em São Paulo

As **Figuras 14 e 15** retratam a desorganização do canteiro de obras, o que pode implicar na ocorrência de acidentes com os próprios colaboradores. Observa-se que, nestas figuras, não há proteção de guarda-corpo nem linha de vida, aumentando o risco de colaboradores se enroscarem em tramas de fios, tocos de blocos e madeiras soltas na laje.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

A limpeza do canteiro de obras é uma etapa essencial para garantir um ambiente seguro e habitável durante e após a conclusão dos trabalhos.

A **ABNT NBR 15575** (Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais) estabelece diretrizes relacionadas ao processo de limpeza, especialmente no que diz respeito à qualidade final do imóvel após a construção ou reforma. Além disso, a **NR 18**, que regulamenta as Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, enfatiza a importância de manter a obra organizada, incluindo a remoção adequada de entulhos e detritos.

Dessa forma, um canteiro de obra organizado contribui significativamente para a segurança dos trabalhadores e do público ao redor, além de garantir qualidade, capricho e segurança durante a execução dos trabalhos.

**Figura 14:** Cobertura, telhado do Edifício 2



Fonte: Autores 2024

**Figura 15:** Laje em recuo do Edifício 2



Fonte: Autores 2024

A próxima imagem, **figura 16**, demonstra a instalação da cobertura:

**Figura 16:** Vista aérea da cobertura do lado leste



Fonte: Autores 2024

Nesta figura, observa-se a falta de segurança e contenção para prevenir acidentes entre os colaboradores. Além disso, não há linha de vida, conforme exigido pela norma **ABNT NBR 16325**. Essa norma estabelece dois componentes essenciais: Sistema de Ancoragem e Dispositivo de Ancoragem, ambos com o objetivo de limitar quedas ou sustentar equipamentos de segurança. Esses componentes estão relacionados à **NR 35**, que trata do Trabalho em Altura, exigindo a obrigatoriedade de uso de sistemas de ancoragem para garantir a segurança dos trabalhadores em locais elevados.

A imagem apresentada a seguir, **Figura 17**, retrata o poço do elevador, utilizado para cargas e descargas de materiais de construção. Este é um elemento de suma importância na obra, pois acelera o desenvolvimento dos trabalhos.

**Figura 17:** Imagem aérea do poço do elevador de cargas



Fonte: Autores 2024



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Analisando a imagem, observa-se que não estão sendo atendidos os requisitos de segurança. Nota-se a falta de sinalização prevista na norma e a ausência de segurança para contenção de pessoas. Além disso, a cerca improvisada, feita de madeira de resto de construção, configura uma verdadeira 'gambiarra', insuficiente para amenizar a situação precária de segurança.

**Figura 18:** Vista aérea da cobertura do lado oeste



Fonte: Autores 2024

A **Figura 18** mostra uma mancha de infiltração na parede, que seria difícil de detectar a olho nu à distância. Mais uma vez, o drone demonstra sua eficácia no auxílio à inspeção de obra.

A mancha provavelmente está relacionada à má impermeabilização ou infiltração em uma caixa d'água. Embora seja necessário uma vistoria presencial para determinar a causa exata, o drone permitiu identificar o problema pela coloração da pintura, orientando o engenheiro sobre os pontos que requerem atenção.

Assim, é importante ressaltar que o uso de drones em canteiros de obras não substitui a visita técnica presencial, mas sim a complementa. Ele fornece uma inspeção prévia e um diagnóstico preliminar dos elementos patológicos, erros de construção ou questões de segurança que afetam todos os envolvidos, direta ou indiretamente, na obra.

## CONCLUSÃO

Conclui-se neste relatório que a tecnologia é fundamental para a construção civil. Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), também conhecidos como drones, revolucionaram o setor com suas características de baixo custo, agilidade e empregabilidade. Eles se tornam ferramentas essenciais em obras, especialmente de grande porte, como as apresentadas neste trabalho.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

Este estudo abordou a importância desta ferramenta no dia a dia da obra, proporcionando economia de tempo, praticidade e agilidade nos projetos e inspeções periódicas. Com drones, engenheiros e responsáveis podem acessar locais de difícil acesso em poucos segundos ou minutos, por meio de imagens de fotografias ou vídeos. Isso permite identificar pontos críticos antes ou durante a execução, garantindo a segurança dos colaboradores.

A finalidade principal deste trabalho é destacar a importância, praticidade e viabilidade de utilização de drones em exposições de segurança e inspeções antes, durante e depois de uma obra. O uso de drones torna possível realizar inspeções que seriam inviáveis com métodos tradicionais, como rapel, guindaste ou câmeras de alta resolução.

É importante ressaltar que este relatório não sugere que o engenheiro deva eximir-se de realizar visitas técnicas presenciais, obrigatórias por lei. Em vez disso, demonstra como a tecnologia pode auxiliar na inspeção, seja de patologia ou segurança de trabalho, aumentando a eficácia, eficiência e segurança no setor.

#### REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14718: guarda-corpos para edificações.** Disponível em: <[https://funisa.com.br/wp-content/uploads/2015/12/NBR\\_14718\\_Guarda-Corpos\\_Edificacoes.pdf](https://funisa.com.br/wp-content/uploads/2015/12/NBR_14718_Guarda-Corpos_Edificacoes.pdf)> Acesso em: 20 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16280: Reforma em edificações** – Sistema de gestão de reformas. Disponível em: <<https://www.sacres.com.br/wp-content/uploads/2019/03/Norma-ABNT-NBR-16280.pdf>> Acesso em: 20 out. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Atualizada em 2020.** Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-18-atualizada-2020-1.pdf>> Acesso em: 21 out. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 35: Trabalho em Altura.** Atualizada em 2020. Disponível em:<<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-35-nr-35>>. Acesso em: 21 out. 2024

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio (Publicação IPT 2378). 1a ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118p.



### III UniSIAE - Semana Integrada de Agronomia, Análise em Desenvolvimento de Sistemas, Arquitetura e Urbanismo e Engenharias

DC MAIS. **Habitação ocupa novos espaços em Ponta Grossa.** Disponível em: <<https://dcmais.com.br/ponta-grossa/habitacao-ocupa-novos-espacos-em-ponta-grossa>>. Acesso em: 20 out. 2024.

Deutsch, Simone Feigelson; **Perícias de Engenharia**; 2016, São Paulo.

DOIS DEZ. **NBR 16325: Sistema de gestão de resíduos sólidos.** Disponível em: <<https://doisdez.com.br/entenda-nbr-16325/>> . Acesso em: 20 out. 2024

UOL Notícias. **Por que os prédios usam 'sainhas de tela'? Resolve alguma coisa?** Entrevista com Álvaro Vasconcellos. 2023. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2023/06/04/tela-em-construcoes-descubra-para-que-ela-serve-e-como-funciona.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 22 out. 2024.