

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LEONARDO LAURINDO ARRUDA

**O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
DA LITERATURA**

FLORIANÓPOLIS, 2026.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LEONARDO LAURINDO ARRUDA

**O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA
DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora:
Profa. Andrea Murillo Betioli, Dra.

FLORIANÓPOLIS, 2026.

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Arruda, Leonardo Laurindo

O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: uma revisão sistemática da literatura / Leonardo Laurindo Arruda ; orientador(a): Andrea Murillo Betioli. -- Florianópolis : 2026.
92 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis. Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Florianópolis, 2026.

Inclui referências.

1. Revisão Sistemática da Literatura. 2. Drone. 3. VANT. 4. Construção Civil. 5. Legislação. I. Betioli, Andrea Murillo. II. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. III. Título.

O USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

LEONARDO LAURINDO ARRUDA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 10 de julho de 2026.

Banca Examinadora:

Andrea Murillo Betioli, Doutora

Reginaldo Campolino Jaques, Mestre
IFSC

Rafael Andrade de Souza, Tecnólogo
IFSC

À memória do meu avô, dedico este trabalho. Sua partida durante o desenvolvimento desta pesquisa foi meu maior desafio, mas escolhi honrar a sua luta aplicando aqui a mesma dedicação e perseverança que o senhor sempre me ensinou. Este trabalho carrega, em cada parte, esse compromisso. A saudade de não tê-lo aqui para ler estas páginas e celebrar minha diplomação como Engenheiro Civil é imensa, mas sei que esta conquista também é sua, e levarei o seu legado por toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Nardi Francisco de Sousa Arruda e Alessandra Cristina Laurindo Arruda, e a toda a minha família, registro minha profunda gratidão por todo o apoio ao longo desta jornada. Vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Pai e mãe, vocês são minhas maiores referências de dedicação e trabalho, e levo comigo, todos os dias, os valores que me ensinaram.

Ao meu avô, Hugo José Laurindo, deixo um agradecimento especial pelo carinho, acolhimento e presença constante. Sua forma de cuidar e apoiar sempre foi muito importante para mim.

À minha namorada, Gabriela, agradeço por estar ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada. Obrigado pelo apoio, pela paciência nos períodos mais exigentes e por ser um ponto de equilíbrio nos dias difíceis. Seu companheirismo fez toda a diferença.

À minha orientadora, Professora Andrea Murillo Betioli, expresso meu sincero agradecimento pela orientação, disponibilidade e contribuição ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do IFSC, agradeço pelo conhecimento compartilhado e pela dedicação ao ensino, que foram essenciais para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos colegas de faculdade, meu agradecimento pela parceria e pelos momentos compartilhados ao longo dessa trajetória.

Aos amigos, agradeço pelo apoio e pela compreensão nos momentos em que precisei me dedicar integralmente a este trabalho.

Por fim, agradeço aos membros da banca examinadora pelas contribuições e sugestões, que certamente contribuirão para o aprimoramento deste trabalho.

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original."
— Albert Einstein

RESUMO

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) tem se expandido na construção civil em razão do potencial para otimizar processos de inspeção, monitoramento e gestão de obras. Entretanto, a consolidação dessa tecnologia no contexto brasileiro ainda enfrenta desafios técnicos e regulatórios. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a produção científica sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira, mapeando aplicações práticas, benefícios, desafios operacionais e a influência do arcabouço normativo vigente. A pesquisa possui caráter descritivo e foi desenvolvida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, conduzida conforme as diretrizes do protocolo PRISMA 2020, complementada por pesquisa documental das normas da ANAC, DECEA e ANATEL. O processo de busca e seleção resultou em 63 publicações, sendo identificada a primeira publicação sobre o tema no ano de 2016. Os resultados evidenciam maior concentração de estudos relacionados aos setores de Patologia das Construções, Gestão e Planejamento e Controle e Fiscalização, com destaque para aplicações em inspeção predial, monitoramento de obras, mapeamento tridimensional e aerofotogrametria. A literatura aponta benefícios associados ao aumento da segurança, à redução da exposição de trabalhadores a situações de risco, à otimização da coleta de dados e ao suporte à transformação digital da construção civil. Por outro lado, as principais barreiras identificadas envolvem a elevada demanda computacional para processamento dos dados, o custo de adoção da tecnologia e a influência das condições meteorológicas sobre as operações de voo. A pesquisa contribui ao integrar a evolução tecnológica dos VANTs ao arcabouço regulatório brasileiro, evidenciando desafios relacionados à adequação das exigências legais às aplicações da tecnologia na construção civil. Conclui-se que os VANTs apresentam potencial de ampliação no setor, embora a superação das barreiras regulatórias e operacionais seja fundamental para sua adoção em maior escala.

Palavras-chave: Revisão Sistemática da Literatura. Drone. VANT. Construção Civil. Legislação.

ABSTRACT

The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) has expanded in the civil construction industry due to their potential to optimize inspection, monitoring, and construction management processes. However, the consolidation of this technology within the Brazilian context still faces technical and regulatory challenges. This research aimed to analyze the scientific literature regarding the use of UAVs in the Brazilian civil construction sector, mapping practical applications, benefits, operational challenges, and the influence of the current regulatory framework. The research is descriptive in nature and was conducted through a Systematic Literature Review (SLR) following the PRISMA 2020 protocol guidelines, complemented by documentary research on the regulations established by ANAC, DECEA, and ANATEL. The search and selection process yielded 63 publications, with the earliest publication on the subject identified in 2016. The results demonstrate a higher concentration of studies related to the areas of Building Pathology, Management and Planning, and Control and Supervision, with an emphasis on applications in building inspection, construction monitoring, three-dimensional mapping, and aerial photogrammetry. The literature highlights benefits associated with enhanced safety, the reduction of worker exposure to hazardous situations, the optimization of data collection, and support for the digital transformation of the civil construction industry. Conversely, the main barriers identified involve the high computational demand for data processing, the costs of technology adoption, and the influence of meteorological conditions on flight operations. This research contributes by integrating the technological evolution of UAVs with the Brazilian regulatory framework, emphasizing the challenges related to aligning legal requirements with the technology's applications in civil construction. It is concluded that UAVs present significant potential for expansion within the sector, although overcoming regulatory and operational barriers remains fundamental for their broader adoption.

Keywords: Systematic Literature Review. Drone. UAV. Construction Industry. Legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 — Drone DJI Air 3S.....	18
Figura 02 — Mapas de danos de fachadas com achados patológicos.....	23
Figura 03 — Controle de obras: (a) projeto da edificação; (b) Canteiro em execução.....	24
Figura 04 — Vão aberto sem guarda-corpo.....	24
Figura 05 — Perspectiva do modelo de elevação de processamento digital.....	26
Figura 06 — Termografia infravermelha de fachada.....	27
Figura 07 — Modelo de fluxograma prisma 2020.....	29
Figura 09 — Fluxograma PRISMA 2020 de identificação e triagem dos estudos.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 — Distribuição de Tipos Publicações por Ano de publicação.....	45
Gráfico 02 — Principais Setores da Construção Civil.....	46
Gráfico 03 — Evolução dos principais setores de aplicação de VANT na construção civil brasileira.....	48
Gráfico 04 — Áreas de Aplicações Práticas.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 — Estruturas das Strings de busca utilizadas em cada uma das bases de dados.....	33
Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura.....	40
Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).....	41
Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).....	42
Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).....	43
Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (conclusão).....	44
Quadro 03 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Controle e Fiscalização de obras.....	52
Quadro 04 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Gestão e Planejamento..	53
Quadro 05 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Manutenção e Operação.....	54
Quadro 06 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Gestão Ambiental.....	54
Quadro 07 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Patologia das Construções.....	55
Quadro 08 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Segurança do Trabalho..	56
Quadro 09 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Topografia e Geotecnia...	57
Quadro 10 — Sistematização do Arcabouço Regulatório Nacional.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ARP	Aeronaves Remotamente Pilotadas
BIM	Modelagem da Informação da Construção (<i>Building Information Modeling</i>)
BVLOS	Além da Linha de Visada Visual (<i>Beyond Visual Line of Sight</i>)
C2	Comando e Controle
CAER	Certificado de Autorização de Voo Experimental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAV	Certificado de Autorização de Voo
CBT	Companhia Brasileira de Tratores
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
CTA	Centro Técnico Aeroespacial
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EVLOS	Linha de Visada Visual Estendida (<i>Extended Visual Line of Sight</i>)
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite (<i>Global Navigation Satellite System</i>)
GPS	Sistema de posicionamento global (<i>Global Positioning System</i>)
IA	Inteligência Artificial
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
IMU	Unidade de Medição Inercial (<i>Inertial Measurement Unit</i>)
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
MDT	Modelos Digital do Terreno
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
OAE	Obras de Arte Especiais
PMD	Peso Máximo de Decolagem
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>

RBAC-E	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial
RCC	Resíduos de Construção Civil
RETA	Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo
RPA	Aeronaves Remotamente Pilotadas (<i>Remotely Piloted Aircraft</i>)
RTK	Posicionamento Cinemático em Tempo Real (<i>Real Time Kinematic</i>)
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SARPAS	Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SISANT	Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
UA	Aeronave Não Tripulada (<i>Unmanned Aircraft</i>)
UAS	Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (<i>Unmanned Aircraft System</i>)
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VLOS	Linha de visada direta / Linha de Visada Visual (<i>Visual Line of Sight</i>)
VMC	Condições Meteorológicas Visuais (<i>Visual Meteorological Conditions</i>)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivo Geral.....	16
1.3 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Estrutura do Trabalho.....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Veículo Aéreo Não Tripulado.....	18
2.1.1 Contexto histórico do uso de VANTs no Brasil.....	19
2.1.2 Normas e regulamentações sobre o Uso de Vant no Brasil.....	20
2.1.3 Usos de drones na construção civil no Brasil.....	22
2.1.3.1 Aplicações Práticas Consolidadas.....	22
2.1.3.2 Inovação Tecnológica.....	25
2.2 Revisão Sistemática de Literatura.....	27
3 METODOLOGIA.....	31
3.1 Fase 1: Protocolo e Execução da Revisão.....	32
3.1.1 Definição de Descritores e Estratégia de Busca.....	32
3.1.2 Bases de Dados e Fontes de Informação.....	33
3.1.3 Critérios de Elegibilidade.....	34
3.1.4 Processo de Seleção e Extração de Dados.....	34
3.2 Fase 2: Avaliação e Síntese dos Dados.....	36
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	38
4.1 Triagem e Identificação dos Estudos.....	38
4.2 Análise dos Resultados.....	44
4.2.1 Evolução Temporal e Tipologia das Publicações.....	44
4.2.2 Concentração por Setores da Construção Civil.....	46
4.2.3 Evolução Setorial ao Longo dos Anos.....	47
4.2.4 Mapeamento das Áreas de Aplicação.....	49
4.2.5 Vantagens Agregadas e Desafios Operacionais.....	51
4.3 Arcabouço Regulatório Nacional.....	58
4.3.1 Análise Aplicada: Gargalos entre a Regulamentação e a Engenharia...61	
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
5.1 Sugestões para trabalhos futuros.....	63
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES.....	77

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil é um pilar fundamental da economia nacional, ele tem sido historicamente caracterizado por uma adoção mais lenta de inovações tecnológicas quando comparada a outros setores industriais (Ribeiro, 2019). No entanto, a crescente demanda por produtividade, eficiência, sustentabilidade e segurança tem impulsionado uma transformação digital, alinhada ao conceito global de Indústria 4.0, que no setor se manifesta como "Construção 4.0"¹ (Santos, 2022). Este paradigma preconiza a integração de tecnologias digitais, automação e análise de dados em todo o ciclo de vida de um empreendimento (Azevedo, 2021).

Dentro deste ecossistema de inovação, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, destacam-se como uma das tecnologias mais versáteis e de maior impacto (Rosa; Barros; Nascimento, 2021). No contexto internacional, revisões sistemáticas recentes, como a conduzida por Mary, Shafiya e Ben Maaouia (2022), evidenciam que a aplicação desta tecnologia transcendeu a fase experimental, consolidando-se como uma ferramenta vital para o monitoramento de progresso, gestão de recursos e, fundamentalmente, para a segurança do trabalho, ao reduzir a exposição humana a ambientes de risco.

No entanto, a simples disponibilidade da tecnologia não garante sua implementação eficaz sem um entendimento claro de suas capacidades e limitações técnicas. Embora haja uma expansão de estudos de caso isolados e aplicações práticas, que vão desde o monitoramento e inspeção de obras até levantamento topográfico e mapeamento (Mary; Shafiya; Ben Maaouia, 2022), o conhecimento sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira ainda se apresenta de forma dispersa, com pesquisas fragmentadas e pouco sistematizadas. Somado a isso um cenário regulatório complexo, definido por normas de órgãos como ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) e ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), que demanda interpretação cuidadosa para aplicação correta em diferentes contextos.

¹ A Construção 4.0 (ou "Canteiro 4.0") é um segmento específico que surgiu da inclusão dos princípios da Indústria 4.0 na construção civil. Esta perspectiva visa a aplicação de tecnologias avançadas e conceitos de automação na indústria da construção, buscando a modernização e o enfrentamento dos desafios atuais do mercado (Dias, 2023).

Nesse sentido, torna-se relevante compreender como essas tecnologias têm sido aplicadas no país, quais avanços têm sido relatados e quais desafios persistem. Para isso, o presente trabalho propõe uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), estruturada sob as diretrizes do protocolo PRISMA 2020, com o objetivo de mapear, analisar e sintetizar as evidências reportadas em publicações científicas sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira, identificando suas principais aplicações, características técnicas e o panorama regulatório associado. Dessa forma, busca-se organizar o conhecimento existente e contribuir para a compreensão das dinâmicas que moldam a adoção dos drones no setor.

1.1 Justificativa

Diante da fragmentação das informações disponíveis e da ausência de uma síntese que consolide as evidências atuais sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira, este estudo justifica-se pela necessidade de consolidar e sistematizar o conhecimento científico existente sobre o tema. Embora sejam observadas aplicações práticas e estudos pontuais, ainda há carência de uma análise integrada que permita compreender, de forma integrada, os setores da construção civil, junto com as diferentes áreas de aplicações, os benefícios, limitações, e aspectos regulatórios associados ao emprego dessa tecnologia no contexto nacional.

Nesse cenário, a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), conduzida conforme as diretrizes do protocolo PRISMA 2020, mostra-se relevante para identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis em publicações científicas. Mais do que descrever aplicações, esta pesquisa busca fornecer um panorama fundamentado do estado da arte, capaz de apoiar a tomada de decisões por profissionais, gestores e pesquisadores. Ao reunir evidências consolidadas, identificar tendências emergentes e sistematizar o arcabouço regulatório vigente, o estudo pretende contribuir para a disseminação do conhecimento e para o avanço seguro da digitalização da construção civil no Brasil.

1.2 Objetivo Geral

Analisar a produção científica brasileira sobre o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira, identificando suas principais aplicações, benefícios, desafios e aspectos regulatórios associados a essa tecnologia.

1.3 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Caracterizar as principais aplicações práticas associadas ao uso de VANTs na construção civil brasileira reportadas na literatura científica e documental;
- b) Sintetizar as vantagens e desafios relacionados à adoção dessa tecnologia no setor;
- c) Sistematizar o arcabouço regulatório nacional aplicável ao uso de VANTs, com foco nas normas e diretrizes da ANAC, do DECEA e da ANATEL;
- d) Identificar tendências de pesquisa, lacunas de conhecimento e oportunidades de ampliação das aplicações dos VANTs na construção civil brasileira.

1.4 Estrutura do Trabalho

Para proporcionar uma compreensão lógica e sequencial da pesquisa, o documento está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo engloba a introdução, a contextualização, a justificativa e os objetivos que norteiam o estudo. O segundo capítulo desenvolve a fundamentação teórica sobre os VANTs, as normas vigentes da ANAC, DECEA e ANATEL, e os preceitos da Revisão Sistemática da Literatura. O terceiro detalha a metodologia, descrevendo a execução da pesquisa ancorada no protocolo PRISMA 2020 para a prospecção e extração dos dados. O

quarto capítulo analisa os resultados quali-quantitativos, discutindo a evolução das publicações, as aplicações setoriais, as vantagens, os desafios operacionais e os gargalos do arcabouço regulatório. Por fim, o quinto capítulo apresenta as considerações finais, sintetizando a relação entre a maturidade tecnológica e as restrições normativas, além de sugerir temas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão tratados os temas relacionados ao uso do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e em seguida sobre a Revisão Sistemática de Literatura (RSL).

2.1 Veículo Aéreo Não Tripulado

Um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é definido como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, podendo ser controlada remotamente ou de forma autônoma por meio de sistemas embarcados (Nascimento; Denadai, 2021), exemplificado na Figura 01. O termo "drone", popularizado pelo ruído semelhante ao de um zangão que alguns modelos produzem, é frequentemente usado como sinônimo (BRASIL, 2023). Essas aeronaves representam uma tecnologia em constante ascensão, consolidando-se como uma ferramenta importante para a obtenção de dados de maneira prática, segura e ágil em diversos setores, com destaque para a construção civil (Qu *et al.*, 2017).

Figura 01 — Drone DJI Air 3S.



Fonte: DJI (2024).

Os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS - *Unmanned Aircraft System*), popularmente conhecidos como drones, representam uma inovação na aviação mundial e vêm sendo estudados para integração segura no espaço aéreo. Segundo a regulamentação do espaço aéreo brasileiro (Brasil, 2023), esses equipamentos recebem diferentes denominações, como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) e, de forma mais ampla, *Unmanned Aircraft* (UA), conforme definição da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).

2.1.1 Contexto histórico do uso de VANTs no Brasil

A trajetória dos VANTs tem suas raízes em aplicações militares, com os primeiros protótipos de aeronaves não tripuladas surgindo em meados do século XX, impulsionados pela necessidade de missões de reconhecimento e vigilância sem risco para pilotos (Aquino, 2015). No Brasil, as primeiras iniciativas documentadas datam da década de 1980, com o desenvolvimento de projetos militares como o BQM1BR, uma parceria entre o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e a Companhia Brasileira de Tratores (CBT), que visava atender a demandas das Forças Armadas (Marinho, 2019; Souza, 2020;).

A transição da tecnologia VANT do setor militar para o civil ocorreu de forma mais acentuada a partir dos anos 2000, impulsionada por uma convergência de fatores tecnológicos e econômicos. A miniaturização de componentes eletrônicos, como sensores de navegação (GPS - Sistema de Posicionamento Global, IMU - Unidade de Medição Inercial), o aumento da capacidade de processamento embarcado e a drástica redução nos custos de aquisição e operação tornaram a tecnologia acessível para mais aplicações. No Brasil, essa transição foi visivelmente liderada pelo setor de agronegócio. O potencial dos VANTs para o monitoramento de lavouras e agricultura de precisão foi percebido rapidamente, tanto que já em 2005 a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) colaborou no desenvolvimento do primeiro VANT 100% brasileiro (Banco Mundial, 2022).

Embora o termo "drone" seja popularmente utilizado como sinônimo, a regulamentação brasileira estabelece distinções importantes. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) define as aeronaves não tripuladas em Aeromodelos, para fins

recreativos, e Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), como finalidade diversa de recreação, como comerciais ou de pesquisa (Brasil, 2023). Além disso, é proibida a operação autônoma de aeronaves não tripuladas, ou seja, aquelas que funcionam sem a possibilidade de intervenção de um piloto, sendo vedado seu uso no espaço aéreo brasileiro (Brasil, 2017; Brasil, 2023).

Decorrente do sucesso no agronegócio e motivada por ganhos similares em eficiência, custo e segurança, a indústria da construção civil emergiu como o próximo grande vetor de adoção da tecnologia VANT (Oliveira, 2022). Contudo, a efetiva integração dos VANTs nos canteiros de obras brasileiros dependia de um pilar fundamental: a criação de um arcabouço regulatório que oferecesse segurança jurídica para as operações comerciais. Este pilar foi erguido em 2017 com a publicação do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) N° 94 emenda n° 00 (Brasil, 2017), hoje atualizado pelo RBAC-E 94 emenda n° 03 (Brasil, 2023). Este marco legal não apenas encerra a fase pioneira da história dos VANTs no país, mas também serve como ponto de partida para a análise detalhada das normas vigentes e o levantamento dos usos e aplicações consolidadas no setor.

2.1.2 Normas e regulamentações sobre o Uso de Vant no Brasil

A operação de VANTs no Brasil é submetida a um rigoroso e complexo arcabouço regulatório, estruturado sobre um tripé de agências governamentais, cada uma com sua esfera de competência. O desconhecimento ou descumprimento dessas normas pode acarretar sanções administrativas, civis e penais, tornando o entendimento da legislação um pré-requisito indispensável para a utilização profissional e segura da tecnologia na construção civil (Silva Neto, 2021). Essa estrutura multifacetada, embora essencial para a segurança, representa um dos principais desafios para a adoção da tecnologia, exigindo que empresas e profissionais naveguem por diferentes processos e sistemas para obter a conformidade plena (Guimarães *et al.*, 2017).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) é o órgão responsável pela regulamentação da aeronave e do piloto. Sua principal norma é o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) n° 94 emenda n° 03, que estabelece os requisitos para a operação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) de uso

não recreativo (Brasil, 2017). Segundo este regulamento, todas as aeronaves com peso máximo de decolagem superior a 250 gramas devem ser cadastradas no Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT). Além disso, a norma classifica as RPAs em três classes com base no peso (Classe 1: peso maior que 150 kg; Classe 2: peso maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; Classe 3: peso menor ou igual a 25 kg), estabelecendo requisitos crescentes de documentação, seguro obrigatório e, para operações mais complexas (como voos acima de 400 pés ou com aeronaves de maior porte), a necessidade de licença e habilitação para o piloto remoto (Brasil, 2017).

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), subordinado ao Comando da Aeronáutica, é a autoridade responsável por gerenciar e controlar o acesso ao espaço aéreo brasileiro. A principal diretriz do DECEA é a Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40, que define as regras para a operação segura dos VANTs (Brasil, 2023). Para realizar um voo profissional a operação deve obrigatoriamente transcorrer sob condições meteorológicas visuais (VMC - *Visual Meteorological Conditions*) e com o equipamento permanecendo dentro da linha de visada direta do piloto (VLOS - *Visual Line of Sight*). Além disso, a legislação veda operações em zonas de proteção de aeródromos e impõe distâncias mínimas de segurança de indivíduos não envolvidos. Para obter a licença de voo, o operador deve primeiro submeter uma solicitação formal pelo sistema SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas), detalhando os pormenores da missão, como localização, altitude e horários (Santos, 2016).

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) regula o espectro de radiofrequências. Como os VANTs e seus controles remotos utilizam transmissores de rádio para comunicação, todos os equipamentos comercializados e operados no Brasil devem possuir a homologação da ANATEL (Anatel, 2022). Este processo de certificação garante que os dispositivos operem nas frequências corretas e com a potência adequada, evitando interferências prejudiciais em outros serviços de comunicação essenciais, como aviação, telefonia móvel e transmissões via satélite (Furlaneto Neto; Furlaneto, 2022). A aquisição de equipamentos não homologados, comum em importações diretas, coloca o operador em situação de irregularidade perante a ANATEL (Vasconcelos; Mello, 2019).

2.1.3 Usos de drones na construção civil no Brasil

Na construção civil brasileira, a adoção dos VANTs é um fenômeno mais recente, ganhando força a partir de meados de 2015 (Rosa; Barros; Nascimento, 2021). Este movimento reflete não apenas a disponibilidade da tecnologia, mas também uma resposta às pressões crescentes por maior produtividade, segurança e eficiência em um setor tradicionalmente conservador (Ribeiro, 2019).

A capacidade dos VANTs de fornecer dados visuais e espaciais de forma rápida, segura e com um custo-benefício atraente catalisou sua adoção para resolver problemas crônicos da indústria, como a periculosidade das inspeções em altura e a lentidão dos levantamentos topográficos convencionais (Nery; Pimenta; Braga, 2021). A evolução, portanto, não é apenas tecnológica, mas também cultural, marcando um ponto de inflexão na digitalização do canteiro de obras no Brasil (Azevedo, 2021).

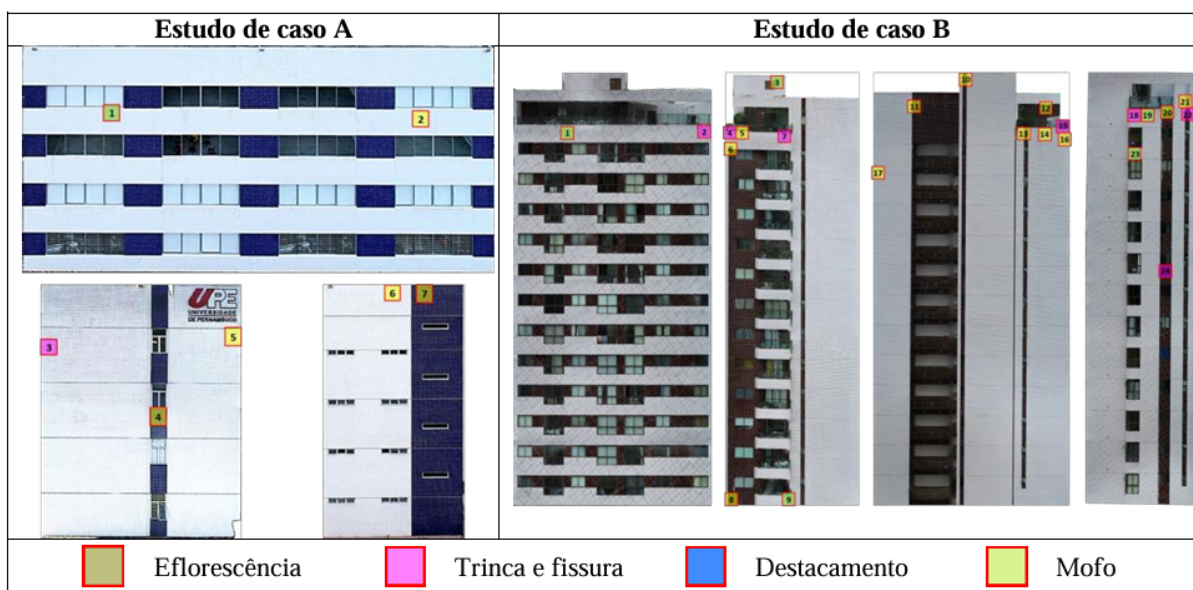
2.1.3.1 Aplicações Práticas Consolidadas

Na construção civil atual, os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) representam uma tecnologia inovadora com grande capacidade de facilitação, sendo já amplamente empregados em diversos setores da indústria. Essas aplicações representam a primeira onda de adoção da tecnologia, focada na substituição de métodos tradicionais por soluções mais seguras, rápidas e econômicas (Melo; Melo, 2024).

A inspeção de fachadas e a identificação de manifestações patológicas constituem, sem dúvida, a aplicação mais documentada e difundida no Brasil. Tradicionalmente, essa atividade envolvia métodos de alto risco e custo, como o uso de andaimes suspensos, plataformas elevatórias ou alpinismo industrial (Wendler, 2024). O emprego de VANTs equipados com câmeras de alta resolução transformou radicalmente este cenário, permitindo a captura de imagens detalhadas de toda a superfície da envoltória da edificação de forma remota e segura (Ballesteros; Lordsleem Junior, 2020). A partir dessas imagens, é possível criar "mapas de danos" precisos, identificando e localizando manifestações patológicas como fissuras, eflorescência, deslocamento de revestimento e manchas de umidade, que servem

de base para o diagnóstico técnico e o planejamento de intervenções corretivas (Brandão, 2020; Lima *et al.*, 2020), conforme mostra a Figura 02. A superioridade do método reside não apenas na segurança, mas na capacidade de gerar um registro visual completo e georreferenciado, que pode ser arquivado e comparado ao longo do tempo para monitorar a evolução das manifestações patológicas (Lisboa *et al.*, 2018).

Figura 02 — Mapas de danos de fachadas com achados patológicos.



Fonte: Ballesteros e Lordsleem Junior (2021).

O acompanhamento e controle de obras é outra aplicação consolidada, na qual os VANTs funcionam como uma ferramenta de gestão visual para os engenheiros e gerentes de projeto. Voos periódicos sobre o canteiro de obras fornecem uma visão panorâmica e atualizada do progresso físico, permitindo uma comparação direta entre o que foi executado ("*as-built*") e o que estava planejado ("*as-designed*") (Qu *et al.*, 2017). Conforme demonstra a Figura 03.

Figura 03 — Controle de obras: (a) projeto da edificação; (b) Canteiro em execução.



Fonte: Lima e Costa (2023).

Essa capacidade de monitoramento em tempo real otimiza a logística de materiais, a alocação de equipes e a identificação de gargalos operacionais (Agostinho; Hashizume; Olivieri, 2022). A tecnologia também tem sido empregada para inspeções de segurança do trabalho, permitindo a verificação de condições de risco, como a ausência de equipamentos de proteção coletiva, sem expor o inspetor a áreas perigosas (Melo, 2016), conforme mostra a Figura 04.

Figura 04 — Vão aberto sem guarda-corpo.



Fonte: Britto (2019).

No campo da topografia e mapeamento, o uso de VANTs para aerofotogrametria se estabeleceu como uma alternativa altamente eficiente aos métodos convencionais, como o levantamento com estação total. A tecnologia permite a geração rápida de produtos cartográficos de alta precisão, como ortomosaicos, modelos digitais de terreno (MDT) e nuvens de pontos, que são essenciais para as fases de planejamento e execução de projetos de infraestrutura (Oliveira; Vargas, 2025). Estudos comparativos demonstram que, para grandes áreas, o levantamento com VANT pode ser significativamente mais rápido e econômico, além de fornecer uma densidade de dados muito superior, resultando em um modelo tridimensional mais rico e detalhado da superfície do terreno (Cruz; Perin, 2022).

2.1.3.2 Inovação Tecnológica

A maturação do uso de VANTs na construção civil brasileira é evidenciada pela sua crescente integração com outras tecnologias digitais, transcendendo a simples captura de imagens para se tornar um componente central do ecossistema da Construção 4.0. Essa fase de inovação é caracterizada pela transformação dos dados brutos coletados pelos VANTs em informações estratégicas para gestão integrada do ciclo de vida do empreendimento, do projeto ao pós-obra (Santos, 2022).

A integração com a Modelagem da Informação da Construção (BIM) representa um dos avanços mais impactantes. As nuvens de pontos e os modelos 3D gerados a partir da fotogrametria com VANTs são importados para softwares BIM, permitindo a criação de um modelo "*as-built*" (como construído) fiel à realidade da obra (Deus, 2017). Este modelo pode ser então sobreposto ao projeto original ("*as-designed*") para realizar análises de conformidade, detectar desvios de execução e controlar a qualidade de forma automatizada. Quando associado ao cronograma do projeto, este processo dá origem ao BIM 4D, uma ferramenta poderosa para o monitoramento visual do progresso que alinha o avanço físico real com o planejamento temporal (Braun *et al.*, 2015 e Alizadehsalehia; Yitmen, 2016 apud Alvares, 2019). Essa sinergia entre VANT e BIM é fundamental para a criação de "Gêmeos Digitais" (Digital Twins) da edificação, que servem como uma base de

dados integrada para a gestão da operação e manutenção ao longo de toda a sua vida útil (Bergemann *et al.*, 2024), conforme mostra a Figura 05.

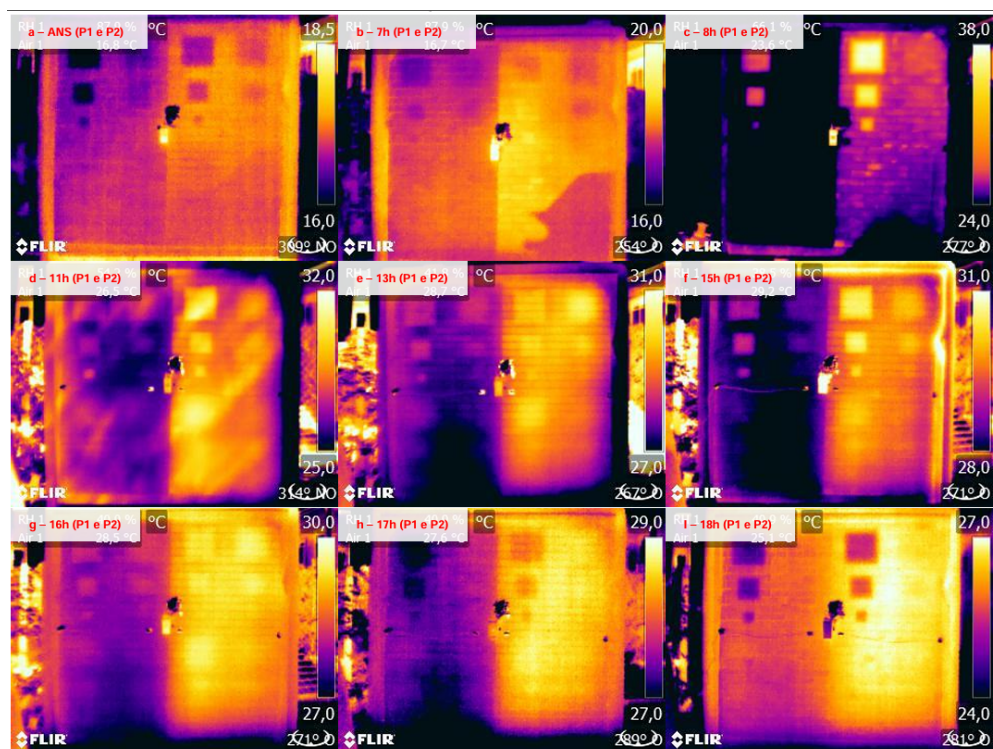
Figura 05 — Perspectiva do modelo de elevação de processamento digital.



Fonte: Santos *et al.* (2024).

A termografia infravermelha embarcada em VANTs é outra inovação tecnológica com aplicação direta na engenharia diagnóstica. Câmeras térmicas permitem a detecção de anomalias que não são visíveis ao olho nu, baseando-se nas variações de temperatura da superfície dos materiais (Feital, 2017). No contexto da construção civil, esta técnica tem sido utilizada com sucesso no Brasil para identificar falhas em sistemas de impermeabilização, pontos de infiltração de umidade em fachadas e lajes, e pontes térmicas que comprometem o desempenho energético da edificação (Andrade, 2020; Silva; Coelho; Barbosa, 2021). A combinação da mobilidade do VANT com a capacidade analítica da termografia oferece um método de inspeção não destrutivo, rápido e de alta precisão (Silva; Coelho; Barbosa, 2021), exemplificado na Figura 06.

Figura 06 — Termografia infravermelha de fachada.



Fonte: Andrade (2020).

Mais recentemente, a aplicação de Inteligência Artificial (IA) e algoritmos de aprendizado de máquina (*machine learning*) começou a ser explorada para automatizar a análise do vasto volume de imagens coletadas pelos VANTs. Pesquisadores buscam desenvolver e treinar redes neurais convolucionais para identificar e classificar automaticamente manifestações patológicas, como fissuras e corrosão de armaduras, a partir de fotografias de fachadas e estruturas de concreto (Gosh Mondal *et al.*, 2020). Embora ainda em estágio de desenvolvimento, essa tendência aponta para um futuro onde as inspeções serão não apenas mais rápidas e seguras, mas também mais objetivas e padronizadas, reduzindo a subjetividade da análise humana e integrando os resultados diretamente a *softwares* de gestão de manutenção (Schiffini *et al.*, 2023).

2.2 Revisão Sistemática de Literatura

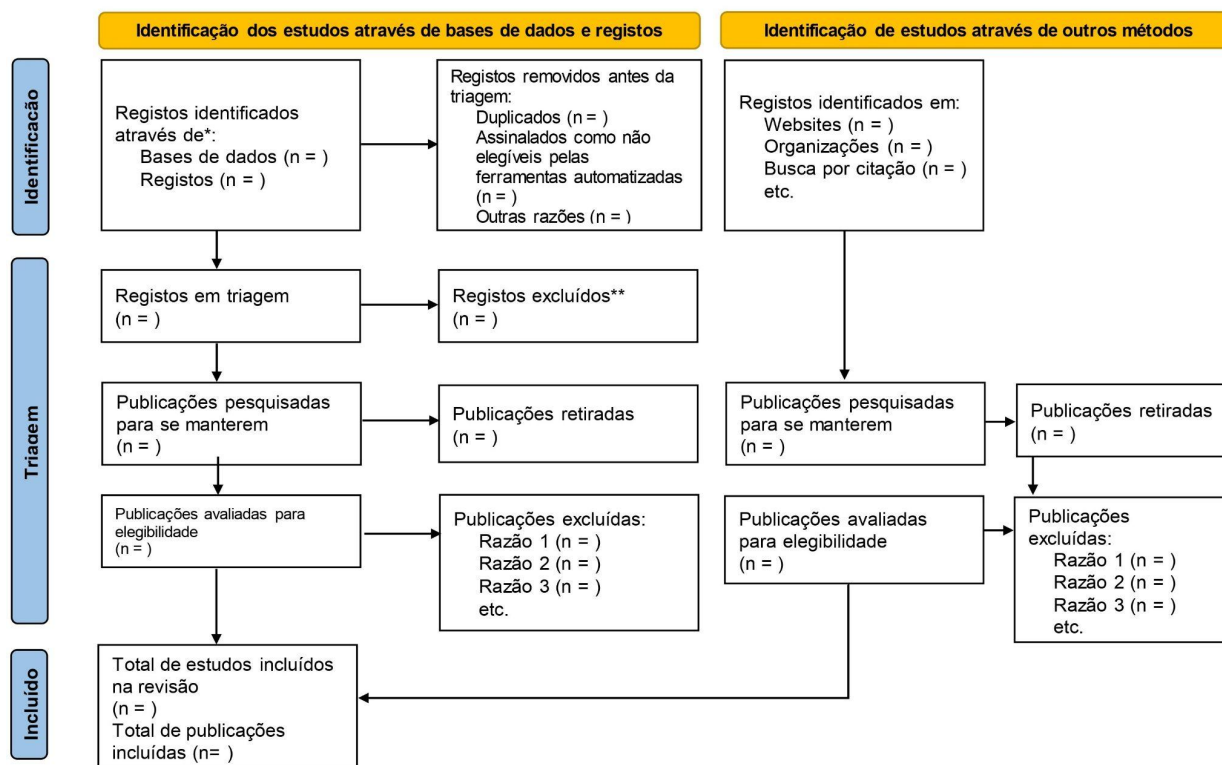
A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é uma metodologia de pesquisa secundária que se diferencia fundamentalmente das revisões narrativas tradicionais por seu rigor metodológico e transparência. Essa abordagem utiliza

métodos explícitos, sistemáticos e reprodutíveis para identificar, selecionar, avaliar criticamente e sintetizar o conjunto de evidências disponíveis sobre uma questão de pesquisa claramente formulada (Galvão; Pereira, 2014). Diferentemente das revisões narrativas, cuja seleção e análise dos estudos frequentemente dependem da interpretação do pesquisador, a RSL adota critérios previamente definidos para todas as etapas da pesquisa, o que favorece a reprodutibilidade do método e reduz a influência de vieses na obtenção dos resultados (Galvão; Ricarte, 2019).

O principal objetivo da RSL consiste em reunir toda a literatura relevante que atenda aos critérios de elegibilidade previamente estabelecidos, permitindo a obtenção de uma síntese confiável do conhecimento disponível sobre determinado tema (Souza; Silva; Carvalho, 2010). Além de consolidar o estado da arte, esse método possibilita identificar lacunas no conhecimento científico, evidenciar divergências entre os estudos existentes, apontar limitações das pesquisas primárias e fornecer subsídios para futuras investigações e para o desenvolvimento de novas abordagens teóricas e metodológicas (Page *et al.*, 2022).

Para garantir a qualidade metodológica e a transparência do processo, a condução da RSL é orientada por protocolos internacionalmente reconhecidos, entre os quais o PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) destaca-se como o mais amplamente adotado (Page *et al.*, 2021), conforme apresentado na Figura 07.

Figura 07 — Modelo de fluxograma prisma 2020.



Fonte: Page (2024).

As diretrizes do PRISMA estabelecem um *checklist* composto por 27 itens que orientam o relato completo da revisão, abrangendo desde a justificativa e os objetivos da pesquisa até a estratégia de busca, os critérios de elegibilidade, o processo de seleção dos estudos, a avaliação da qualidade metodológica e a síntese dos resultados. A utilização desse protocolo promove maior transparência, padronização e rastreabilidade do processo de revisão, permitindo que outros pesquisadores compreendam, reproduzam e avaliem criticamente os procedimentos adotados (Moher *et al.*, 2009).

Embora a revisão sistemática tenha se consolidado inicialmente na área da saúde, em razão da necessidade de sintetizar evidências para subsidiar decisões clínicas, sua aplicação expandiu-se progressivamente para diversas áreas do conhecimento. Atualmente, a metodologia é amplamente empregada em campos como educação, ciências sociais e engenharia, nos quais a crescente produção científica exige métodos estruturados para organizar, analisar e sintetizar as evidências disponíveis (Galvão; Ricarte, 2019). Essa expansão evidencia a versatilidade da RSL como ferramenta para apoiar pesquisas fundamentadas em

evidências, ainda que sua aplicação exija adaptações em função das características metodológicas de cada área do conhecimento.

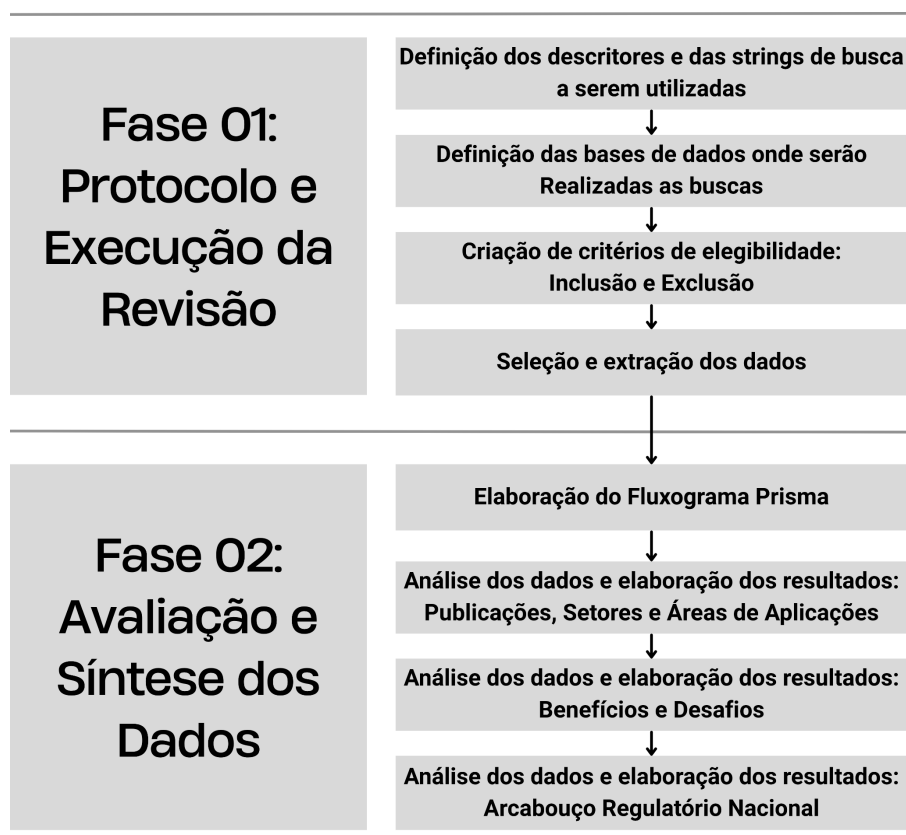
Na engenharia civil, a Revisão Sistemática de Literatura desempenha papel fundamental na consolidação do conhecimento científico e no suporte à tomada de decisão baseada em evidências. Diante do crescente volume de publicações, essa metodologia permite sintetizar o estado da arte sobre tecnologias, processos construtivos e métodos de gestão, identificar consensos e divergências na literatura, reconhecer lacunas que demandam novas investigações e fornecer uma base consistente para o desenvolvimento de normas técnicas, diretrizes de boas práticas e pesquisas futuras (Munhoz *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) de natureza qualitativa e quantitativa descritiva, conduzida com o propósito de identificar, avaliar criticamente e sintetizar as evidências científicas e documentais disponíveis acerca da aplicação e regulamentação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira. O percurso metodológico foi estruturado sob os princípios e diretrizes delineados no guia prático de Munhoz *et al.* (2021), e ancorado rigorosamente no protocolo internacional PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Page *et al.*, 2024).

O desenho da pesquisa foi operacionalizado em duas fases fundamentais: (1) Protocolo e Execução da Revisão; e (2) Análise e Síntese dos Dados, conforme demonstrado no fluxograma da Figura 08.

Figura 08 — Fluxograma da metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A adesão ao *framework* PRISMA 2020 assegura a total transparência do processo, cujo fluxo de identificação, triagem, elegibilidade, exclusão e inclusão dos estudos será sumarizado visualmente por meio de um fluxograma próprio na seção de resultados.

3.1 Fase 1: Protocolo e Execução da Revisão

Esta etapa compreendeu a delimitação das fontes de informação, a formulação das estratégias de prospecção bibliográfica e os procedimentos de seleção e extração assistida dos dados.

3.1.1 Definição de Descritores e Estratégia de Busca

O desenvolvimento da estratégia de busca iniciou-se com a definição de um léxico abrangente de descritores controlados e palavras-chave. Esse levantamento foi orientado pelos objetivos específicos do estudo e validado pela terminologia técnica consolidada na área. Para garantir a cobertura multidimensional do tema, os termos foram estruturados em três eixos conceituais fundamentais:

- Eixo 1 (Tecnologia): Centrado no objeto de estudo, utilizando os termos "VANT", "Drone" e "RPA".
- Eixo 2 (Setor): Delimitador do campo de aplicação industrial, adotando o termo "Construção Civil".
- Eixo 3 (Aplicações e Contexto): Focado nos usos práticos e impactos, contemplando os descritores "inspeção", "monitoramento", "patologia", "tecnologia" e "inovação".

Com os descritores definidos, procedeu-se à elaboração das estratégias e *strings* de buscas. As *strings* de busca foram customizadas para cada repositório digital, adequando-se às particularidades metodológicas de seus respectivos motores de busca. Para isso, empregou-se o uso de operadores booleanos (*AND* e *OR*) associados a delimitadores de campo específicos de cada plataforma (como filtros avançados para buscas restritas a títulos, utilizando sintaxes como *allintitle* ou *ti*). As formulações exatas e as combinações de termos estruturadas individualmente para o Google Acadêmico, a base SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), o

repositório da ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído) e o Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) encontram-se detalhadas na Quadro 01.

Quadro 01 — Estruturas das *Strings* de busca utilizadas em cada uma das bases de dados.

Base de Dados	Estruturada da String de Busca
Google Acadêmico	<i>allintitle:</i> (vant OR drone OR RPA) (patologia OR inspeção OR monitoramento OR construção OR tecnologia OR inovação)
SciELO	<i>(ti:((vant OR drone OR RPA))) AND (ti:((patologia OR inspeção OR monitoramento OR construção OR tecnologia OR inovação)))</i>
Repositório ANTAC	(vant OR drone OR RPA) (patologia OR inspeção OR monitoramento OR construção OR tecnologia OR inovação)
Portal de Periódicos CAPES	Busca Avançada via Filtro de Campo [Título]: Campo 1: (vant OR drone OR RPA); Campo 2: (patologia OR inspeção OR monitoramento OR construção OR tecnologia OR inovação)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.1.2 Bases de Dados e Fontes de Informação

Para mitigar o viés de publicações e assegurar a máxima abrangência, a pesquisa englobou plataformas de literatura científica e repositórios de literatura cinzenta, contemplando documentos publicados até dezembro de 2025. As buscas acadêmicas concentraram-se na SciELO, no Portal de Periódicos da CAPES, no indexador Google Acadêmico e no repositório oficial da ANTAC.

Diferentemente do método de prospecção automatizada adotado para a literatura científica, o mapeamento do panorama normativo nacional seguiu um procedimento de seleção direcionada e curadoria técnica das legislações em vigor. A coleta foi realizada por meio de consulta direta aos acervos e repositórios jurídicos digitais oficiais das autarquias que regem as operações aéreas e de telecomunicação no Brasil: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Foram ativamente identificados e selecionados os marcos regulatórios vigentes que fundamentam o estudo, especificamente o RBAC-E nº 94 de 2023 da ANAC, a ICA 100-40 de 2023 do DECEA e a Portaria nº 2843 de 2024 da ANATEL. Estas normativas possuem aplicação direta ou reflexa

nas operações executadas no perímetro de canteiros de obras, garantindo o total alinhamento legal com a realidade prática da engenharia civil brasileira.

3.1.3 Critérios de Elegibilidade

A seleção dos estudos foi realizada com base em critérios de elegibilidade previamente definidos.

Adotaram-se como Critérios de Inclusão: (i) artigos científicos, trabalhos publicados em anais de eventos, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e capítulos de livros; (ii) documentos redigidos integralmente em língua portuguesa; (iii) estudos cujos dados, análises ou casos de aplicação estivessem relacionados ao contexto brasileiro; (iv) pesquisas diretamente relacionadas ao uso de VANTs na construção civil; e (v) documentos normativos oficiais emitidos por ANAC, DECEA ou ANATEL.

Em contrapartida, os Critérios de Exclusão abrangeram: (i) estudos direcionados a áreas distintas da construção civil, como agricultura, entretenimento, segurança pública; (ii) documentos com acesso restrito ou indisponíveis na íntegra; (iii) publicações internacionais ou redigidas em idioma estrangeiro; e (iv) editoriais, artigos de opinião ou trabalhos sem fundamentação metodológica ou evidências empíricas que permitissem validar seus resultados.

3.1.4 Processo de Seleção e Extração de Dados

O processo de triagem, seleção e extração dos dados foi conduzido com o suporte de *softwares* especializados e ferramentas de inteligência artificial, visando aumentar a padronização, a rastreabilidade e a reprodutibilidade das etapas metodológicas. O procedimento foi estruturado em quatro etapas sistemáticas:

- Etapa 1 - Gerenciamento e Deduplicação:

Os registros recuperados nas bases de dados foram inicialmente importados para o *software Zotero*, o qual permitiu a centralização das referências e a padronização dos metadados dos artigos. Na sequência, o acervo foi exportado para a plataforma *web Rayyan*. Nesta plataforma o processo de deduplicação foi

realizado por meio do mecanismo de detecção de alta sensibilidade da plataforma, que identifica publicações potencialmente duplicadas com base em diferentes graus de similaridade, permitindo a remoção dos registros duplicados.

- Etapa 2 - Triagem por Títulos e Resumos:

Os estudos remanescentes foram avaliados na plataforma Rayyan por meio da leitura dos títulos e resumos. Nessa etapa, foram excluídos os trabalhos que não atendiam aos critérios de elegibilidade ou apresentavam desalinhamento com o escopo da pesquisa, sendo os motivos de exclusão devidamente registrados.

- Etapa 3 - Avaliação de Elegibilidade em Texto Completo:

Os documentos aprovados na triagem inicial foram recuperados integralmente e submetidos à leitura crítica. Apenas os estudos que atenderam a todos os critérios de inclusão compuseram o portfólio final da revisão.

- Etapa 4 - Extração de Dados Assistida por Inteligência Artificial:

A extração dos dados dos estudos selecionados foi realizada com o auxílio da Inteligência Artificial (IA) Gemini, configurada para analisar os documentos completos e organizar as informações em um formulário padronizado elaborado em planilha eletrônica. Foram extraídos dados gerais dos estudos (autor, ano, título e tipo de publicação) e informações específicas relacionadas aos objetivos da pesquisa, abrangendo: (i) os setores da construção civil abordados; (ii) as áreas de aplicação prática dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs); e (iii) as vantagens e os desafios reportados.

O *prompt* utilizado nessa etapa foi desenvolvido por meio de sucessivas iterações, fundamentadas na análise crítica dos resultados obtidos em diferentes execuções. A cada ciclo de refinamento, foram identificadas limitações relacionadas à consistência, padronização, rastreabilidade e organização das informações extraídas, resultando na incorporação de regras específicas que reduziram ambiguidades e minimizaram a variabilidade das respostas.

Entre os principais aprimoramentos destacam-se a ampliação do contexto metodológico da tarefa, a definição de critérios objetivos de classificação, a

decomposição de itens complexos em componentes específicos, a proibição explícita de inferências e do uso de conhecimento externo, a incorporação de mecanismos de rastreabilidade por meio de citações e da localização das informações no texto, bem como a padronização da estrutura de saída para posterior consolidação dos dados em planilhas. Dessa forma, o *prompt* final constituiu um protocolo estruturado de extração de dados, desenvolvido e validado de forma iterativa e indutiva, proporcionando maior consistência, reprodutibilidade e confiabilidade às informações obtidas, em conformidade com os princípios metodológicos das Revisões Sistemáticas da Literatura baseadas nas diretrizes PRISMA 2020.

Todos os dados extraídos foram posteriormente revisados, validados e, quando necessário, corrigidos manualmente pelo autor, assegurando a consistência das informações e a fidelidade ao conteúdo dos estudos primários. Esse procedimento resultou na elaboração do quadro resumo completo e detalhado das publicações selecionadas na Revisão Sistemática da Literatura, apresentado no Apêndice A, que constituiu a base para as etapas subsequentes de síntese, análise e discussão dos resultados.

Concluídas as etapas de seleção e extração dos dados, procedeu-se à fase 2: avaliação, categorização e síntese das evidências obtidas.

3.2 Fase 2: Avaliação e Síntese dos Dados

A segunda etapa caracterizou-se pela análise, sistematização e interpretação das evidências extraídas, utilizando abordagens quantitativas e qualitativas alinhadas aos objetivos da pesquisa. O processo de identificação, seleção e inclusão dos estudos será apresentado na seção de resultados por meio de um fluxograma baseado no fluxograma PRISMA 2020. Essa representação permitirá visualizar o número de registros identificados, os estudos excluídos em cada etapa e a quantidade final de publicações incluídas na revisão.

A análise das aplicações dos VANTs foi realizada por meio de estatística descritiva. Inicialmente, os estudos foram caracterizados quanto ao ano de publicação e ao tipo de documento. Em seguida, as aplicações foram agrupadas em macroáreas da construção civil, chamadas de principais setores, sendo elas:

Patologia das Construções, Gestão e Planejamento, Controle e Fiscalização, Segurança do Trabalho, Manutenção e Operação, Topografia e Geotecnia, Gestão Ambiental. A frequência de ocorrência desses setores foi analisada por meio de gráficos, permitindo identificar a evolução temporal de aplicações dos principais setores. Com isso foi possível identificar as principais áreas de aplicações abordadas pela literatura, mapeando o nível de maturidade da tecnologia.

Para análise das vantagens e desafios relacionados ao uso de VANTs na construção civil, empregou-se uma abordagem de codificação temática. Os dados extraídos dos estudos foram organizados em categorias relacionadas: (a) Eficiência e Produtividade; (b) Custos; (c) Segurança do Trabalho; (d) Qualidade e Precisão; e (e) Gestão. Os resultados foram consolidados em quadros-síntese, possibilitando a identificação dos benefícios e limitações mais recorrentes reportados na literatura.

Por fim, o Arcabouço Regulatório Nacional foi analisado por meio de pesquisa documental baseada nas normas e regulamentações emitidas pelos órgãos competentes. Conduziu-se o fichamento analítico sistemático das normas extraídas (RBAC-E nº 94, ICA 100-40 e Portaria nº 2843). Os documentos selecionados foram examinados quanto ao escopo regulatório, exigências operacionais, requisitos de registro e habilitação, bem como às modalidades de operação dos VANTs. Os resultados foram organizados em um quadro comparativo, detalhando o órgão emissor, o escopo regulatório, as exigências, regras de voo e limitações, bem como as categorias de operação.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

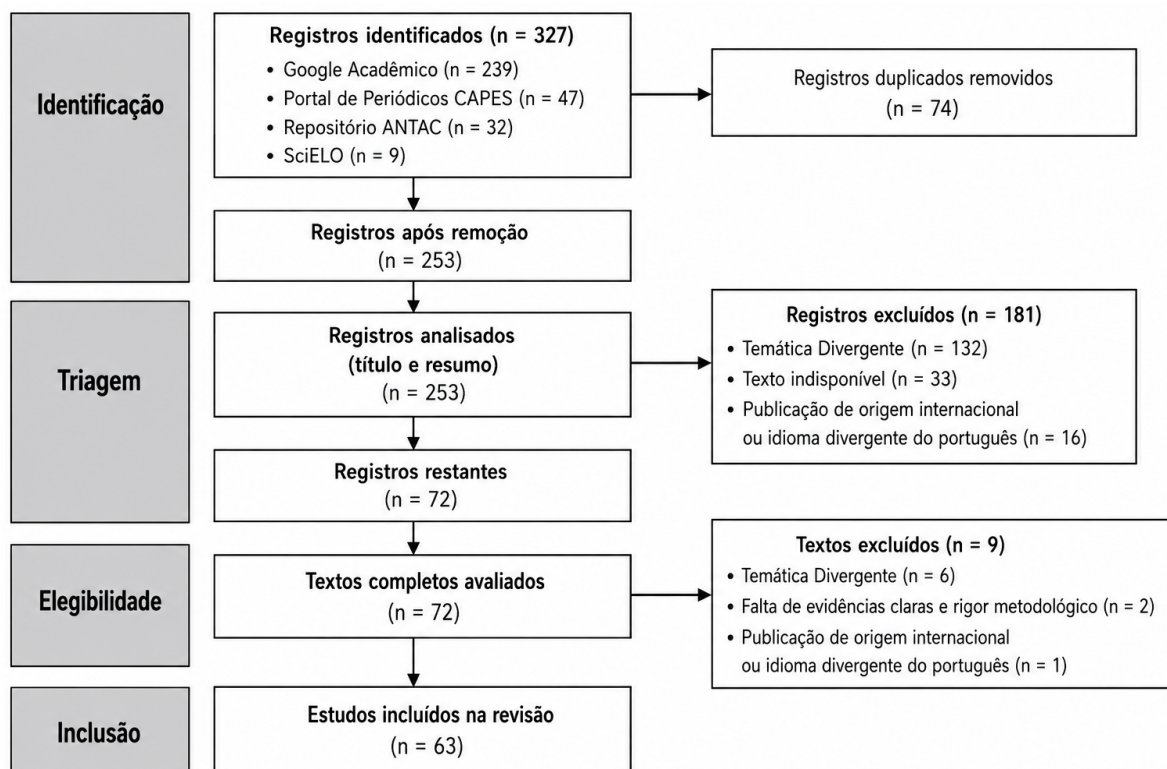
Este capítulo apresenta e discute os resultados da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o uso Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira, abordando suas principais aplicações, benefícios, desafios e aspectos regulatórios.

Inicialmente, são apresentados os resultados do processo de seleção dos estudos incluídos na revisão. Em seguida, discutem-se as evidências identificadas na literatura quanto às aplicações dos VANTs na construção civil, sua evolução ao longo do tempo, os benefícios e desafios associados à sua utilização e os aspectos regulatórios que influenciam sua adoção no contexto brasileiro.

4.1 Triagem e Identificação dos Estudos

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, obteve-se o portfólio final de estudos analisados nesta revisão sistemática. Para assegurar a transparência e a reprodutibilidade exigidas pela comunidade científica, todas as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão foram registradas conforme as diretrizes do PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2024), sendo seus resultados apresentados na figura 08.

Figura 09 — Fluxograma PRISMA 2020 de identificação e triagem dos estudos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A busca bibliográfica resultou na identificação de 327 registros distribuídos entre as quatro fontes de informação consultadas: 239 provenientes do Google Acadêmico, 47 no Portal de Periódicos da CAPES, 32 no repositório da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e 9 da base SciELO. Após a etapa de identificação, foram removidos 74 registros duplicados por meio de verificação automatizada, resultando em 253 estudos para a etapa de triagem.

Na triagem dos títulos e resumos, 181 trabalhos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade estabelecidos. As principais razões para exclusão foram: a ausência de aderência ao tema da pesquisa (132 ocorrências), a indisponibilidade do texto integral (33 ocorrências) e a incompatibilidade com os critérios de idioma ou contexto geográfico definidos para a revisão (16 ocorrências).

Ao final dessa etapa, 72 artigos permaneceram para a avaliação de elegibilidade, por meio da leitura integral dos documentos, conforme apresentado no fluxograma PRISMA (Figura 8).

Na etapa de elegibilidade, a leitura integral dos 72 trabalhos resultou na exclusão de 9 registros. Destes, 6 apresentavam desalinhamento temático, 2 por não apresentarem rigor metodológico e validação de evidências e 1 por corresponder a um estudo internacional, identificados apenas após a análise do texto completo. Ao final do processo, foram incluídas 63 publicações na revisão sistemática, constituindo o portfólio final de análise. Os resultados obtidos a partir desse conjunto de estudos são apresentados e discutidos nas seções subsequentes.

Os estudos selecionados estão citados no Quadro 02, organizados em ordem alfabética dos autores.

Quadro 02 — Publicações Selecionadas na Revisão Sistemática de Literatura.

Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)
1	Aferição de obras habitacionais com o uso de RPAS/Drones	Agostinho, Hashizume e Olivieri (2022)
2	Comparação de diferentes abordagens na aferição da evolução física de obras com o uso do RPAS	Agostini, Hashizume e Olivieri (2024)
3	Proposta de Método para Monitoramento Visual Sistemático do Progresso de Obras Baseado em Mapeamentos 3D por VANT e Bim 4D	Álvares, Costa e Barbosa (2018)
4	Comparação da utilização de Drones na inspeção de Linhas de Distribuição Elétrica com o Trabalho Humano Focado na Segurança do Trabalho	Andrade e Pontes (2025)
5	Inovação na Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)	Ballesteros Ruiz et al. (2020)
6	Uso de BIM e fotogrametria para o monitoramento visual do progresso de obras de infraestrutura	Barretto et al. (2024)
7	Inspeção Da Cobertura De Uma Residência Com Drone	Batista (2018)
8	Estratégias BIM para Gerenciamento do Patrimônio Histórico: Aplicação na Igreja de Santana, Salvador-BA	Bergemann et al. (2024)
9	Uso de RPA como ferramenta auxiliar na inspeção de segurança viária: avaliação do impacto de escolha dos parâmetros de voo	Borges (2025)
10	Uso de drone e plataforma BIM na inspeção predial: Estudo de caso	Bragança e Lima (2022)
11	Inspeções De Sistema De Segurança Na Construção Civil Com Uso De Vant	Britto, Nunes e Moraes (2019)

continua

Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).

Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)
12	Rotas adaptativas para inspeção autônoma de subestação por meio do uso de VANT	Canto (2019)
13	Topografia na Construção Civil: Análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone	Cruz e Perin (2022)
14	PDI para o Monitoramento de Rodovias com Imagens Aéreas Obtidas por VANT	Di Renzo et al. (2017)
15	Utilização De Drone Em Inspeção De Estruturas Especiais Com Ambiente De Espaço Confinado - Estudo De Caso Em Uma Termelétrica No Pecém	Fonteles, Sampaio e Craveiro (2024)
16	Veículo Aéreo Não Tripulado E Aplicações Na Construção Civil Na Área De Transportes – Um Estudo De Caso Na Cidade De Salvador	França, Kanai e Fontanini (2020)
17	Aplicação de VANT - Drones na Inspeção de Aerogeradores e Painéis Fotovoltaicos	Franco, Guimarães e Costa (2022)
18	FUSÃO DE IMAGENS DE DRONE E SMARTPHONE PARA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL	Freitas et al. (2025)
19	Inovação tecnológica na construção civil - Utilização de drone para gerenciamento de obra	Gouveia et al. (2021)
20	Utilização de Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) na inspeção da fachada de uma edificação de administração pública no Rio de Janeiro/Rj	Honorato et al. (2024)
21	Modelagem de parâmetros de um VANT equipado com lidar em aplicações de monitoramento de linhas de transmissão de energia elétrica	Lage et al. (2017)
22	Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras	Lima e Costa (2023)
23	Inspeção de manifestações patológicas de fachadas em edifício de grande altura com vant	Lima et al. (2020)
24	Integração do monitoramento com VANT à gestão da segurança das obras: uma revisão sistemática da literatura	Lima, Melo e Costa (2020)
25	Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações	Lisboa et al. (2018a)
26	Utilização do VANT para inspeção de segurança na construção de uma avenida em Belém-PA	Lisboa et al. (2018b)
27	Avaliação da deterioração do concreto em estações elevatórias de água: Estudo de caso na área urbana de Belém/PA	Lisboa et al. (2024)

continua

Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).

Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)
28	Utilização de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para a inspeção e o mapeamento de danos	Lopes, Bauer e Silva (2022)
29	Mapeamento 3D com drone para suporte a manutenção de edificações	Mello e Bortolini (2022)
30	Utilização de VANT para inspeção de patologias em fachadas: uma análise entre metodologias	Melo e Melo (2023)
31	Diretrizes para o uso de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) para inspeção de segurança em canteiros de obra	Melo, Costa e Álvares (2017)
32	Monitoramento e controle da segurança em canteiro de obras apoiado por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) - estudo de caso	Melo, Costa e Silveira (2018)
33	API de voo autônomo de Drone orientado por modelo BIM	Menegotto (2025)
34	Uma experiência de modelagem urbana a partir de Nuvem de Pontos na ferramenta Revit	Moreira, Mota e Amorim (2019)
35	O uso de veículos aéreos não tripulados na construção civil e suas contribuições no Brasil	Nery, Pimenta e Braga (2021)
36	Implementação do método de inspeção de segurança (Smart Inspects) em obras de infraestrutura	Oliveira et al. (2024)
37	Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico	Parente, Felix e Picanço (2017)
38	Influência dos parâmetros de aquisição de imagens com auxílio de Drone para geração de nuvem de pontos de obras civis	Pascoal Júnior et al. (2019)
39	Aplicações de BIM, RPA e visão computacional de forma integrada para o planejamento e controle da segurança em canteiros de obras	Peinado e Costa (2023)
40	Análise de técnicas de data augmentation para aperfeiçoamento da detecção de sistemas de guarda-corpo e rodapés em canteiros de obras com inteligência artificial	Peinado et al. (2023)
41	Inspeção de fachadas de edificações com veículo aéreo não tripulado (VANT)	Pereira (2022)
42	Algoritmos genéticos: uma abordagem visual para reduzir as perdas por transporte em canteiros de obra	Pérez, Costa e Irizarry (2020)
43	Fluxo de fiscalização de obras públicas em edificações com uso de drone	Pessoa et al. (2025)
44	Utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) na identificação de Resíduos de Construção Civil (RCC) dispostos em locais inadequados	Picanço e Parente (2016)
45	Levantamento de patologia em uma obra no município de Porto Nacional/TO com utilização de VANT	Pinto e Fernandes (2019)

continua

Quadro 02 — Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura (continuação).

Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)
46	Uso de drone na inspeção de barragens de terra no Amazonas	Rabelo Filho e Castro (2022)
47	Análise bibliográfica sobre as potencialidades da aquisição de imagens multi e hiperespectrais por VANTs no auxílio à inspeção de obras de arte especiais	Rauber et al. (2018)
48	Automatização do voo de drone para inspeção tridimensional de dutos em plataformas offshore	Regner (2023)
49	Aplicação de reconhecimento de padrão em processamento de imagens coletadas por VANT para inspeção de guarda-corpo	Rey, Sampaio Sá e Costa (2019)
50	Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico	Ruiz e Lordsleem Junior (2021)
51	Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT): estudo exploratório	Ruiz, Lordsleem Júnior e Rocha (2021)
52	Análise do processamento de imagem por drone em cobertura plana com diferentes níveis	Santos et al. (2024)
53	Aspectos da conservação e da manutenção do sistema de cobertura plana do ICC	Santos et al. (2024)
54	Análise do uso de tecnologias digitais para identificação automatizada de patologias em construções	Silva e Costa (2022)
55	Inspeção de manifestações patológicas em edifícios utilizando câmera termográfica integrada ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): uma pesquisa documental	Silva et al. (2021)
56	Modelo de aprendizado de máquina para inspeção automatizada de fachadas de paredes de concreto	Silva et al. (2023)
57	Inspeção em Reservatórios Elevados de Água com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): revisão sistemática da literatura.	Silva, Lordsleem Júnior e Cabral (2025)
58	Inspeção com Drone para o controle de qualidade durante a execução de fachadas	Silva, Melo e Costa (2025)
59	Integração de métodos digitais e tradicionais na preservação do Museu da Bacia do Paraná	Souza et al. (2025)

continua

Quadro 02 — Publicações Selecionadas na Revisão Sistemática de Literatura (conclusão).

Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)
60	Uso de técnicas de processamento de imagem para inspeção de estruturas de telhados de edificações para fins de assistência técnica	Staffa et al. (2020)
61	Utilização de VANT nos processos de inspeção de fachadas de um edifício	Tondelo e Barth (2018)
62	Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT	Tondelo e Barth (2019)
63	Monitoramento de pontes e viadutos com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT): estudos de caso	Vale et al. (2025)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

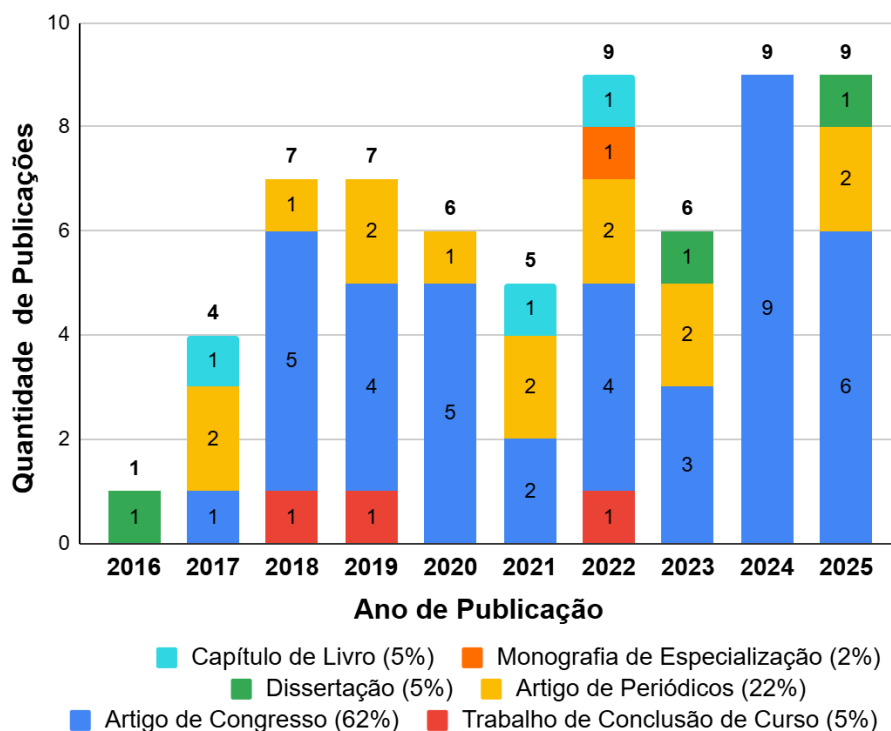
Além disso, a planilha analítica detalhada com as especificações completas de cada publicação está disponível no Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Selecionadas na Revisão Sistemática de Literatura no Apêndice A.

4.2 Análise dos Resultados

Com base nas 63 publicações incluídas na revisão sistemática, esta seção apresenta a análise das evidências identificadas na literatura. Inicialmente, são discutidas a evolução temporal das publicações e sua distribuição entre os diferentes setores da construção civil. Em seguida, são analisadas as principais aplicações dos VANTs reportadas nos estudos selecionados, bem como os benefícios e desafios associados à adoção dessa tecnologia no contexto brasileiro.

4.2.1 Evolução Temporal e Tipologia das Publicações

A distribuição das publicações por ano e por tipologia acadêmica permite caracterizar a evolução da produção científica relacionada ao uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira, conforme observado no Gráfico 1.

Gráfico 01 — Distribuição de Tipos Publicações por Ano de publicação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com o objetivo de mapear a totalidade da produção científica sobre o tema, adotou-se uma janela temporal aberta. Como resultado, identificou-se que o marco inicial das publicações na área ocorreu em 2016, evidenciando a contemporaneidade da discussão. A partir de então, entre 2017 e 2020, observa-se um crescimento gradual no número de estudos publicados, seguido por oscilações nos anos subsequentes. Os maiores volumes de produção ocorreram em 2022, 2024 e 2025, com nove publicações em cada ano. De modo geral, a distribuição temporal evidencia a consolidação dos VANTs como tema de interesse na construção civil brasileira, especialmente a partir da década de 2020.

Os dados evidenciam um crescimento progressivo da produção científica sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira, refletido tanto na evolução temporal das publicações quanto na diversidade de tipologias acadêmicas identificadas. Os artigos publicados em anais de congresso correspondem à maioria (61,90%), totalizando 39 publicações. Em sequência, os artigos de periódicos representam 22,22% da amostra (14 publicações). Já as Teses, Dissertações e

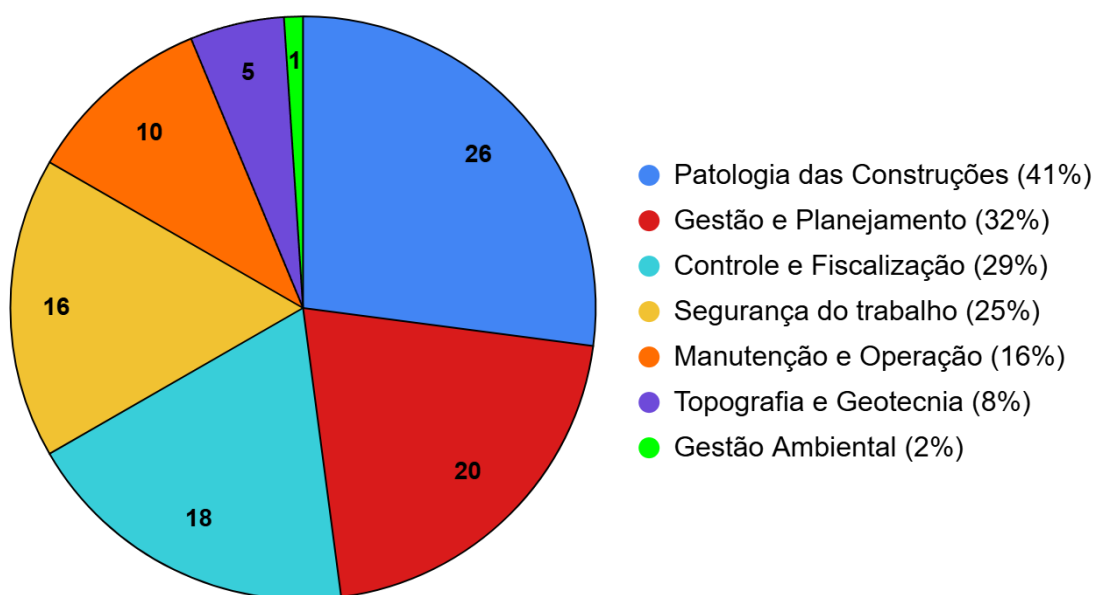
Trabalhos de Conclusão de Curso respondem por 4,76% cada, enquanto as Monografias de Especialização representam 1,59% do total.

A predominância dos artigos de congresso sugere que a discussão sobre VANTs permanece fortemente vinculada à divulgação de resultados aplicados e estudos de caso, característica comum em áreas associadas à inovação tecnológica. Por outro lado, a presença contínua de artigos em periódicos e trabalhos de pós-graduação evidencia o interesse crescente da comunidade científica e o fortalecimento das pesquisas desenvolvidas no contexto nacional.

4.2.2 Concentração por Setores da Construção Civil

Com o objetivo de identificar os setores da construção civil mais contemplados pelas pesquisas sobre VANTs, os estudos selecionados foram classificados de acordo com suas principais macroáreas. Considerando o caráter multifuncional dos drones e dos dados por eles gerados, um mesmo estudo pôde ser enquadrado em mais de um setor da engenharia civil. O Gráfico 02 apresenta a distribuição setorial das 63 publicações incluídas na revisão.

Gráfico 02 — Principais Setores da Construção Civil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O setor de Patologia das Construções apresentou a maior representatividade, estando presente em 41,3% da amostra (26 artigos). Em seguida, a Gestão e Planejamento, 31,7% (20 artigos), e Controle e Fiscalização, com 28,6% (18 artigos). A Segurança do Trabalho ocupa a quarta posição (25,4%, com 16 artigos), ao passo que áreas como Manutenção e Operação (15,9%), Topografia e Geotecnia (7,9%) e Gestão Ambiental (1,6%) apresentaram menor frequência de ocorrência.

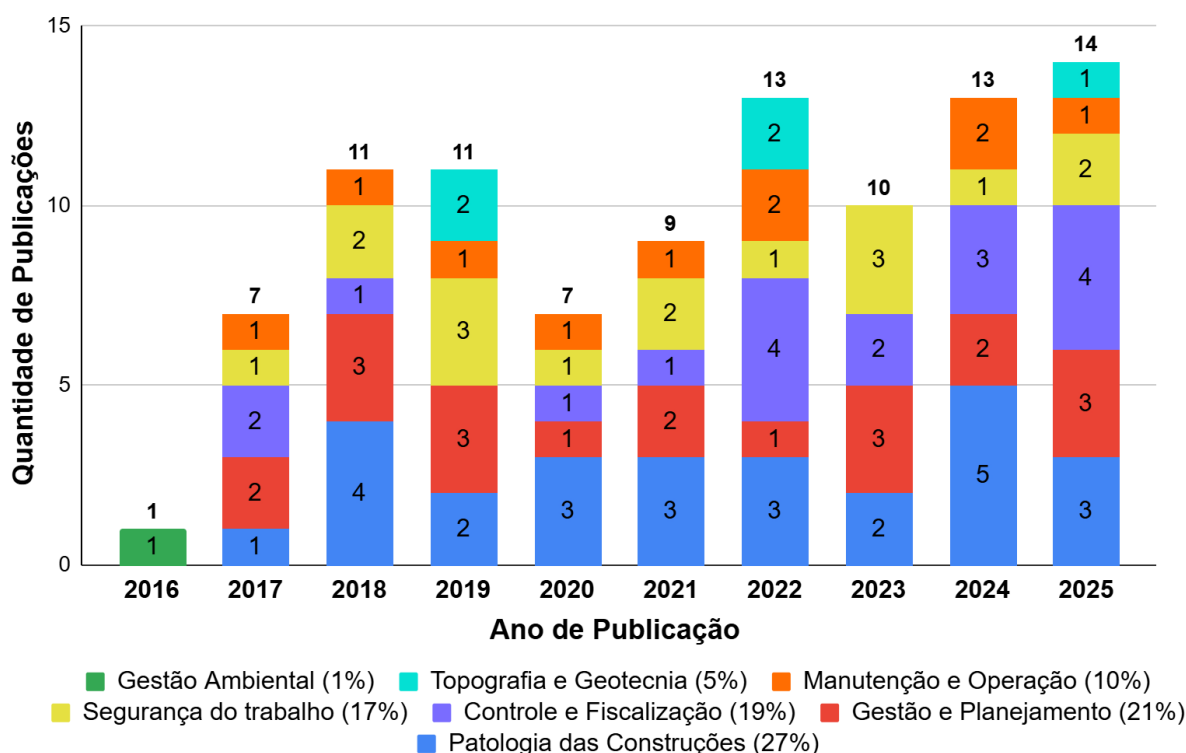
A predominância da Patologia das Construções baseia-se na principal competência técnica do VANT: a viabilização de inspeções visuais em estruturas verticais ou zonas de elevado risco de forma ágil e isenta de infraestruturas provisórias. O processamento de imagens de alta resolução, muitas vezes sobreposto ao espectro infravermelho, confere uma acuidade diagnóstica superior à inspeção ocular distante.

Por outro lado, a expressiva participação dos estudos relacionados à Gestão e Planejamento, ao Controle e Fiscalização e à Segurança do Trabalho demonstra a ampliação do uso dos VANTs para além das atividades de inspeção. Nesses contextos, a tecnologia tem sido empregada no monitoramento de obras, acompanhamento do progresso físico, verificação da conformidade entre o executado “*as-built*” e o projetado “*as-designed*”, documentação de canteiros e apoio à gestão da segurança. Esses resultados indicam uma crescente integração dos drones aos processos de digitalização e modernização da construção civil (“Engenharia 4.0”).

4.2.3 Evolução Setorial ao Longo dos Anos

A análise da distribuição temporal dos setores investigados permite identificar a evolução do interesse científico pelas diferentes aplicações dos VANTs na construção civil brasileira. O cruzamento entre os setores de atuação e o ano de publicação evidencia quais áreas concentram maior volume de estudos ao longo do período analisado e como novas aplicações foram incorporadas à literatura ao longo do tempo. O Gráfico 03 apresenta a evolução dos principais setores abordados nas publicações selecionadas.

Gráfico 03 — Evolução dos principais setores de aplicação de VANT na construção civil brasileira.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Patologia das Construções manteve destaque ao longo de praticamente todo o período analisado, apresentando ocorrências expressivas, especialmente, em 2018 e 2024. Esse comportamento ratifica a inspeções prediais, de fachadas, de coberturas e de estruturas, para a identificação de manifestações patológicas como uma das principais aplicações dos VANTs na construção civil brasileira.

O setor de Gestão e Planejamento apresentou participação recorrente ao longo da série histórica, com maior concentração de estudos em 2023 e 2025. Esse resultado sugere um interesse crescente na utilização de imagens aéreas e produtos derivados dos VANTs como ferramentas de apoio ao acompanhamento e à gestão de obras.

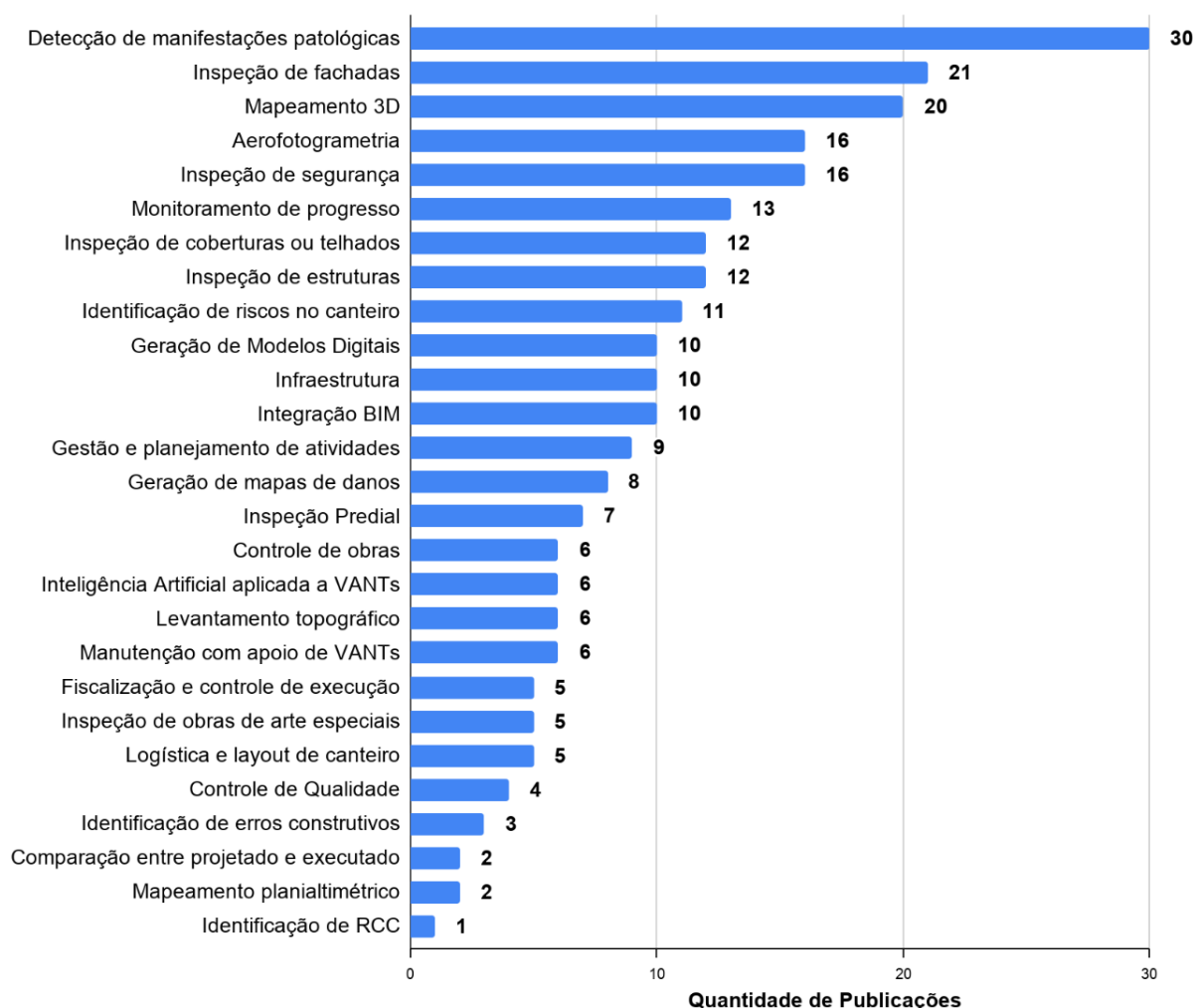
Destaca-se também o aumento do número de publicações relacionadas ao Controle e Fiscalização a partir de 2022. Essa ascendência corrobora a tese de que a digitalização do canteiro de obras incorporou o VANT na sua rotina diária e sistêmica, superando a fase incipiente de vistorias excepcionais. Tendência

semelhante pode ser observada na área de à Segurança do Trabalho, cujos estudos evidenciam o potencial da tecnologia para reduzir a exposição de trabalhadores a situações de risco e ampliar a segurança nas operações de campo.

Apesar de a estratégia de busca não ter delimitado um recorte temporal, o primeiro registro bibliográfico identificado ocorreu no ano de 2016, com aplicação voltada ao setor de Gestão Ambiental. Nesse contexto, a menor frequência de estudos associados a essa área, bem como à Topografia e à Geotecnia, pode estar relacionada, em parte, aos critérios de elegibilidade adotados na revisão, que delimitaram pesquisas com aplicação direta na construção civil. Dessa forma, estudos com enfoque mais amplo nesses setores não foram contemplados no portfólio final analisado.

4.2.4 Mapeamento das Áreas de Aplicação

O detalhamento das aplicações práticas permite identificar as atividades técnicas em que os VANTs são efetivamente empregados na construção civil. Como um mesmo estudo pode abordar mais de uma aplicação, foram contabilizadas 256 menções de usos da tecnologia entre os 63 trabalhos analisados. O Gráfico 04 apresenta a distribuição dessas aplicações na literatura revisada.

Gráfico 04 — Áreas de Aplicações Práticas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise aponta a predominância do eixo de Diagnósticos Prediais, destacando-se a Detecção de Manifestações Patológicas (presente em 47,62% dos artigos), seguida pela Inspeção de Fachadas (33,33%) e Inspeção de Coberturas (19,05%). Esses resultados evidenciam o potencial dos VANTs para tornar mais ágeis e seguras atividades de inspeção que, tradicionalmente, demandam balancins, plataformas elevatórias ou acesso por cordas.

Na área da Digitalização e Modelagem Avançada, o Mapeamento 3D (31,75%) e a Aerofotogrametria (25,40%) destacam-se como importantes aplicações para a geração de modelos digitais do ambiente construído, como espinha dorsal para a criação de "Gêmeos Digitais". Esses processos fornecem subsídios para a

elaboração de Modelos Tridimensionais e os Modelos Digitais (15,87%) indispensáveis para a Integração BIM (15,87%).

A área da Segurança e Monitoramento também apresentou participação expressiva, destacando-se as aplicações relacionadas à Inspeção de Segurança propriamente dita (25,40%), à identificação de Riscos no Canteiro (17,46%) e ao Monitoramento de Progresso (20,63%). Por fim, destacam-se as aplicações em Inspeção de estruturas (19,05%), nas quais as VANTs são utilizadas na Infraestrutura (15,87%), para inspeções em Obras de Arte Especiais (OAEs com 7,94%), reservatórios elevados e barragens, minimizando a interrupção do tráfego ou das operações associadas a essas estruturas.

4.2.5 Vantagens Agregadas e Desafios Operacionais

A literatura analisada demonstra que a adoção de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil está intimamente ligada a uma relação complexa de custo-benefício e viabilidade técnica. Os quadros 03 ao 09 sintetizam as principais vantagens e desafios reportados pelos estudos selecionados, organizados em cinco categorias: Custos, Eficiência e Produtividade, Qualidade e Precisão das Informações, Segurança do Trabalho e Gestão das informações.

Essa categorização permite compreender de forma integrada como a tecnologia tem contribuído para a otimização de processos na construção civil, bem como os fatores que ainda limitam sua ampla utilização no setor. As fontes dos Quadros 03 ao 09 estão referenciadas no Quadro 02.

Quadro 03 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Controle e Fiscalização de obras.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Controle e Fiscalização	Custos	Redução de custos operacionais e logísticos, substituindo métodos manuais, locação de equipamentos pesados e idas contínuas ao campo.	Incerteza técnica na especificação de sensores e alto custo de processamento de dados.	[01]; [14]; [16]; [21]; [63]
	Eficiência e Produtividade	Automação e velocidade no ciclo de coleta de dados, permitindo vistorias rápidas e relatórios de progresso <i>as-built</i> com mínima interferência na execução.	Incapacidade de aferir ambientes internos, sensibilidade a condições climáticas (chuva/vento) e limitações de autonomia de bateria.	[05]; [07]; [20]; [23]; [27]; [28]; [30]; [37]; [41]; [45]; [47]; [50]; [52]; [53]; [56]; [58]; [60]; [61]; [63]
	Qualidade e Precisão	Perspectivas visuais privilegiadas e inalcançáveis no solo, melhorando o rigor técnico, confiabilidade da inspeção e a exatidão quantitativa.	Alta complexidade computacional para processar nuvens de pontos, necessidade de pontos de controle no solo e falhas interpretativas do <i>software</i> .	[02]; [03]; [06]; [21]; [41]; [56]; [58]; [63]
	Segurança do Trabalho	Mitigação de riscos operacionais e eliminação do trabalho em altura, preservando a integridade física dos inspetores.	Exigência de profissionais extremamente capacitados e dependência de condições climáticas favoráveis.	[14]; [16]; [19]; [21]; [29]; [41]; [48]; [52]; [53]; [54]; [56]; [58]; [63]
	Gestão	Aumento da transparência e comunicação visual confiável, servindo como lastro documental para a tomada de decisão gerencial.	Fragilidades culturais no setor público, burocracia e dificuldade de integração algorítmica com plataformas BIM.	[06]; [14]; [29]; [43]; [58]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 04 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Gestão e Planejamento.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Gestão e Planejamento	Custos	Redução de custos diretos na fiscalização e ganho em escala das vistorias, viabilizando economicamente a modelagem reversa <i>as-built</i> .	Deficiências altimétricas sem pontos de apoio no chão e limitação computacional em lidar com mesclas massivas de fotos.	[01]; [12]; [35]; [38]
	Eficiência e Produtividade	Automação e velocidade no ciclo de coleta, atualização maciça desburocratizada do canteiro e mínima interferência na execução das obras.	Exigência de treinamentos práticos, certificações burocráticas (ANAC/DECEA) e barreira de integração algorítmica com o modelo BIM.	[01]; [02]; [03]; [12]; [14]; [19]; [22]; [26]; [31]; [34]; [35]; [38]; [43]; [48]; [59]
	Qualidade e Precisão	Criação de modelos realistas e atualizados do canteiro (ortomosaicos e modelos 3D), permitindo o pareamento direto do projetado contra o materializado.	O volume de dados coletados exige alta capacidade de <i>hardware</i> para processamento e armazenamento massivo, além de imprecisões geométricas causadas por ventos.	[02]; [03]; [06]; [33]; [34]; [38]; [42]; [59]
	Segurança do Trabalho	Preservação da integridade física, eliminação da exposição da mão de obra a perigos e monitoramento remoto de atividades de acesso crítico.	Risco de colisão do aparelho contra operários, instabilidade da aeronave e restrições de voo em áreas internas.	[12]; [14]; [19]; [26]; [31]; [35]; [39]; [48]; [59]
	Gestão	Integração orgânica entre produção e segurança, aumento da transparência no canteiro e auditoria eletrônica de falhas de projeto.	Dificuldade em correções temporâneas de falhas profundas, receio ético de invasão de privacidade e fragilidades culturais na adoção tecnológica.	[06]; [12]; [14]; [22]; [31]; [32]; [33]; [35]; [39]; [43]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 05 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Manutenção e Operação.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Manutenção e Operação	Custos	Redução de custos operacionais e logísticos de manutenção, mitigando deslocamentos e a necessidade de locação de equipamentos de elevação.	Imposição de distância limitante, distorções na conversão de coordenadas GPS e incerteza técnica na especificação de sensores.	[12]; [17]; [21]; [35]
	Eficiência e Produtividade	Redução do tempo de parada do equipamento, captação ágil de dados <i>as built</i> para reformas e dinamismo com readequação de rotas em tempo real.	Ocorrência de 'pontos cegos' causados por elementos arquitetônicos e restrições ao piloto automático por obstrução mecânica.	[08]; [12]; [17]; [21]; [29]; [59]; [61]
	Qualidade e Precisão	Viabilização de diagnóstico detalhado em áreas extensas, com resolução óptica suficiente para atestar falhas e ressecamentos à distância.	Presença de obstáculos no entorno que impedem voos baixos e alta dependência de condições climáticas favoráveis.	[08]; [21]; [52]; [53]; [61]
	Segurança do Trabalho	Afastamento do perigo em subestações, eliminação do trabalho em altura e obtenção segura de dados em locais inacessíveis ou fragilizados.	Proximidade de fiações e materiais que abafam o sinal GPS e riscos de instabilidade do drone.	[08]; [12]; [17]; [21]; [29]; [35]; [59]; [61]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 06 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Gestão Ambiental.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Gestão Ambiental	Custos	Flexibilidade temporal e baixo custo, sendo mais barato que aerolevantamentos com aeronaves tripuladas para monitoramento ambiental.	Raio de alcance restrito de rádio e bateria.	[44]
	Eficiência e Produtividade	Rapidez e segurança da informação, auxiliando no controle sem depender de longas fiscalizações in loco.	Instabilidade da aeronave em voo e vulnerabilidade a condições temporais como sombras e ventos.	[44]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 07 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Patologia das Construções.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Patologia das Construções	Custos	Redução expressiva de custos operacionais, dispensando montagem de andaimes, balancins e locação de equipamentos de acesso vertical.	Alto custo de aquisição de sensores especializados (termográficos/laser) e de processamento de dados.	[05]; [10]; [15]; [20]; [23]; [25]; [28]; [37]; [47]; [50]; [51]; [57]; [63]
	Eficiência e Produtividade	Rapidez na captura e agilidade no diagnóstico, mapeando fachadas e coberturas extensas em poucos minutos de voo.	Fragmentação da missão pelo rápido esgotamento das baterias (autonomia restrita) e limitações de voo em áreas urbanas densas.	[05]; [07]; [08]; [10]; [15]; [20]; [23]; [25]; [28]; [30]; [37]; [41]; [45]; [50]; [51]; [55]; [56]; [57]; [58]; [60]; [61]; [62]; [63]
	Qualidade e Precisão	Melhoria no rigor e confiabilidade do levantamento, com acesso ortogonal a pontos cegos e identificação automatizada de manifestações patológicas.	Incapacidade de realizar testes de percussão (diagnóstico tátil), dificuldade em identificar deslocamentos não aparentes e vulnerabilidade a sombras.	[05]; [07]; [20]; [23]; [27]; [28]; [30]; [37]; [41]; [45]; [47]; [50]; [52]; [56]; [58]; [60]; [61]; [63]
	Segurança do Trabalho	Eliminação absoluta dos riscos da atividade em altura, substituindo vistorias manuais perigosas e protegendo a integridade física do inspetor.	Necessidade de qualificação técnica rigorosa e riscos de queda do equipamento sobre terceiros.	[05]; [07]; [08]; [10]; [15]; [20]; [23]; [28]; [41]; [45]; [47]; [50]; [51]; [55]; [56]; [57]; [58]; [60]; [61]; [63]
	Sustentabilidade e Gestão	Minimização do risco de danos ao patrimônio histórico e mapeamento de danos periódicos com evidências digitais rastreáveis.	Vulnerabilidade à luz solar que pode corromper texturas dos modelos e necessidade de planejamento minucioso.	[08]; [10]; [60]; [62]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 08 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Segurança do Trabalho.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Segurança do Trabalho	Custos	Redução de custos logísticos e diretos na fiscalização, substituindo aparatos tradicionais e otimizando o orçamento de segurança.	Elevado custo inicial de treinamento e aquisição de <i>hardwares</i> com tecnologias avançadas.	[04]; [17]; [35]
	Eficiência e Produtividade	Automação e rapidez na inspeção visual, redução do tempo do auditor de campo e observabilidade de grandes extensões logísticas.	Escassez de acervos visuais para treinamento de IA, interferência de luz solar no reconhecimento de imagens e limitação regulatória (ANAC).	[04]; [17]; [19]; [22]; [24]; [26]; [31]; [40]; [45]; [49]; [57]
	Qualidade e Precisão	Identificação automatizada de riscos, superação de pontos cegos nas frentes de trabalho e melhoria na precisão de detecção de elementos de segurança.	Dificuldade de isolar frentes de trabalho em áreas urbanas e distorções se os voos forem muito próximos ou distantes.	[04]; [11]; [24]; [36]; [40]
	Segurança do Trabalho	Preservação da integridade física, extinção dos riscos letais inerentes ao trabalho em altura e afastamento do trabalhador de áreas de alta tensão.	Risco do próprio tráfego rotatório do aparelho gerar quedas e esbarrões contra operários, além de instabilidade em zonas de vento.	[04]; [11]; [17]; [19]; [24]; [26]; [31]; [35]; [36]; [39]; [45]; [49]; [57]
	Gestão	Integração entre produção e segurança, aumento da transparência no canteiro e agilidade no feedback sobre situações de risco imediato.	Dificuldade em correções temporâneas de falhas profundas decorrentes de falta de planejamento e receio ético de invasão de privacidade.	[22]; [32]; [35]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Quadro 09 — Vantagens e Desafios do uso de drones para Topografia e Geotecnia.

Principal setor	Categoria	Vantagens	Desafios	Fonte
Topografia e Geotecnia	Custos	Viabilidade econômica da modelagem reversa <i>as built</i> , menor investimento em operação e redução de custos em relação à topografia convencional.	Necessidade de pontos de controle no solo para garantir precisão geodésica, o que pode aumentar o tempo de campo.	[09]; [13]; [38]; [46]
	Eficiência e Produtividade	Levantamento ágil de dados topográficos, rapidez na obtenção massiva de matrizes de imagens e otimização do censo de infraestrutura.	Restrições em ruas estreitas, alto custo computacional e travamentos no processamento de nuvens de pontos densas.	[09]; [13]; [34]; [38]; [46]
	Qualidade e Precisão	Acesso a áreas complexas e acidentadas, queda na subjetividade da análise visual e viabilização de modelagem com máxima fidelidade ao terreno.	Sensibilidade climática (ventos impedem estabilidade) e deficiências altimétricas sem pontos GNSS no chão.	[09]; [13]; [34]; [38]
	Segurança do Trabalho	Extinção da exposição das equipes a perigos geológicos (charcos, terrenos instáveis) e mitigação de riscos físicos em rodovias movimentadas.	Perda de precisão geométrica em voos sem antenas RTK e dificuldades de processamento causadas por vegetação em movimento.	[09]; [46]

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise desses dados evidencia que a adoção dos VANTs tem contribuído para a modernização dos processos de construção civil no ambiente construtivo. No que se refere à eficiência e à produtividade, observa-se que a captura autônoma ou semiautônoma de dados substitui ciclos estáticos e morosos de inspeção manual, acelerando a resposta gerencial com quase nenhuma intervenção obstrutiva na praça de trabalho, conforme demonstrado por Agostinho, Hashizume e Olivieri (2022).

Sob a ótica dos custos, verifica-se que os principais benefícios econômicos estão relacionados à redução da necessidade de equipamentos de acesso em altura, como plataformas elevatórias e sistemas de ancoragem. Entretanto, a adoção da tecnologia ainda enfrenta limitações associadas ao elevado custo de equipamentos mais avançados, softwares especializados e infraestrutura

computacional adequada para o processamento de grandes volumes de dados, de acordo com Canto (2019) e Nery, Pimenta e Braga (2021).

No âmbito da segurança do trabalho, os VANTs se destacam por possibilitar a realização de inspeções sem a exposição direta dos trabalhadores a atividades em altura ou em locais de difícil acesso, contribuindo para a mitigação de riscos ocupacionais, conforme evidenciado por Bergemann et al. (2024). Por outro lado, o uso dessas aeronaves passa a demandar extrema perícia dos operadores, visto que a eventual queda da aeronave configura um novo risco físico aos operários situados em solo, conforme apontado por Lima, Melo e Costa (2020).

No que se refere à qualidade e à precisão dos dados, a literatura destaca que a alta resolução das imagens obtidas por VANTs possibilita a identificação detalhada de manifestações patológicas e a geração de informações com elevado nível de detalhamento, frequentemente superiores às obtidas por inspeções convencionais realizadas em solo. Nesse contexto, Cruz e Perin (2022) ressaltam que a utilização de pontos de controle terrestres e sistemas de posicionamento de alta precisão, como RTK e GNSS, é fundamental para garantir a acurácia dos produtos gerados e minimizar erros altimétricos nos processos de ortorretificação e modelagem cartográfica.

Por fim, a área de gestão das informações também é beneficiada pela disponibilidade de informações visuais atualizadas e pela maior transparência no acompanhamento das obras, favorecendo a comunicação entre projetistas, executores e demais partes interessadas. Entretanto, desafios relacionados à integração dos dados com plataformas BIM, bem como limitações operacionais associadas às condições de iluminação e às condições meteorológicas, ainda constituem fatores que podem restringir a utilização dos VANTs em determinadas situações.

4.3 Arcabouço Regulatório Nacional

A operação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira está sujeita a um arcabouço normativo multifacetado, concebido principalmente para a mitigação de riscos ao tráfego aéreo e garantir a segurança da população em solo. A regulamentação do setor é descentralizada e está sob a

competência de de três órgãos principais: a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), responsável pela certificação das aeronaves e operadores; o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), responsável pelo uso e acesso seguro do espaço aéreo; e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), responsável pelas frequências de comunicação de rádio. O detalhamento dessas normativas e de suas categorias de operação é apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 — Sistematização do Arcabouço Regulatório Nacional.

Órgão	Norma	Escopo Central	Categorias de Operação	Exigências	Regras de Voo e Limitações
ANAC	RBAC-E nº 94 (2023)	Aeronavegabilidade e (aeronave), certificação (piloto) e segurança de terceiros no solo.	Por Peso: Classe 1: > 150kg; Classe 2: 25 kg a 150 kg; Classe 3: ≤ 25 kg	Registro: SISANT obrigatório para VANTs > 250g; Habilitação/CMA: Exigida para Classes 1, 2 ou voos > 400 pés; Seguro: RETA obrigatório contra danos a terceiros (para VANTs > 250g).	Proibição de voo 100% autônomo; Distância mínima de 30 metros de pessoas não anuentes (salvo com barreiras físicas).
DECEA	ICA 100-40 (2023)	Controle do tráfego e acesso ordenado ao Espaço Aéreo Brasileiro.	Por Visibilidade do Piloto: VLOS: Contato visual direto. EVLOS: Contato visual estendido (com observador). BVLOS: Além do alcance visual.	Autorização: Submissão prévia e obrigatória de planos de voo via plataforma SARPAS NG;	Entorno de Estrutura: Permite voo a até 5m acima do topo e 30m das laterais da edificação; Respeito às zonas de proteção de aeródromos e helipontos.
ANATEL	Portaria nº 2843 (2024)	Telecomunicações, radiofrequência e Enlace C2 (Comando e Controle).	Por Frequência: Equipamentos emissores de rádio (Wi-Fi, controle remoto).	Homologação: Certificação compulsória do drone e do rádio controle (selo Anatel).	Prevenção contra interferências eletromagnéticas e perda de sinal em áreas urbanas densas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A estruturação apresentada no Quadro 10 consolida os principais parâmetros relacionados à utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil. Para compreender a aplicação prática dessas tecnologias no

canteiro de obras, é necessário esclarecer os conceitos técnicos estipulados pelas normativas vigentes, especialmente aqueles relacionados às modalidades de voo definidas pelo DECEA.

Nesse contexto, as modalidades de operação de tráfego são categorizadas pela capacidade de o piloto manter, ou não, o contato visual com a aeronave para evitar colisões no espaço aéreo. A operação em Linha de Visada Visual (VLOS - *Visual Line of Sight*) exige que o piloto mantenha contato visual direto e ininterrupto com o VANT durante todo o voo. Já a operação em Linha de Visada Visual Estendida (EVLOS - *Extended Visual Line of Sight*), por sua vez, permite um alcance maior, desde que o piloto seja auxiliado por observadores situados em outros pontos do terreno para manter o rastreo visual da aeronave.

Por sua vez, a operação Além da Linha de Visada Visual (BVLOS - *Beyond Visual Line of Sight*) caracteriza-se por voos de longas distâncias, sendo comum em topografia e rodovias, onde o veículo aéreo não tripulado opera fora do alcance visual da equipe de solo. Por envolver maiores riscos operacionais, essa modalidade mais crítica requer níveis mais elevados de certificação e processos de autorização mais rigorosos por parte dos órgãos competentes (Brasil, 2023).

No que se refere às classes de peso e às restrições de segurança em solo, a ANAC as aeronaves remotamente pilotadas de acordo com o Peso Máximo de Decolagem (PMD). No contexto da construção civil, operam-se quase integralmente os equipamentos da Classe 3, com peso inferior a 25 kg. Para estes, além do cadastro no SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas), a ANAC estipula a regra basilar da "Distância de 30 Metros", o que significa que a aeronave jamais pode operar a uma distância horizontal menor do que 30 metros de qualquer pessoa que não esteja envolvida na operação ou que não tenha assinado um termo de anuência, como pedestres ou moradores vizinhos, salvo se houver uma barreira física capaz de protegê-las (Brasil, 2023).

Com o objetivo de viabilizar determinadas operações de inspeção, o DECEA previu especificamente a operação no "Entorno de Estrutura". Nessa condição, é estabelecido um volume operacional ao redor da edificação (cilindro imaginário) que permite o VANT voar até 30 metros de suas faces laterais e 5 metros acima da cumeeira ou laje de cobertura, facilitando a realização de inspeções e

vistorias de fachadas dentro dos limites previamente aprovado pelo SARPAS NG (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas Nova Geração) (Brasil, 2023).

Por fim, no que se refere à segurança das comunicações, a ANATEL exige a homologação dos equipamentos utilizados nas operações com VANTs, para blindar o "*Enlace C2*", que é a conexão de comunicação contínua entre o controle remoto e a aeronave. Considerando que áreas urbanas e canteiros de obras apresentam elevada concentração de sinais eletromagnéticos provenientes de redes de telecomunicações, equipamentos eletrônicos e maquinário diverso, a homologação busca assegurar níveis adequados de desempenho e confiabilidade da comunicação. Dessa forma, reduz-se o risco de interferências, perda de sinal ou falhas de controle que possam comprometer a operação da aeronave, incluindo situações conhecidas como *fly-away* (*voar para longe*), caracterizadas pela perda involuntária do controle do VANT pelo operador (Brasil, 2024).

4.3.1 Análise Aplicada: Gargalos entre a Regulamentação e a Engenharia

O cruzamento das exigências regulatórias com as demandas operacionais identificadas nas publicações evidencia os principais gargalos operacionais para a utilização dos VANTs em determinados contextos e aponta a distância entre as necessidades de digitalização construtiva e as restrições inerentes à segurança do espaço aéreo.

Enquanto os órgãos reguladores tratam essas aeronaves sob a perspectiva da segurança do espaço aéreo e da proteção de terceiros, a engenharia as emprega como uma ferramentas de aquisição rápida de dados e monitoramento de obras. Dessa diferença de enfoques surgem alguns entraves práticos à sua aplicação.

Um dos principais desafios refere-se à regra de distanciamento mínimo de 30 metros de pessoas não anuentes, estabelecida pela ANAC. Em obras localizadas em áreas urbanas adensadas, especialmente em edificações verticais, o atendimento a essa exigência pode dificultar a realização de inspeções em fachadas voltadas para vias públicas. Nesses casos, a proximidade de pedestres e edificações vizinhas pode demandar medidas adicionais de controle operacional, tornando a atividade mais complexa do ponto de vista logístico.

Além disso, outro desafio da inspeção de fachadas localizadas junto às divisas urbanas. Embora o DECEA preveja a modalidade de "Operação no Entorno de Estrutura", permitindo voos próximos à edificação sob a ótica da gestão do espaço aéreo, permanecem as exigências da ANAC relacionadas à segurança de terceiros em solo. Isso cria um cenário contraditório onde há amparo aéreo pelo DECEA, mas bloqueio civil pela ANAC.

Outro gargalo evidente é a burocracia em obras de infraestrutura lineares, como rodovias, ferrovias e linhas de transmissão. Nesses empreendimentos, a utilização de voos BVLOS pode ser necessária para viabilidade econômica. Contudo, para voar além do alcance visual, o modelo do VANT precisa ter o projeto aprovado pela ANAC e possuir um CAER (Certificado de Autorização de Voo Experimental) ou CAV (Certificado de Autorização de Voo). Esse é o verdadeiro gargalo financeiro e burocrático. Além disso, as solicitações no DECEA via SARPAS podem demorar até 12 dias para emissão da autorização, dificultando a realização de inspeções emergenciais.

Por fim, observa-se uma redução da agilidade operacional, uma das principais vantagens associadas ao uso dos VANTs na construção civil, uma vez que a necessidade de planejamento prévio dos voos e da obtenção das autorizações específicas pode retardar o início das operações e tornar o fluxo de trabalho menos dinâmico. Consequentemente, a resolução de demandas imediatas na construção civil pode ser impactada pelo tempo necessário para a tramitação dos procedimentos administrativos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo atingiu o objetivo de mapear e sistematizar as evidências científicas e o arcabouço normativo relacionados ao uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) na construção civil brasileira, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura. A análise permitiu consolidar o panorama atual da aplicação dessa tecnologia, identificando seus principais usos, benefícios, limitações e condicionantes regulatórios.

Os resultados evidenciaram que os VANTs vêm ampliando sua aplicação no setor da construção civil, com destaque para atividades relacionadas à Patologia das Construções, Inspeções, Controle e Fiscalização de obras e Segurança do Trabalho. As principais contribuições identificadas estão associadas ao aumento da segurança dos trabalhadores, à melhoria da eficiência dos processos de inspeção e à geração de informações visuais e modelos digitais para apoio à gestão dos empreendimentos.

Apesar dos avanços tecnológicos, a adoção dos VANTs ainda apresenta desafios relacionados aos custos de implementação, processamento dos dados coletados, dependência das condições meteorológicas e limitações impostas pelo ambiente regulatório. Esses fatores indicam que a consolidação dessa tecnologia no setor depende não apenas da evolução dos equipamentos e ferramentas digitais, mas também do aprimoramento dos processos, da capacitação dos usuários e da adequação das regulamentações às necessidades da construção civil.

Dessa forma, este estudo contribui para a organização e sistematização do conhecimento sobre o uso de VANTs na construção civil brasileira, fornecendo uma visão abrangente das aplicações existentes, dos benefícios associados e das barreiras que ainda limitam sua expansão.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação das pesquisas sobre a aplicação de VANTs em áreas como infraestrutura, topografia e geotecnia, incluindo estudos com diferentes enfoques e aplicações associadas à construção civil. A realização de revisões com critérios de elegibilidade mais

abrangentes pode contribuir para uma compreensão mais ampla do potencial dessa tecnologia em outros segmentos relacionados ao setor.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, H. L., HASHIZUME, S. H., OLIVIERI, H. Aferição de obras habitacionais com o uso de RPAS/Drone. In: **XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 19, 7 nov. 2022. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v19i1.2065>.
- AGOSTINI, H. L., HASHIZUME, S., OLIVIERI, H. Comparação de diferentes abordagens na aferição da evolução física de obras com o uso do RPAS. In: **XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 20, 7 out. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: 2024. p. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5804>.
- ÁLVARES, J. S., COSTA, D. B., MELO, R. R. S. de. Diretrizes para o uso de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) Para Inspeção de Segurança em Canteiros de Obra, **Tecnologia para canteiro de obras sustentável**, 2017. Disponível em: https://editorascienza.com.br/pdfs/978_85_5953_027_8_capitulo_8.pdf. Acesso em: 15 fev. 2026.
- ALVARES, J. S.. **Monitoramento visual do progresso de obras com uso de mapeamentos 3D de canteiros por VANT e modelos BIM 4D**. 2019. 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/32981>. Acesso em: 25 set. 2025.
- ÁLVARES, J., COSTA, D., BARBOSA, A. Proposta de Método para Monitoramento Visual Sistemático do Progresso de Obras Baseado em Mapeamentos 3D por Vant e Bim 4. In: **XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 17, 12 nov. 2018. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 12 nov. 2018. p. 3151–3160. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v17i1.1736>.
- ANDRADE, R. P. de. **Uso da termografia infravermelha embarcada em drone como ferramenta para inspeção de patologias em revestimentos aderidos de fachada**. 2020. 278 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-18112020-102555/publico/RenanPereiradeAndradeCORR20.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.
- ANDRADE, S. C. de, PONTES, I. L. F. Comparação da Utilização de Drones na Inspeção de Linhas de Distribuição Elétrica com o Trabalho Humano Focado na Segurança do Trabalho, **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 9, p. 623–638, 2025. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v11i9.20903>.
- AQUINO, B. S. de. **Os efeitos jurídicos do uso do drone no direito brasileiro**. 2015. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/8468>. Acesso em: 26 set. 2025.
- AZEVEDO, J. L. **Avaliação da introdução de tecnologias provenientes da indústria 4.0 na construção civil em Palmas**. 2021. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/4046>. Acesso em: 26 set. 2025.

BALLESTEROS RUIZ, R. D., LORDSLEMM JUNIOR, A. C., FERNANDES, B. J. T., *et al.* Inovação na Inspeção de Fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). In: **Congresso Brasileiro de Patologia das Construções**, 2020. **Anais [...]**, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.063>.

BALLESTEROS, R. D., LORDSLEEM JUNIOR, A. C. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico, **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 119–137, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100497>.

BALLESTEROS, R. D.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 119-137, jan./mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100497>.

BANCO MUNDIAL. **Drones para desenvolvimento**. Banco Mundial, 2023. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099092225140585466/pdf/P176634-30cc8a5e-e1a1-4cad-8940-0feb9fb91322.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2025.

BARRETTO, G. H. F., PACHECO, V. C., OLIVEIRA, C. A. de, *et al.* Uso de BIM e fotogrametria para o monitoramento visual do progresso de obras de infraestrutura. In: **XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 20, 7 nov. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.6000>.

BATISTA, D. J. "Inspeção da cobertura de uma residência com drone", 2018. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/handle/FUCAMP/404>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BERGEMANN, A. M. *et al.* Estratégias BIM para gerenciamento do patrimônio histórico. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 20., 2024, Florianópolis. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1-8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6323>. Acesso em: 25 set. 2025.

BERGEMANN, A. M., OLIVEIRA, C. E. S. B., DULTRA, L. G. B., *et al.* Estratégias BIM para gerenciamento do patrimônio histórico. In: **XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.6323>.

BORGES, P. H. C. Uso de RPA como ferramenta auxiliar na inspeção de segurança viária: avaliação do impacto de escolha dos parâmetros de voo, 2025. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5131>.

BRAGANÇA, K. C. P., LIMA, R. B. Uso de drone e plataforma BIM na inspeção predial: Estudo de caso, **Revista Científica Universitas**, v. 9, n. 3, p. 72–85, 2022. Disponível em: <http://revista.fepi.br/revista/index.php/revista/article/view/834>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BRANDÃO, H. **Identificação de manifestações patológicas em fachadas por meio de VANTs**: aplicação ao prédio novo da Engenharia. 2020. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/218083>. Acesso em: 25 set. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94 Emenda N° 03**. Brasília, DF: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 26 setembro 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações. **Drones devem ser homologados para evitar interferências**. Brasília, DF: ANATEL, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/drones-devem-ser-homologados-para-evitar-interferencias>. Acesso em: 25 setembro 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Telecomunicações. **Portaria Anatel nº 2843, de 25 de julho de 2024**. Brasília, DF: ANATEL, 2024. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/component/content/article/46-instrucoes-de-fiscalizacao/1971-portaria-2843>. Acesso em: 26 setembro 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Cartilha Drone Consciente**. Rio de Janeiro: DECEA. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/drone/#orientacoes>. Acesso em: 26 setembro 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ICA 100-40: aeronaves não tripuladas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. Rio de Janeiro: DECEA, 2023. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/drone/#orientacoes>. Acesso em: 26 setembro 2025.

BRITTO, F. B., NUNES, E. V. da S., MORAIS, G. F. O. Inspeções De Sistema De Segurança Na Construção Civil Com Uso De VANT, **Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) do IFS**, v. 1, n. 1, p. 468–471, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/SNCT/article/view/1180>. Acesso em: 14 mar. 2026.

BRITTO, F. B.; NUNES, E. V. da S.; MORAIS, G. F. O. Inspeções de sistema de segurança na construção civil com uso de VANT. **Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) do IFS**, Aracaju, v. 1, n. 1, p. 468-471, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ifs.edu.br/periodicos/SNCT/article/view/1180>. Acesso em: 21 nov. 2025.

CANTO, M. K. B. do. Rotas adaptativas para inspeção autônoma de subestação por meio do uso de VANT, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/200128/PFC%20Matheus%20Kraemer%20Bastos%20do%20Canto_2019-1.pdf?sequence=1. Acesso em: 14 mar. 2026.

CRUZ, J. G. M. da, PERIN, J. Topografia na Construção Civil: Análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone, 2022. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br//handle/123456789/54783>. Acesso em: 14 mar. 2026.

CRUZ, J. G. M. da; PERIN, J. **Topografia na Construção Civil**: Análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone. 2022. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/54783/1/JO%C3%83O_GUILHERME_MARINHO_DA_CRUZ_ATIVIDADE_DEFESA.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.

DEUS, B. R. da S. de. **Mapeamento 3D com drone para suporte ao BIM aplicado a arquitetura**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/186536>. Acesso em: 25 set. 2025.

DI RENZO, A. B., MARTELLI, C., CEZIMBRA, R. V., *et al.* PDI para o Monitoramento de Rodovias com Imagens Aéreas Obtidas por VANT. In: XXXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS – SBrT2017, 2017. **Anais [...]**,

São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.sbrt.org.br/sbrt2017/anais/1570359825.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2026.

DIAS, A. P. C.; ZAMUNÉR FILHO, A. N. Princípios e aplicações da indústria 4.0 na construção civil. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIENPRO), 5., 2023, Catalão. **Anais [...]**. Catalão: Universidade Federal de Catalão, 2023. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/PRINCÍPIOS_E_APLICAÇÕES_DA_INDÚSTRIA_4.0_NA_CONSTRUÇÃO_CIVIL.pdf. Acesso em: 21 nov. 2025.

DJI. **DJI Air 3S**. 2024. Disponível em: <https://www.dji.com/br>. Acesso em: 21 nov. 2025.

FEITAL, M. R.. **Uso de VANT (Veículo Aéreo não Tripulado) para inspeção de Projetos de Construção Civil**. 2017. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://pmkb.com.br/uploads/tcc-marcelo-rosa-feital.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

FONTELES, D., SAMPAIO, D., CRAVEIRO, W. Utilização De Drone Em Inspeção De Estruturas Especiais Com Ambiente De Espaço Confinado-Estudo De Caso Em Uma Termelétrica No Pecém. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**, 6, 2024. **Anais**, Porto Alegre: CBPAT, 2024. p. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12785048>.

FRANÇA, N. P., KANAI, J., FONTANINI, P. S. P. Veículo Aéreo Não Tripulado E Aplicações Na Construção Civil Na Área De Transportes – Um Estudo De Caso Na Cidade De Salvador. In: **XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18, 4 nov. 2020. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1020>.

FRANCO, G. F. de S., STROBEL, C., GUIMARÃES, G. D., *et al.* Aplicação de vant-drones na inspeção de aerogeradores e painéis fotovoltaicos, 2022. Curitiba, 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/80428>. Acesso em: 14 mar. 2026.

FREITAS, T. L., OLIVEIRA, J. de A., ALMEIDA, M. S. de S., *et al.* Fusão De Imagens De Drone E Smartphone Para Modelagem Tridimensional Aplicado À Construção Civil. In: **XXI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2025. **Anais**. Bahia: INPE, 2025. p. 3022–3025. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2025/08.16.17.45.28/doc/@individualPDF.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2026.

FURLANETO NETO, M.; FURLANETO, F. de P. B. **Estudo sobre a responsabilidade decorrente do uso de “veículo aéreo não tripulado” (drone) no Brasil**. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, e27811427834, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27834>. Acesso em: 25 set. 2025.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183-184, mar. 2014. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 25 set. 2025.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa e RICARTE, Ivan Luiz Marques. **Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação**. Logeion: Filosofia da Informação, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019Tradução. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/335831854_REVISAO_SISTEMATICA_DA_LITERATURA_CONCEITUACAO_PRODUCAO_E_PUBLICACAO/link/5d7ede30a6fdcc2f0f713bad/download. Acesso em: 15 mar. 2026.

GHOSH MONDAL T.; JAHANSHAH, M. R.; WU, R. T.; WU, Z. Y. **Deep learning-based multi-class damage detection for autonomous post-disaster reconnaissance**. Structural Control and Health Monitoring, v. 27, n. 4, p. 2507, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/stc.2507>. Acesso em: 02 nov. 2025.

GOOGLE. **Gemini**. Versão 3.1 Pro - Nível de raciocínio estendido. Resposta à consulta sobre extração de dados padronizados. [s.l.]: Google LLC, 2026. Google, 2026. Disponível em: <https://gemini.google.com/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

GOUVEIA, A. A. de, SANTOS, J. P. dos, SANTOS, P. N. dos, *et al.* Inovação Tecnológica Na Construção Civil-Utilização De Drone Para Gerenciamento De Obra, **Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas**, n. 1º, cap. 07, p. 54, 2021. DOI: 10.36229/978-65-5866-046-0.CAP.07.

GUIMARÃES, G. H. S. *et al.* **Comparação e análise da normatização de utilização de aeronaves remotamente pilotadas de pequeno porte no Brasil e no mundo**. Revista da Universidade da Força Aérea, v. 29, n. 1, p. 1-15, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/9583/cf04cb14a863e01af640563dedd0b160177c.pdf>. Acesso em: 25 set. 2025.

HONORATO, D., JESUS, R. N., GONÇALVES, H. C. M., *et al.* Utilização De Veículo Aéreo Não-Tripulado (Vant) Na Inspeção Da Fachada De Uma Edificação De Administração Pública No Rio De Janeiro/RK. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**, 2024. **Anais [...]**. Ceará: CBPAT, 2024. p. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12774206>.

JÚNIOR, J. P., MECATE, E. V. T., SANTOS, E. T., *et al.* Influência Dos Parâmetros De Aquisição De Imagens Com Auxílio De Drone Para Geração De Nuvem De Pontos De Obras Cíveis. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO**, 19 ago. 2019. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v2i00.146>.

LAGE, M. de O., APPOLINARIO, L., FILHO, L. E., *et al.* Modelagem De Parâmetros De Um Vant Equipado Com Lidar Em Aplicações De Monitoramento De Linhas De Transmissão De Energia Elétrica, **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 2017. DOI: 10.14393/rbcv69n6-44313.

LIMA, M. B. *et al.* Inspeção de manifestações patológicas de fachadas em edifício de grande altura com VANT. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**, 4., 2020, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: CONPAT, 2020. p. 1-10. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/246514>. Acesso em: 25 set. 2025.

LIMA, M. B., LORDSLEEM JÚNIOR, A. C., BALLESTEROS RUIZ, R. D., *et al.* **Inspeção De Manifestações Patológicas De Fachadas Em Edifício De Grande Altura Com VANT**, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/246514>. Acesso em: 14 mar. 2026.

LIMA, M. I. S. C.; COSTA, D. B. Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras.

Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 213-231, jan./mar. 2023. DOI: 10.1590/s1678-86212023000100659.

LIMA, Mahara I. S. C., COSTA, D. B. Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras, **Ambiente Construído**, v. 23, n. 1, p. 213–231, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000100659>.

LIMA, Mahara I. S. C., MELO, R. R. S., COSTA, D. B. Integração Do Monitoramento Com Vant À Gestão Da Segurança Das Obras: Uma Revisão Sistemática Da Literatura. In: **XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18, 4 nov. 2020. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1162>.

LISBOA, D. W. B. *et al.* Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 5., 2018, Maceió. **Anais [...]**. Brasília, DF: CONFEA, 2018. p. 1-5. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59319266/UTILIZACAO_DO_VANT_NA_INSPECAO_D_E_MANIFESTACOES_PATOLOGICAS_EM20190519-116011-sj3ejg-libre.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.

LISBOA, D. W. B., SILVA, A. B. S. D., SOUZA, A. B. A. de, *et al.* Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Maceió, 2018. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59319266/UTILIZACAO_DO_VANT_NA_INSPECAO_D_E_MANIFESTACOES_PATOLOGICAS_EM20190519-116011-sj3ejg-libre.pdf?1558313045=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUTILIZACAO_DO_VANT_NA_INSP_ECAO_DE_MANIFE.pdf&Expires=1775427346&Signature=SpdljalSrK9Xz9~ql4G6X9L8Y3lYhdr4S0GHFF24~DrAs5qzf~7EK4J3~9n32vy8v5pW41tTBZloJNU~~7HU8FsKr2sel8edG1rPqOdW6RJT~1YyZxh70M0WHJuSdSXLhQ7I9lwnrWF47DK31dFOvd~wpUpjK5eUO-8HAVvZLY3tZkx8bPUoK0i92jUlkGvdoR2SH9OSaBwnRJFKrLT2xF6YL6d3o9DXmX2rKMpx5gELfwoG5GQhszhMuycoXob5k~P4FOEC1gd-ma9LFdEtN7kQuQ2YpzQTRvV05rNbGK2bu9YnHwmYJ6ltx071FiJ6CG3zG3x0mW9u8d1lbaA9g__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 14 mar. 2026.

LISBOA, D., SENA, A. B., AGUIAR, A. B., *et al.* Utilização do VANT para inspeção de segurança na construção de uma avenida em Belém-PA. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. **Anais [...]** Pará: Universidade da Amazônia, 2018. p. 1–9. Disponível em: https://www.schenautomacao.com.br/cbge/envio/files/trabalho_237.pdf. Acesso em: 14 mar. 2026.

LISBOA, É. G., SILVA, V. R. da, SILVA, G. A., *et al.* Avaliação da deterioração do concreto em estações elevatórias de água: O estudo de caso na área urbana de Belém/PA. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 7 out. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.6322>.

LOPES, M. L. F., BAUER, E., SILVA, L. S. Utilização de aeronave remotamente pilotada (RPA) para a inspeção e o mapeamento de danos". In: Construção Congresso de Construção Civil, 2022. **Anais [...]** Brasília, 2022. p. 17–20. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Elton-Bauer/publication/370865439_AREA_TEMATICA_Patologia_e_Vida_Util_UTILIZACAO_DE_AERONAVE_REMOTAMENTE_PILOTADA_RPA_PARA_A_INSPECAO_E_O_MAPEAMENTO_DE_DANOS/links/646699dec9802f2f72e53dcb

/AREA-TEMATICA-Patologia-e-Vida-Util-UTILIZACAO-DE-AERONAVE-REMOTAMENTE-PI LOTADA-RPA-PARA-A-INSPECAO-E-O-MAPEAMENTO-DE-DANOS.pdf. Acesso em: 14 mar. 2026.

MARY, N.; SHAFIYA, S.; BEN MAAOUIA, M.. Applications of Drone Technology in Construction Projects: A Systematic Literature Review. **International Journal of Research - GRANTHAALAYAH**, v. 10, n. 10, p. 1-14, 2022. Disponível em: <https://www.granthaalayahpublication.org/journals/granthaalayah/article/view/4810>. Acesso em: 25 set. 2025.

MELLO, M. A., BORTOLINI, R. Mapeamento 3D com drone para suporte a manutenção de edificações. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19, 7 nov. 2022. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v19i1.2230>.

MELO, A. J. N. de, MELO, M. P. de. UTILIZAÇÃO DE VANT PARA INSPEÇÃO DE PATOLOGIAS EM FACHADAS: UMA ANÁLISE ENTRE METODOLOGIAS", **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, v. 17, n. 2, p. 50–61, 2023. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/2882>. Acesso em: 14 mar. 2026.

MELO, A.; MELO, M. Utilização de VANT para inspeção de patologias em fachadas: uma análise entre metodologias. **Revista Científica de Engenharia Civil**, Petrópolis, v. 17, n. 2, 2024. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/2882>. Acesso em: 25 set. 2025.

MELO, R. R. S. de. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)**. 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/22635>. Acesso em: 25 set. 2025.

MELO, R. R. S., COSTA, D. B., SILVEIRA, B. F. Monitoramento E Controle Da Segurança Em Canteiro De Obras Apoiado Por Veículos Aéreos Não Tripulados (Vant) Estudo De Caso. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 12 nov. 2018. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1591–1599. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v17i1.1507>.

MENEGOTTO, J. L. Api De Voo Autônomo De Drone Orientado Por Modelo Bim. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO. REQUALIFICAÇÃO URBANA: DAS HABITAÇÕES AOS EQUIPAMENTOS CULTURAIS NA ERA DIGITAL, 9, 8 nov. 2025. **Anais [...]** São Paulo, 2025. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbqp.v9i.7528>.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **BMJ**, v. 339, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>.

MOREIRA, L. C. de S., MOTA, P. P., AMORIM, A. L. de. Uma experiência de modelagem urbana a partir de nuvem de pontos na ferramenta Revit. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 19 ago. 2019. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v2i00.193>.

MUNHOZ, L. *et al.* (coord.). **E-book interativo: Guia prático: revisão sistemática da ideia à publicação**. São Paulo: FOU SP, 2021. Disponível em: <http://repositorio.fo.usp.br:8013/jspui/handle/fousp/121>. Acesso em: 25 set. 2025.

NASCIMENTO, A. J. da S.; DENADAI, M. S. Drone, a história desta tecnologia. **Revista Thema Lobus**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2021. Disponível em: <http://www.revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/746>. Acesso em: 25 set. 2025.

NERY, L. M. da C.; PIMENTA, J. S. A.; BRAGA, J. S. S. O uso de veículos aéreos não tripulados na construção civil e suas contribuições no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 3, 20 dez. 2021. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 558–565. DOI: <https://doi.org/10.46421/singeurb.v3i00.1085>.

NERY, L. M. da C.; PIMENTA, J. S. A.; BRAGA, J. S. S. O uso de veículos aéreos não tripulados na construção civil e suas contribuições no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 3., 2021, Belém. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.46421/singeurb.v3i00.1085>.

OLIVEIRA, C. A. de, MELO, R. R. S. de, PACHECO, V. C., *et al.* Implementação do método de inspeção de segurança (Smart Inspects) em obras de infraestrutura. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 7 abr. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5905>.

OLIVEIRA, F. V. de; VARGAS, G. R. de. Estudo de caso: aplicação prática de modelo topográfico gerado a partir de levantamento realizado com VANT (Drone). **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 12, n. 1, p. 1-15, 2025. Disponível em: <https://repositorio.camporeal.edu.br/index.php/engcivil/article/view/211>. Acesso em: 25 set. 2025.

OLIVEIRA, M. R. de. **Desenvolvimento da tecnologia de veículos aéreos não tripulados no mercado brasileiro**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/357c1032-2c91-44b1-9b70-3a0121c66925/Oliveira_MarianaRosa_tcc.pdf. Acesso em: 01 nov. 2025.

PAGE, M. *et al.* Declaração PRISMA 2020: uma diretriz atualizada para publicação de revisões sistemáticas. **Germinare**, n. 4, p. 1-18, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13271469>.

PARENTE, D. Cardoso, FELIX, N. C., PICANÇO, A. P. Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico. **Revista ALCONPAT**, v. 7, n. 2, p. 160–171, ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v7i2.161>.

PARENTE, Dênis Cardoso. Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados, 9 nov. 2016. Disponível em: <https://repositorio.uff.edu.br/handle/11612/364>. Acesso em: 14 mar. 2026.

PEINADO, H. S., COSTA, D. B. Aplicações de BIM, RPA e visão computacional de forma integrada para o planejamento e controle da segurança em canteiros de obras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13, 5 nov. 2023. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.46421/sibragec.v13i00.2604>.

PEINADO, H. S., OLIVEIRA, C. A. de, OTTONI, A. L. C., *et al.* Análise de técnicas de data augmentation para aperfeiçoamento da detecção de sistemas de guarda-corpo e rodapés em canteiros de obras com inteligência artificial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E

ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13, 5 nov. 2023. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.46421/sibragec.v13i00.2585>.

PEREIRA, Valdir Moraes. Inspeção De Fachadas Com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). **Interação - Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 24, n. 3, p. 95–111, 2022. DOI: 10.33836/interacao.v24i3.719.

PÉREZ, C. T., COSTA, D. B., IRIZARRY, J. Algoritmos Genéticos: Uma Abordagem Visual Para Reduzir As Perdas Por Transporte Em Canteiros De Obra. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18, 4 nov. 2020. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1171>.

PESSOA, L. R. F., JESUS, M. S. de, MELO, R. S. S. de, *et al.* Fluxo de fiscalização de obras públicas em edificações com uso de drone. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5, 5 set. 2025. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2025. p. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v5i00.7487>.

PINTO, M. C., FERNANDES, F. A. da S. Levantamento de patologia em uma obra no município de Porto Nacional/TO com utilização de VANT, **Technology Sciences**, v. 1, n. 2, p. 1–6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6425.2019.002.0001>.

QU, T. *et al.* Construction site monitoring using UAV oblique photogrammetry and BIM technologies. In: International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 22., 2017, Hong Kong. Hong Kong: **CAADRIA**. p. 655-662., 2017. DOI: <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2017.655>.

RABELO FILHO, J. R., CASTRO, M. D. de O. Uso de drone na inspeção de barragens de terra no Amazonas, **Engenharia, Gestão e Inovação Volume 3**, v. 3, n. 1, cap. 4, p. 44–50, 2022. DOI: 10.36229/978-65-5866-179-5.CAP.04.

RAUBER, É. R., BORDIN, F., ANSCHAU, M. M., *et al.* Análise bibliográfica sobre as potencialidades da aquisição de imagens multi e hiperespectrais por VANTs no auxílio à inspeção de obras de arte especiais, **Revista Brasileira de Geomática**, v. 6, n. 1, p. 44–44, 2018. DOI: 10.3895/rbgeo.v6n1.5924.

RAYYAN SYSTEMS. **Rayyan**. Cambridge, 2026. Disponível em: <https://www.rayyan.ai/>. Acesso em: 10 fev. 2026.

REGNER, D. J. **Automatização do voo de drone para inspeção tridimensional de dutos em plataformas offshore**. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. DOI: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/251945>.

REY, R. O., SAMPAIO SÁ, L. V., COSTA, D. B. Aplicação de reconhecimento de padrão em processamento de imagens coletadas por VANT para inspeção de guarda-corpo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 19 ago. 2019. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbtic.v2i00.147>.

RIBEIRO, D. A. C. **Tecnologias advindas da Indústria 4.0 aplicada na construção civil: efeitos e desafios da implantação no Brasil**. 2019. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2045>. Acesso em: 25 set. 2025.

ROSA, J. de M.; BARROS, V. H. de O.; NASCIMENTO, E. C. do. Utilização de veículos aéreos não tripulados na construção civil: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31416/rsdv.v9i3.23>.

RUIZ, R. D. B., LORDSLEEM JÚNIOR, A. C., ROCHA, J. H. A. Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT): estudo exploratório. **Revista ALCONPAT**, v. 11, n. 1, p. 88–104, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.517>.

SANTOS, G. S. Novas tecnologias aplicadas na construção civil: conceitos da indústria 4.0. **Revista Científica e Tecnológica**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18227/2447-7028rct.v8i07276>.

SANTOS, L. M. A. dos *et al.* Análise do processamento de imagem por drone em cobertura plana com diferentes níveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/51908>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SANTOS, L. M. A. dos, KAMINSKI, M. G., GUIMARÃES, B. M., *et al.* Aspectos da conservação e da manutenção do sistema de cobertura plana do ICC. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 7 out. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5707>.

SANTOS, L. M. A. dos, KAMINSKI, M. G., SILVA, L. S. da, *et al.* Análise do processamento de imagem por drone em cobertura plana com diferentes níveis. In: XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 7 out. 2024. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5715>.

SANTOS, M. O. Veículos aéreos não tripulados e sua inserção em espaço aéreo não segregado. **Revista Conexão SIPAER**, v. 18, n. 3, p. 173-188, 2016. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v18n32016p173-188>.

SCHIFFINI, G B. M. *et al.* Utilização de inteligência artificial em inspeção de fachadas: impactos sobre os agentes da cadeia produtiva de operação e manutenção de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 14., 2023, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbta.v14.4756>.

SILVA NETO, A. **A utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) em Goiânia e mecanismos de controle**. 2021. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Aeronáuticas) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2081>. Acesso em: 25 set. 2025.

SILVA, A. de S. da, GONZAGA, L. G., MELO, R. R. S., *et al.* Modelo de aprendizado de máquina para inspeção automatizada de fachadas de paredes de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13, 5 nov. 2023. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.46421/sibragec.v13i00.2618>.

SILVA, A. S., COSTA, D. B. Análise do uso de tecnologias digitais para identificação automatizada de patologias em construções. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19, 7 nov. 2022. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v19i1.2162>. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2162>. Acesso em: 15 mar. 2026.

SILVA, A. S., MELO, R. R. S., COSTA, D. B. Inspeção com drone para o controle de qualidade durante a execução de fachadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 6, 6 dez. 2025. **Anais [...]** CBPAT, 6 dez. 2025. p. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.12795800>.

SILVA, E. G. M., JÚNIOR, A. C. L., CABRAL, J. J. da S. P. Inspeção em Reservatórios Elevados de Água com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 2, p. 1384–1410, 2025. DOI: 10.26848/rbgf.v18.2.p1384-1410.

SILVA, F. G. S.; COELHO, V. A.; BARBOSA, L. B. de B. Uso da termografia infravermelha como técnica para detecção de infiltrações em fachadas de edifícios – Estudo de caso em Salvador-BA. In: Congresso Internacional de Patologia e Recuperação de Estruturas, 9., 2021, Online. **Anais [...]**: Editora Cubo, 2021. p. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.4322/CINPAR.2021.043>.

SILVA, W. P. A. D., JÚNIOR, A. C. L., RUIZ, R. D. B., *et al.* Inspeção de manifestações patológicas em edifícios utilizando câmera termográfica integrada ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): uma pesquisa documental, **Revista ALCONPAT**, v. 11, n. 1, p. 123–139, 2021. DOI: 10.21041/ra.v11i1.447.

SOUZA, B. A. S., AZUMA, M. H., SILVA, R. D., *et al.* Integração De Métodos Digitais E Tradicionais Na Preservação Do Museu Da Bacia Do Paraná. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto. Requalificação Urbana: das habitações aos equipamentos culturais na era digital, 9, 8 nov. 2025. **Anais [...]** São Paulo, 2025. p. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.46421/sbqp.v9i.7750>.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. Einstein, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, mar. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082010000100102&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 set. 2025.

STAFFA, L. de B. J., SÁ, L. S. V., LIMA, M. I. S. C., *et al.* Uso De Técnicas De Processamento De Imagem Para Inspeção De Estruturas De Telhados De Edificações Para Fins De Assistência Técnica. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18, 4 nov. 2020. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1178>.

TONDELO, P. G., BARTH, F. Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT, **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019009, 2019. DOI: 10.20396/parc.v10i0.8652817.

TONDELO, P., BARTH, F. Utilização De Vant Nos Processos De Inspeção De Fachadas De Um Edifício. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17, 12 nov. 2018. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 2845–2852. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v17i1.1698>.

VALE, L., JÚNIOR, A. C. L., FERNANDES, B., *et al.* Monitoramento de Pontes e Viadutos com Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (Vant): Estudos de Caso, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 4, p. 2864–2881, 2025. DOI: 10.26848/rbgf.v18.4.p2864-2881.

VASCONCELOS, P. E. A.; MELLO, C. de M. Responsabilidade penal e novas tecnologias: desafio do direito no século XXI sobre o uso de drones ou VANT's. **Revista de Direito e Novas Tecnologias**, v. 1, n. 1, p. 224-245, 2019. DOI: <https://doi.org/10.30749/2674-9734.v1n1a224>.

WENDLER, I. C. **Comparação de vistorias para manutenção de edificações com o uso de plataforma elevatória e veículo aéreo não tripulado (VANT/DRONE)**. 2024. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/35424>. Acesso em: 25 set. 2025.

APÊNDICE

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
1		Aferição de obras habitacionais com o uso de RPAS/Drones	Agostinho, Hashizume e Olivieri (2022)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Monitoramento de progresso; Controle de obras; Fiscalização e controle de execução	Vantagem 1: Redução de custos e ganho em escala das vistorias. Por quê: O método simplifica o acompanhamento das garantias físicas, diminuindo a necessidade de idas contínuas ao campo. Categoria: Custos / Eficiência. Vantagem 2: Maior facilidade de transmissão de dados e redução de investimentos em processamento de TI. Por quê: Utilizar "fotos/visual assets" gerados pelo RPAS exige infraestrutura de hardware muito inferior se comparada à modelagem massiva de vídeos ou realidades mistas imersivas, agilizando laudos. Categoria: Otimização de Processos.	A principal limitação tecnológica apontada refere-se à incapacidade atual do equipamento em aferir evolução de serviços em ambientes fechados/internos da edificação sem riscos de colisão ou sem proteção
2		Comparação de diferentes abordagens na aferição da evolução física de obras com o uso do RPAS	Agostini, Hashizume e Olivieri (2024)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Monitoramento de progresso; Aerofotogrametria; Mapeamento 3D; Inspeção de estruturas; Inspeção de fachadas	Vantagem 1: Perspectivas visuais privilegiadas e inalcançáveis no solo. Por quê: O VANT atinge posições aéreas que um inspetor em terra não consegue, ampliando drasticamente o campo de visão e controle da obra. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 2: Mínima interferência na execução da obra. Por quê: A inspeção aérea não exige paralisação de frentes de serviço, equipamentos ou bloqueio de caminhos operacionais no canteiro, garantindo que o progresso não seja interrompido durante a medição. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Automação e velocidade no ciclo de coleta e relatório. Por quê: No nível mais avançado de integração (BIM + Visão Computacional), as imagens do drone são convertidas quase automaticamente em relatórios de progresso as-built, mitigando o trabalho manual de medição e a ineficiência do apontamento físico. Categoria: Otimização de Processos.	Fatores restritivos incluem o tempo de voo e baterias limitadas, a sensibilidade às condições climáticas adversas (chuva/vento forte), alta complexidade computacional para processar nuvens de pontos nos níveis avançados, e a "miopia" da tecnologia para aferir acabamentos internos após o fechamento da fachada da edificação
3		Proposta de Método para Monitoramento Visual Sistemático do Progresso de Obras Baseado em Mapeamentos 3D por VANT e Bim 4D	Álvares, Costa e Barbosa (2018)	Artigo de Congresso	Gestão e Planejamento; Controle e Fiscalização	Mapeamento 3D; Monitoramento de progresso; Controle de obras; Integração BIM; Comparação entre projetado e executado	Vantagem 1: Atualização maciça de forma desburocratizada. Por quê: A rotina do drone levanta, em pouco tempo de voo, a cópia virtual exata do canteiro inteiro, estancando a perda de tempo produtiva dos engenheiros efetuando caminhadas documentais extensas por cada bloco do condomínio. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Pareamento direto do projetado contra o materializado. Por quê: A transposição do escaneamento do VANT para o simulador 4D viabiliza comparar instantaneamente os blocos que já surgiram no local físico com a previsão 3D modelada àquela exata semana/mês no cronograma. Categoria: Controle e Qualidade/Precisão.	Evidenciou-se a barreira da integração algorítmica para realizar a fusão de coordenadas nativas. A mesclagem entre a imensa nuvem de pontos gerada no voo com o pilar estrutural desenhado no Revit teve que ser balizada manualmente usando réguas e eixos rotacionais no software integrador
4		Comparação da utilização de Drones na inspeção de Linhas de Distribuição Elétrica com o Trabalho Humano Focado na Segurança do Trabalho	Andrade e Pontes (2025)	Artigo de Periódicos	Segurança do Trabalho	Inspeção de segurança; Infraestrutura; Inteligência Artificial aplicada a VANTS; Manutenção com apoio de VANTS	Vantagem 1: Preservação da integridade física e mitigação substancial de riscos ocupacionais. Por quê: A utilização do drone mantém o técnico no solo durante toda a inspeção estrutural, extinguindo o risco das quedas mortais (trabalho em altura) e minimizando o contato com as redes de alta tensão (choques e arcos elétricos). Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Maior precisão de diagnóstico e detalhamento técnico. Por quê: Drones dotados de câmeras térmicas e de zoom de alta resolução enxergam anomalias microestruturais e desgastes de componentes sob carga que seriam imperceptíveis a olho nu, com os dados podendo ser analisados por Inteligência Artificial. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 3: Otimização do tempo de campo e eficiência logística. Por quê: Sem a necessidade de deslocar guindastes pesados ou o ritmo lento da escalada humana, o drone chega com agilidade a lugares de geografia desafiadora (áreas rurais, montanhas e selvas), reduzindo os custos indiretos. Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos.	Restrições impostas por barreiras climáticas (não pode operar sob chuva e suporta ventos apenas até 12 m/s), necessidade de cumprimento rigoroso das leis aeronáuticas, dependência constante da Linha de Visada Visual (VLOS) durante a pilotagem, e a exigência de profissionais técnicos extremamente capacitados

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
5		Inovação na Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)	Ballesteros Ruiz et al. (2020)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Inspeção de fachadas; Detecção de manifestações patológicas; Geração de mapas de danos; Aerofotogrametria	Vantagem 1: Redução de riscos ocupacionais e aumento da segurança do trabalho. Por quê: A inspeção via drone dispensa a contratação de profissionais para escalada externa da fachada, erradicando a exposição humana ao perigo letal do trabalho em altura. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Maior precisão na detecção em áreas inalcançáveis. Por quê: O equipamento voa até regiões elevadas e restritas, coletando imagens em alta definição que mostram trincas e infiltrações invisíveis a olho nu para observadores no terreno. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 3: Agilidade e redução de recursos financeiros. Por quê: A captura fotogramétrica necessita de bem menos equipamentos físicos, logística e tempo quando comparada à montagem tradicional de andaimes ou rapel. Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos.	Dificuldade de encontrar pontos de decolagem em áreas urbanas densas; forte sensibilidade às intempéries climáticas (chuviscos, ventos intensos no topo dos prédios) e a necessidade compulsória de um piloto com experiência e treinamento específico
6		Uso de BIM e fotogrametria para o monitoramento visual do progresso de obras de infraestrutura	Barretto et al. (2024)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Monitoramento de progresso; Integração BIM; Aerofotogrametria; Infraestrutura	Vantagem 1: Comunicação visual transparente e confiável do progresso. Por quê: A tecnologia descarta a subjetividade da documentação escrita, oferecendo aos gestores um modelo visual tridimensional colorido comparativo (planejado x real) para detecção instantânea de atrasos e falhas. Categoria: Gestão / Otimização de Processos. Vantagem 2: Aperfeiçoamento da exatidão quantitativa em infraestrutura. Por quê: A nuvem de pontos capturada do terreno, quando sobreposta aos sólidos do projeto BIM, permite medições físicas (áreas/volumes) apuradas diretamente no software Navisworks. Categoria: Qualidade/Precisão / Custos.	Fortes restrições atreladas à dependência de condições climáticas favoráveis para os voos, a baixa autonomia das baterias de drones comerciais para cobrir extensos corredores de rodovia e dificuldades no processamento para marcar perfeitamente os pontos de controle base no software de fotogrametria
7		Inspeção Da Cobertura De Uma Residência Com Drone	Batista (2018)	Trabalho de Conclusão de Curso	Patologia das Construções	Inspeção de coberturas ou telhados; Detecção de manifestações patológicas; Identificação de erros construtivos; Monitoramento de progresso; Controle de obras	Vantagem 1: Mitigação de perigos e maior segurança. Por quê: O uso do aparelho isenta o profissional de subir no telhado, o que evita quedas e acidentes, assim como previne danos (quebra de telhas) pelo peso do avaliador. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Rapidez na obtenção de dados e ganho logístico. Por quê: Elimina a necessidade de estruturas como andaimes, acelerando intensamente a coleta de informações em toda a extensão do objeto inspecionado. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Captação precisa e detalhada de patologias. Por quê: A tecnologia embarcada (câmeras de alta resolução e gimbal) possibilita a avaliação detalhada a partir de distâncias seguras. Categoria: Qualidade/Precisão.	O voo em ambientes urbanos pode sofrer forte restrição por obstáculos aéreos (fios elétricos, cercas, antenas, árvores). Também foram ressaltadas a necessidade de qualificação técnica para a pilotagem adequada e a autonomia da bateria para casos de obras muito extensas
8		Estratégias BIM para Gerenciamento do Patrimônio Histórico: Aplicação na Igreja de Santana, Salvador-BA	Bergemann et al. (2024)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Mapeamento 3D; Aerofotogrametria; Integração BIM; Inspeção de coberturas ou telhados	Vantagem 1: Minimização do risco de danos ao patrimônio histórico. Por quê: O voo captura a geometria e texturas remotamente, o que exige um contato físico quase nulo com a edificação, protegendo fachadas sensíveis durante a inspeção. Categoria: Sustentabilidade / Redução de Riscos. Vantagem 2: Rapidez e otimização do levantamento de dados em campo. Por quê: Substitui o lento processo de levantamento manual, permitindo registrar todas as dimensões externas de um edifício complexo em uma fração de tempo (menos de 1 hora). Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Acesso seguro a elementos estruturais em altura. Por quê: O equipamento aéreo permitiu capturar perfeitamente o estado de conservação do telhado e detalhes dos ornamentos que os inspetores teriam grande dificuldade para acessar visualmente e fisicamente a partir do solo. Categoria: Qualidade/Precisão / Segurança do Trabalho.	A aerofotogrametria é altamente vulnerável às condições climáticas e à luz solar, onde a alternância de nuvens gera sombras que mancham e corrompem a textura do modelo 3D. O VANT utilizado também apresentou limitação de bateria (25 minutos), exigindo agilidade e planejamento prévio minucioso

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
9		Uso de RPA como ferramenta auxiliar na inspeção de segurança viária: avaliação do impacto de escolha dos parâmetros de voo	Borges (2025)	Dissertação	Topografia e Geotecnia	Infraestrutura; Levantamento topográfico; Inspeção de segurança; Aerofotogrametria; Geração de Modelos Digitais	Vantagem 1: Otimização drástica do tempo e recursos dos levantamentos. Por quê: O RPA coleta vastas extensões da malha rodoviária em minutos, poupando a equipe da morosidade inerente aos caminhamentos convencionais da topografia física para inspeções de segurança (ISV). Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos. Vantagem 2: Mitigação dos riscos físicos à integridade do inspetor. Por quê: As rodovias em operação apresentam altíssima probabilidade de atropelamento, e os drones transferem o ambiente do monitoramento para locais recuados e protegidos, distantes do trânsito letal. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 3: Queda acentuada na subjetividade da análise visual. Por quê: Em contraste com a opinião visual de um fiscal, as ortofotos fornecem uma prova matemática inquestionável do desgaste das pinturas, propiciando integração com softwares e IA para diagnósticos precisos. Categoria: Qualidade/Precisão.	As árvores prejudicam duramente o processamento, pois as folhas em movimento pelas correntes de ar confundem o algoritmo de montagem fotogramétrica. Adicionalmente, a transição de veículos na via no ato da filmagem e a perda de precisão geométrica e domos em voos que não usam antenas RTK de alto custo são gargalos evidentes
10		Uso de drone e plataforma BIM na inspeção predial: Estudo de caso	Bragança e Lima (2022)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Inspeção Predial; Detecção de manifestações patológicas; Integração BIM; Mapeamento 3D	Vantagem 1: Supressão de riscos de acidentes e economia com equipamentos físicos. Por quê: O VANT inspeciona telhados e fachadas remotamente, evitando o uso de operadores especializados pendurados e eliminando o aluguel de andaimes ou plataformas de elevação. Categoria: Segurança do Trabalho / Custos. Vantagem 2: Rapidez na execução da vistoria de áreas inalcançáveis. Por quê: A captura fotográfica via drone demandou apenas cerca de uma hora e meia para vasculhar toda a extensão superior e restrita do clube, gerando enorme ganho de agilidade. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Possibilidade de análise patológica remota e tardia. Por quê: O banco de imagens capturado permite ao engenheiro analisar minuciosamente os defeitos no escritório, sem precisar retornar ao telhado do clube diversas vezes. Categoria: Gestão / Otimização de Processos.	O equipamento utilizado (DJI Mini) e o método simples de fotografia não possuem precisão geodésica para levantamentos 3D rigorosos (gerando erro de 2 a 3 metros no modelo). Ele serve excelentemente para inspeção visual e modelagem conceitual, mas é inapto para gerar plantas as-built topográficas acuradas
11		Inspeções De Sistema De Segurança Na Construção Civil Com Uso De Vant	Britto, Nunes e Moraes (2019)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro	Vantagem 1: Mitigação de riscos em atividades perigosas. Por quê: O voo exime o técnico/engenheiro de segurança de se expor diretamente a locais altos ou de difícil acesso para realizar a auditoria da fachada. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Abrangência visual aprimorada. Por quê: O equipamento consegue obter registros de ângulos elevados e focar em locais que a visão humana do inspetor em solo ou laje não alcançaria facilmente durante a vistoria. Categoria: Qualidade/Precisão.	Informação não descrita no estudo
12		Rotas adaptativas para inspeção autônoma de subestação por meio do uso de VANT	Canto (2019)	Trabalho de Conclusão de Curso	Manutenção e Operação; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Logística e layout de canteiro; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Redução expressiva de custos logísticos de manutenção e inspeção. Por quê: O método autônomo encurta pela metade o tempo empregado por equipes em campo que executariam o monitoramento braçal dos equipamentos, mitigando deslocamentos extensos para a concessionária. Categoria: Custos / Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Afastamento do perigo e elevação da segurança do trabalhador. Por quê: A inspeção autônoma e remota impede que o engenheiro/técnico se exponha diretamente em solo ao risco de choque por aproximação e campos eletromagnéticos gerados nas linhas ativas da subestação. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 3: Dinamismo e readequação em tempo real ao espaço físico. Por quê: A adoção de rotas adaptativas baseadas em Octomap possibilita que o drone decida trajetórias não fixas, contornando obstruções recém-colocadas no mapa sem perder o objetivo da inspeção termográfica. Categoria: Otimização de Processos / Inovação Tecnológica.	Foi diagnosticada a imposição técnica de distância limitante na plataforma do fabricante (DJI SDK) que barra waypoints muito curtos, exigindo pós-processamento algorítmico, e relatou-se distorções ocasionadas pela conversão de coordenadas geográficas globais para a leitura interna do GPS do drone

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
13		Topografia na Construção Civil: Análise comparativa dos levantamentos topográficos realizados por estação total e drone	Cruz e Perin (2022)	Trabalho de Conclusão de Curso	Topografia e Geotecnia	Levantamento topográfico; Aerofotogrametria; Mapeamento planialtimétrico	Vantagem 1: Menor investimento e custo de operação. Por quê: A aquisição do equipamento (drone) é mais barata e a operação exige menor tempo de equipe técnica em campo, resultando em economia expressiva em relação à topografia convencional. Categoria: Custos. Vantagem 2: Rapidez na captação de dados no canteiro. Por quê: O voo mapeia a área de forma célere, reduzindo o tempo despendido fisicamente no terreno pelos profissionais (que cai de dias para horas). Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Acesso a áreas complexas e acidentadas. Por quê: O mapeamento aéreo não depende de caminhos terrestres limpos, superando o principal limite da estação total que é a locomoção física sobre o terreno. Categoria: Qualidade/Precisão / Eficiência.	Necessidade de estabelecer pontos de controle no solo para garantir precisão geodésica, o que aumenta o tempo de campo. Além disso, o processamento computacional das fotos consome muito mais horas que o cálculo da estação total
14		PDI para o Monitoramento de Rodovias com Imagens Aéreas Obtidas por VANT	Di Renzo et al. (2017)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Infraestrutura; Controle de obras	Vantagem 1: Celeridade e grande cobertura de área. Por quê: O VANT em movimento consegue realizar a varredura visual de longos trechos da malha rodoviária em um período muito curto de tempo em relação à vistoria humana. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Eliminação do deslocamento e aumento da segurança. Por quê: Viabiliza a inspeção da via sem a exposição e o envio físico de colaboradores ao meio do trânsito na rodovia. Categoria: Custos; Segurança do Trabalho. Vantagem 3: Otimização do planejamento de manutenções. Por quê: Atualiza com frequência o status do pavimento e sinalização, norteando a concessionária a focar em pontos prioritários e urgentes. Categoria: Gestão.	O voo em maiores altitudes reduz excessivamente o detalhamento dos alvos. Houve também a dificuldade visual computacional gerada por sobreposições na pista, como um carro trafegando por cima da marcação, fazendo o software entender como um objeto só
15		Utilização De Drone Em Inspeção De Estruturas Especiais Com Ambiente De Espaço Confinado - Estudo De Caso Em Uma Termelétrica No Pecém	Fonteles, Sampaio e Craveiro (2024)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Inspeção de estruturas; Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de obras de arte especiais	Vantagem 1: Minimização severa da exposição a ambientes insalubres e confinados. Por quê: A captura por drone extingue a necessidade da equipe escalar o interior escuro, restrito e de ventilação deficiente das torres, mantendo os profissionais em uma zona primária de segurança. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Dispensa de montagens físicas de acesso. Por quê: O método substitui integralmente andaimes e plataformas pesadas, cortando o tempo logístico da inspeção e os altos custos desses equipamentos industriais. Categoria: Custos / Eficiência/Produtividade.	A operação em espaços fechados e confinados exige extrema precisão de manobra devido à proximidade de obstáculos estruturais e impõe que o piloto humano ainda tenha que acessar minimamente (por curtos períodos) a boca do espaço confinado para não perder o link de rádio no momento da decolagem
16		Veículo Aéreo Não Tripulado E Aplicações Na Construção Civil Na Área De Transportes – Um Estudo De Caso Na Cidade De Salvador	França, Kanai e Fontanini (2020)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização	Inspeção de obras de arte especiais; Detecção de manifestações patológicas; Monitoramento de progresso	Vantagem 1: Prevenção de acidentes e acesso irrestrito. Por quê: O VANT inspeciona minuciosamente a parte de baixo e as laterais do viaduto, lugares inalcançáveis pelo piso da via, mitigando os riscos de vida do inspetor sem precisar de equipamentos de alpinismo. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Eliminação do impacto social da paralisação de tráfego. Por quê: Operações clássicas em pontes exigem fechar faixas de vias arteriais com caminhões tipo muck. O drone faz a varredura sem interromper o fluxo urbano de veículos, poupando a sociedade de engarrafamentos e a prefeitura de custos elevados. Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos.	O artigo relata as desvantagens intrínsecas ao hardware de entrada, como o curto tempo de voo autônomo da bateria (apenas 21 minutos, exigindo paradas para troca ou recarga)

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Selecionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
17		Aplicação de VANT - Drones na Inspeção de Aerogeradores e Painéis Fotovoltaicos	Franco, Guimarães e Costa (2022)	Monografia de Especialização	Manutenção e Operação; Segurança do Trabalho	Infraestrutura; Inspeção de estruturas; Mapeamento 3D; Manutenção com apoio de VANTS	Vantagem 1: Maior segurança ocupacional e eliminação do trabalho em altura. Por quê: O uso do VANT substitui o acesso humano direto às torres e telhados por meio de guindastes ou rapel, eliminando o risco de acidentes graves ou fatais em atividades em altura. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Agilidade e redução do tempo de parada do equipamento. Por quê: O drone coleta todas as imagens rapidamente, em questão de minutos, evitando a ociosidade do aerogerador que ocorreria durante as horas ou dias de uma inspeção convencional. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Redução dos custos logísticos e operacionais. Por quê: A inspeção exige apenas o operador do drone e seus auxiliares, economizando na locação de equipamentos pesados e diminuindo os custos indiretos gerados pela interrupção da geração de energia. Categoria: Custos.	O estudo ressalta as exigências regulatórias, demandando tempo e burocracia para a liberação de voo (ANAC, DECEA), e cita a baixa autonomia e capacidade de carga inerente aos drones multirotóres como limitações do hardware
18		FUSÃO DE IMAGENS DE DRONE E SMARTPHONE PARA MODELAGEM TRIDIMENSIONAL APLICADO À CONSTRUÇÃO CIVIL	Freitas et al. (2025)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização	Mapeamento 3D; Geração de Modelos Digitais; Aerofotogrametria	Vantagem 1: Captação ágil e acessível de dados da realidade (as-built). Por quê: O uso do VANT fornece um fluxo de coleta muito rápido e de fácil operação (em contraposição aos métodos topográficos tradicionais morosos), entregando modelos 3D cruciais para a manutenção e reformas na construção civil. Categoria: Eficiência/Produtividade / Inovação Tecnológica.	O principal gargalo da aerofotogrametria de VANTS em edificações é a ocorrência de "pontos cegos" ou oclusões causadas por elementos arquitetônicos (como beirais de telhado que cobrem a fachada), o que resulta em modelos 3D incompletos (com buracos e falhas visuais)
19		Inovação tecnológica na construção civil - Utilização de drone para gerenciamento de obra	Gouveia et al. (2021)	Capítulo de Livro	Gestão e Planejamento; Controle e Fiscalização; Segurança do Trabalho	Mapeamento 3D; Aerofotogrametria; Levantamento topográfico; Inspeção de estruturas; Inspeção de fachadas; Inspeção de coberturas ou telhados; Monitoramento de progresso; Logística e layout de canteiro	Vantagem 1: Diminuição drástica da exposição dos operários a acidentes em trabalhos perigosos. Por quê: O voo captura imagens estruturais perfeitamente, dispensando o risco humano atrelado à montagem de andaimes ou aluguel de equipamentos complexos em áreas críticas e fachadas. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Melhoria contínua na velocidade da logística do canteiro. Por quê: No cenário proposto, a entrega aérea reduz o tempo de ociosidade de equipes que ficam esperando peças ou materiais, já que o drone contorna obstáculos físicos terrestres. Categoria: Eficiência/Produtividade / Otimização de Processos.	O artigo destaca, na análise dos tipos de drones (multirotóres), que eles enfrentam limitações consideráveis quanto ao seu tempo de voo muito curto (bateria baixa) e à sua restrita capacidade de içar cargas. Há ainda obrigações burocráticas rigorosas junto à ANAC e a imposição de treinamentos práticos
20		Utilização de Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) na inspeção da fachada de uma edificação de administração pública no Rio de Janeiro/RJ	Honorato et al. (2024)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Inspeção de fachadas; Detecção de manifestações patológicas; Inspeção Predial	Vantagem 1: Redução expressiva de infraestrutura e custos operacionais. Por quê: O método dispensa a necessidade de locação e montagem de andaimes ou balancins suspensos pesados para enxergar de perto o topo das marquises e fachadas altas. Categoria: Custos / Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Agilidade combinada à riqueza de detalhes analíticos. Por quê: A câmera do VANT sobrevoa de forma rápida a superfície, e sua resolução em 4K capta imagens ricas que oferecem excelente acuidade visual para o diagnóstico do patologista em escritório. Categoria: Eficiência/Produtividade / Qualidade/Precisão. Vantagem 3: Eliminação absoluta dos riscos da atividade em altura. Por quê: A inspeção aérea resguarda a equipe técnica no nível do solo, evitando sua exposição em balancins que configuram "trabalho em altura" inerentemente perigoso. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos.	informação não descrita no estudo

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
21		Modelagem de parâmetros de um VANT equipado com lidar em aplicações de monitoramento de linhas de transmissão de energia elétrica	Lage et al. (2017)	Artigo de Periódicos	Manutenção e Operação; Controle e Fiscalização	Infraestrutura; Gestão e planejamento de atividades; Aerofotogrametria	Vantagem 1: Redução de custos operacionais e de riscos. Por quê: O uso do VANT substitui processos convencionais e manuais de monitoramento que são sabidamente caros, demorados e arriscados para os inspetores. Categoria: Custos / Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Maior detalhamento e análise aprimorada do objeto. Por quê: O uso combinado de LiDAR e câmeras multiespectrais gera modelos 3D precisos, fundamentais para prever o risco da vegetação na rede e identificar o estrato florestal. Categoria: Qualidade/Precisão.	Há grande incerteza técnica sobre como especificar a melhor configuração do aparelho e do sensor, além das restrições práticas e financeiras impostas para realizar trocas de equipamento e reconfigurações em campo (hard-to-change factors)
22		Recomendações e boas práticas para a integração do monitoramento da segurança com drone ao planejamento e controle da segurança de obras	Lima e Costa (2023)	Artigo de Periódicos	Segurança do Trabalho; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Gestão e planejamento de atividades; Controle de obras	Vantagem 1: Redução expressiva no tempo de inspeção e processamento de dados. Por quê: O uso do VANT integrado à plataforma de checklist (Smart Inspects) digitaliza e acelera a captação das informações no canteiro, dispensando as morosas anotações manuais na prancheta de campo. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Integração orgânica e colaboração entre produção e segurança. Por quê: As evidências visuais capturadas de cima servem como lastro prático e irrefutável para planejar correções conjuntas (quebrando o distanciamento entre as duas equipes que antes tomavam decisões isoladas). Categoria: Gestão / Otimização de Processos. Vantagem 3: Aumento da transparência para os trabalhadores de campo. Por quê: A plotagem e fixação das fotos de irregularidades obtidas com o drone em um painel visual aproxima o operário da compreensão de seu erro físico, permitindo a autogestão da segurança. Categoria: Qualidade/Precisão / Gestão..	Existem amarras regulatórias rígidas estabelecidas pela ANAC (exigindo distância horizontal de no mínimo 30m de pessoas não anuentes), restrições no alcance de bateria, impossibilidade de voos em áreas internas, receio ético (invasão de privacidade dos trabalhadores) e elevado custo inicial de treinamento
23		Inspeção de manifestações patológicas de fachadas em edifício de grande altura com vant	Lima et al. (2020)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Mapeamento 3D; Inspeção de fachadas; Geração de mapas de danos	Vantagem 1: Redução da logística pesada e de custos com estrutura. Por quê: O método suprime o uso, locação, montagem e desmontagem de equipamentos provisórios extensos (como andaimes e balancins) exigidos pela altura da edificação. Categoria: Custos / Otimização de Processos. Vantagem 2: Supressão do risco de vida de trabalhadores e prevenicionismo. Por quê: Elimina a necessidade de colocar operários em altura (alpinismo industrial) para verificar problemas construtivos no exterior do prédio. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 3: Eliminação de falhas por oclusão de visão. Por quê: O drone alcança zonas cegas da edificação que seriam de difícil acesso para o homem balançando em cabos, propiciando imagens de excelente resolução do problema. Categoria: Qualidade/Precisão.	Limitação severa associada à autonomia de bateria do equipamento, que exige sucessivas interrupções de voo, aterrisagem, longo tempo de recarga e retomada, fragmentando a missão
24		Integração do monitoramento com VANT à gestão da segurança das obras: uma revisão sistemática da literatura	Lima, Melo e Costa (2020)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Monitoramento de progresso; Integração BIM	Vantagem 1: Monitoramento visual ágil e acesso a áreas restritas. Por quê: Os VANTs superam as limitações humanas de locomoção no canteiro, capturando imagens de alta resolução de zonas de difícil acesso com grande rapidez, protegendo o inspetor. Categoria: Eficiência/Produtividade / Redução de Riscos. Vantagem 2: Automatização da identificação de riscos através de dados. Por quê: A enorme quantidade de dados visuais gerados pela aeronave serve de base para alimentar algoritmos (IA) e modelos BIM 4D, permitindo que falhas de segurança sejam detectadas automaticamente pelas máquinas antes que o acidente ocorra. Categoria: Inovação Tecnológica / Qualidade/Precisão.	As principais limitações incluem a restrição imposta pelas regulamentações de voo (que proíbem sobrevoar trabalhadores), a curta duração das baterias, a impossibilidade técnica de voar em ambientes internos sem sinal GPS, e barreiras éticas/privacidade ao monitorar equipes

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
25		Utilização do VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações	Lisboa et al. (2018a)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas	Vantagem 1: Agilidade e abrangência da análise. Por quê: Permite analisar amplas regiões e acessar pontos altos de forma célere, sem infraestrutura pesada de solo. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Método minimamente interferente. Por quê: Dispensa uso de quebras ou isolamento massivo. Categoria: Otimização de Processos. Vantagem 3: Económica. Por quê: Substitui grandes mobilizações laborais barateando o levantamento. Categoria: Custos.	O artigo aponta a existência de limitadores de forma muito generalista, mas não detalha quais seriam os problemas de uso
26		Utilização do VANT para inspeção de segurança na construção de uma avenida em Belém-PA	Lisboa et al. (2018b)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Monitoramento de progresso; Levantamento topográfico	Vantagem 1: Alta observabilidade de grandes extensões de canteiro logístico. Por quê: A visão aérea varre estruturas quilométricas ou de travessias sobre água velozmente, minimizando brutalmente o tempo gasto caso a inspeção das sinalizações fosse realizada a pé. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Acesso desimpedido sem paralisação da produção. Por quê: O sobrevoo é remoto e não requer isolamento das frentes de trabalho para o engenheiro passar, inspecionando o uso de cinto de segurança e capacetes sem parar a rotina dos pedreiros. Categoria: Otimização de Processos. Vantagem 3: Identificação contundente de perigos em lugares inacessíveis. Por quê: Monitora remotamente nós de treliças ou bordas das pontes em lagos, prevenindo quedas por meio da evidência limpa da falta de plataformas. Categoria: Segurança do Trabalho.	Drones de pequeno porte tendem a sofrer instabilidades em zonas abertas de muito vento. Há o temor da invasão de privacidade do funcionário e o perigo iminente de colisão
27		Avaliação da deterioração do concreto em estações elevatórias de água: Estudo de caso na área urbana de Belém/PA	Lisboa et al. (2024)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção de estruturas; Infraestrutura	Vantagem 1: Viabilização e facilitação da inspeção visual em grandes infraestruturas civis. Por quê: O uso da aeronave possibilita a coleta remota de dados sensoriais essenciais (fotos e vídeos de alta resolução das diversas faces da estação) mapeando lesões patológicas que servem de base para o diagnóstico matemático, otimizando o levantamento em campo. Categoria: Qualidade/Precisão / Otimização de Processos.	informação não descrita no estudo
28		Utilização de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para a inspeção e o mapeamento de danos	Lopes, Bauer e Silva (2022)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Mapeamento 3D; Inspeção de fachadas; Geração de mapas de danos	Vantagem 1: Extinção do risco de trabalho em altura. Por quê: O método suprime a obrigatoriedade do alpinismo industrial e do uso de balancins suspensos em edifícios, preservando a vida humana ao manter o inspetor no solo. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Rapidez e agilidade na coleta das imagens. Por quê: A capacidade tridimensional de deslocamento aéreo do drone executa a varredura das fachadas muito mais rápido que as morosas técnicas físicas de montagem e descida manual humana. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Maximização da economia e redução de despesas. Por quê: As inspeções com RPA demandam infraestrutura infinitamente menor do que o aluguel, transporte e mobilização de andaimes e guias pesadas no canteiro. Categoria: Custos. Vantagem 4: Captura ortogonal abrangente e superior. Por quê: O drone tem o poder de posicionar sua lente perfeitamente perpendicular (90°) às janelas dos últimos pavimentos, revelando patologias ocultas à visão do engenheiro que está restrito à calçada térrea. Categoria: Qualidade/Precisão.	As principais limitações elencadas são: a incapacidade de realizar o teste físico de percussão (diagnóstico tátil); restrições técnicas do hardware como a baixa duração da bateria e capacidade de carga; o alto custo para adquirir sensores especializados (termográficos/laser); obstáculos físicos urbanos (árvores, fiações) e falhas nos softwares geradas por condições meteorológicas e brilho excessivo de vidraças e sombras

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
29		Mapeamento 3D com drone para suporte a manutenção de edificações	Mello e Bortolini (2022)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Controle e Fiscalização	Mapeamento 3D; Aerofotogrametria; Integração BIM; Manutenção com apoio de VANTS	Vantagem 1: Obtenção segura e eficiente de dados em locais inacessíveis. Por quê: O VANT adentra ruínas ou coberturas arriscadas de edificações antigas, capturando a geometria sem colocar trabalhadores em perigo nas estruturas fragilizadas. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Mapeamento "as-is" essencial para edificações sem projetos ou históricos. Por quê: A captura fotogramétrica traz a edificação antiga para o meio digital rapidamente (nuvem de pontos), servindo como banco de dados visual crucial para o FM (Facility Management) quando não há plantas originais. Categoria: Gestão / Eficiência. Vantagem 3: Eliminação da necessidade de hardware robusto para renderização inicial. Por quê: Aplicativos modernos de VANTS usam processamento em nuvem web, mitigando a demanda de supercomputadores apenas para a construção da nuvem de pontos inicial da fotogrametria. Categoria: Inovação Tecnológica / Otimização de Processos.	Altíssima vulnerabilidade do mapeamento em relação às condições climáticas: o sol causa sombras que geram buracos na malha 3D e os ventos desestabilizam o drone. Outra deficiência é o fato do VANT não mapear o interior do edifício, forçando a mescla com levantamentos manuais (trena), além da conversão da nuvem para o BIM ser 100% manual e exaustiva
30		Utilização de VANT para inspeção de patologias em fachadas: uma análise entre metodologias	Melo e Melo (2023)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Inspeção de fachadas; Detecção de manifestações patológicas; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Extinção maciça dos desperdícios de tempo logístico. Por quê: A utilização do VANT remove do fluxo de trabalho os tempos mortos ("não agregam valor") referentes a instalação, ancoragem pesada e liberação formal de equipamentos fixos como balancins. Categoria: Eficiência/Produtividade / Otimização de Processos. Vantagem 2: Mapeamento panorâmico seguro das anomalias prediais. Por quê: Permite capturar e localizar visualmente trincas, eflorescências e deslocamentos espalhados pela superfície de prédios altos (9 pavimentos) de forma contínua em poucos minutos de voo. Categoria: Qualidade/Precisão.	A inspeção limitou-se ao campo estritamente visual, não substituindo balancins na execução de ensaios periciais essenciais (como a percussão) que atestam a profundidade do dano. Além disso, o esgotamento da bateria interrompeu as gravações, gerando pausas não programadas (tempo ocioso extra)
31		Diretrizes para o uso de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) para inspeção de segurança em canteiros de obra	Melo, Costa e Álvares (2017)	Capítulo de Livro	Segurança do Trabalho; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Monitoramento de progresso; Inspeção de fachadas; Inspeção de coberturas ou telhados	Vantagem 1: Redução imediata do tempo do auditor de campo. Por quê: O voo varre perímetros de torres perigosas ou canteiros extensos num curto intervalo (média 9 min/voo) gerando registros irrefutáveis de faltas ocupacionais que, a pé, exigiriam equipes robustas exaustivas. Categoria: Eficiência/Produtividade e Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Monitoramento abrangente de atividades de acesso crítico. Por quê: O ângulo vertical e zenital fornece um painel imersivo das atitudes operárias nos cumes (andaimes e telhados) que o fiscal posicionado no solo tem cegueira visual total. Categoria: Gestão e Controle Operacional.	Severa limitação regulatória brasileira (ANAC), especialmente nos limites de 60m para áreas centrais, impedindo legalmente a observação de superestruturas/arranha-céus completos. Em obras muito densas e contidas, barreiras físicas (telamentos contínuos de proteção na fachada de edifícios em vizinhanças) e o "fator clima" esmagam o campo de varredura visual das câmeras na altitude
32		Monitoramento e controle da segurança em canteiro de obras apoiado por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) - estudo de caso	Melo, Costa e Silveira (2018)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Logística e layout de canteiro; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Agilidade e feedback imediato sobre situações de risco. Por quê: Os ativos visuais recolhidos pelo VANT proporcionaram à equipe de segurança a capacidade de tomar decisões rápidas contra perigos operacionais imediatos logo após a aterrissagem. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Aumento da transparência e visibilidade das condições do local de trabalho. Por quê: As imagens aéreas evidenciaram panoramicamente os cenários exatos, mitigando negações e pavimentando debates técnicos diretos entre engenheiros de produção e técnicos de segurança. Categoria: Gestão.	Há dificuldades inerentes de proposição de correções temporâneas para falhas profundas identificadas pelo voo, sobretudo quando a insegurança de campo é produto da falta direta de planejamento entre produção e disponibilidade de infraestrutura
33		API de voo autônomo de Drone orientado por modelo BIM	Menegotto (2025)	Artigo de Congresso	Gestão e Planejamento	Inspeção de fachadas; Inspeção de coberturas ou telhados; Integração BIM; Gestão e planejamento de atividades; Manutenção com apoio de VANTS	Vantagem 1: Consistência temporal no acervo de manutenção. Por quê: O voo autônomo elimina o erro humano na pilotagem de diversas inspeções com o tempo, garantindo a captura do mesmo quadro paramétrico. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 2: Vínculo semântico das patologias e vistorias. Por quê: Ao ligar as imagens captadas ao referencial no BIM, o processo de tomada de decisão não perde a organização do banco de imagens gigantesco gerado pelas câmeras. Categoria: Gestão e Organização de Dados.	Necessidade de alta qualificação técnica das equipes (BIM, ontologias, etc); possibilidade de acidentes severos se as coordenadas geográficas do BIM estiverem mal calibradas; dependência de alimentação manual dos parâmetros de segurança das normas no software

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
34		Uma experiência de modelagem urbana a partir de Nuvem de Pontos na ferramenta Revit	Moreira, Mota e Amorim (2019)	Artigo de Congresso	Topografia e Geotecnia; Gestão e Planejamento	Mapeamento 3D; Geração de Modelos Digitais; Levantamento topográfico; Integração BIM	Vantagem 1: Viabilização de modelagem com máxima fidelidade à realidade construída. Por quê: O voo atrelado aos softwares de conversão apresenta-se como a técnica mais adequada para a captura das feições irregulares de Modelos Digitais de Terreno e de Superfície em grandes centros. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 2: Rapidez na obtenção massiva de dados em campo. Por quê: O equipamento permitiu gerar milhares de matrizes de imagens aéreas cobrindo grandes quadras de modo muito ágil. Categoria: Eficiência/Produtividade.	Realizar "voos gerais" restringe a captura adequada de fachadas e cumeadas em ruas estreitas; alto peso e custo de processamento computacional ao lidar com as malhas geradas (travamentos); e dificuldade sistêmica na modelagem das nuvens no software Revit para gerar elementos irregulares (como telhados inclinados não-ortogonais)
35		O uso de veículos aéreos não tripulados na construção civil e suas contribuições no Brasil	Nery, Pimenta e Braga (2021)	Artigo de Congresso	Gestão e Planejamento; Segurança do Trabalho; Manutenção e Operação	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção Predial; Inspeção de segurança; Monitoramento de progresso; Logística e layout de canteiro	Vantagem 1: Redução de custos diretos na fiscalização. Por quê: A utilização do drone substitui aparatos tradicionais dispendiosos e metodologias complexas (como o alpinismo industrial), otimizando o orçamento do projeto para a fiscalização. Categoria: Custos. Vantagem 2: Acesso visual e monitoramento remoto. Por quê: Viabiliza a tomada de decisão gerencial de forma mais rápida, fornecendo imagens do status da obra a partir de ângulos altos e em locais onde o ser humano tem dificuldade ou incapacidade de acessar em tempo hábil. Categoria: Gestão. Vantagem 3: Preservação da vida e integridade física dos trabalhadores. Por quê: A captura aérea diminui ou anula a necessidade de colocar operários e engenheiros em atividades de altura durante as averiguações, diminuindo ativamente o risco de quedas e fatalidades. Categoria: Segurança do Trabalho e Redução de Riscos.	informação não descrita no estudo
36		Implementação do método de inspeção de segurança (Smart Inspects) em obras de infraestrutura	Oliveira et al. (2024)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho	Infraestrutura; Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Fiscalização e controle de execução	Vantagem 1: Agilidade na identificação e correção de desvios. Por quê: O monitoramento aéreo permite um processamento rápido do canteiro, possibilitando que as áreas de risco de acidentes sejam isoladas ou corrigidas em tempo hábil. Categoria: Segurança do Trabalho / Eficiência. Vantagem 2: Superação de pontos cegos nas frentes de trabalho. Por quê: A visão aérea fornecida pelo VANT alcança áreas de infraestrutura complexa que são impossíveis de serem observadas pelo técnico caminhando no solo. Categoria: Qualidade/Precisão.	Foram apontadas limitações relativas à necessidade de um período de adaptação cultural dos operários com a nova tecnologia, além da dificuldade intrínseca de isolar as frentes de trabalho nessas obras horizontais situadas em áreas urbanas
37		Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico	Parente, Felix e Picanço (2017)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Geração de Modelos Digitais; Infraestrutura; Inspeção de estruturas	Vantagem 1: Precisão escalar assombrosa para extrair o quantitativo da obra. Por quê: O ortomosaico e MDS geram plantas tão condizentes com o campo (cerca de 95% exatas) que o engenheiro pode orçar material para um remendo sem jamais enviar um topógrafo ou um peão ao meio do tráfego letal dos carros. Categoria: Qualidade/Precisão; Custos; Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Abrangência colossal em fração mínima do tempo em campo. Por quê: Os voos e aeronaves superam a velocidade e barateamento frente às imagens pagas de satélites ou levantamentos lentos pedestres. Categoria: Eficiência/Produtividade; Gestão.	O aparelho pode padecer de flutuações e solavancos provocados pelo vento (instabilidade e trepidação da asa) criando leve embaçamento que exige boa configuração de sobreposição; Além disto, a câmera NIR (Termal) falhou na revelação contrastante de defeitos claros ou buracos reparados em datas muito passadas
38		Influência dos parâmetros de aquisição de imagens com auxílio de Drone para geração de nuvem de pontos de obras civis	Pascoal Júnior et al. (2019)	Artigo de Congresso	Gestão e Planejamento; Topografia e Geotecnia	Geração de Modelos Digitais; Aerofotogrametria; Integração BIM; Comparação entre projetado e executado	Vantagem 1: Viabilidade econômica irrefutável da modelagem reversa 3D as-built da edificação. Por quê: Diferente de locar laser scanners massivos e lentos de terra, a varredura aérea compila densidades espetaculares de referências de projeto custando frações muito menores para o empreendedor no levantamento estrutural. Categoria: Eficiência/Produtividade e Custos.	Falta severa de detalhamento fidedigno altimétrico no MDE quando omitidos os pontos de apoio GNSS no chão; deficiências crônicas de alguns dos aplicativos primários de controle em permitir variação oscilatória de arfagem nos pontos da malha; limitação no poder computacional em lidar com mesclas massivas de fotos sob softwares sem licença corporativa/acadêmica com teto baixo

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
39		Aplicações de BIM, RPA e visão computacional de forma integrada para o planejamento e controle da segurança em canteiros de obras	Peinado e Costa (2023)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho; Gestão e Planejamento	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Integração BIM; Inteligência Artificial aplicada a VANTS; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Supressão da exposição da mão-de-obra humana à periculosidade exploratória. Por quê: O escaneamento da máquina atinge abismos periféricos, lajes e pontas de torres e traz toda visualização sem pôr a vida do segurança de obra em cheque em plataformas inseguras. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Auditar eletronicamente as falhas do projeto antes da catástrofe. Por quê: Os blocos digitais mapeados pelo voo frente ao modelo projetado em BIM apontam instantaneamente o que os subcontratados executaram em desacordo com as prevenções contra acidentes da etapa virtual original. Categoria: Gestão e Planejamento de Obras.	Excesso crônico de propostas embrionárias nas publicações que raramente desaguiam na operação executiva da empreiteira de verdade e falham em considerar a dependência humana final de análise frente a discrepâncias nos mapas apontados; risco paradoxal do próprio tráfego rotatório do aparelho gerar quedas e esbarrões contra operários
40		Análise de técnicas de data augmentation para aperfeiçoamento da detecção de sistemas de guarda-corpo e rodapés em canteiros de obras com inteligência artificial	Peinado et al. (2023)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho	Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro; Inteligência Artificial aplicada a VANTS	Vantagem 1: Melhoria drástica da precisão na identificação de elementos de segurança. Por quê: O algoritmo suportado pelas matrizes aumentadas extrai muito mais parâmetros visuais das obras, acertando o reconhecimento dos guarda-corpos de forma limpa sem confundir a máquina com ruídos do canteiro. Categoria: Qualidade/Precisão e Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Diminuição do tempo gasto em coletas fotográficas. Por quê: O sistema de manipulação artificial suprime a obrigação de os fiscais terem de voar e tirar milhares de fotos físicas de todos os ângulos no canteiro real para suprir a base de aprendizado profundo. Categoria: Eficiência/Produtividade.	As redes de inteligência artificial de aprendizado profundo esbarram constantemente no "gargalo" produtivo da quantidade reduzida de acervos visuais do canteiro disponíveis no mercado, obrigando que a máquina seja suprida por manipulações de matrizes de imagens originais exíguas
41		Inspeção de fachadas de edificações com veículo aéreo não tripulado (VANT)	Pereira (2022)	Artigo de Periódicos	Controle e Fiscalização; Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Fiscalização e controle de execução	Vantagem 1: Rapidez e agilidade na captura das imagens. Por quê: O voo mapeia toda a extensão vertical do edifício em poucas horas (cerca de 3h por fachada), o que otimiza significativamente o tempo comparado às descidas em balancim. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Inspeção minuciosa e cautelosa no ambiente de escritório. Por quê: As imagens em altíssima resolução podem ser analisadas tranquilamente pelo engenheiro na tela do computador (com aplicação de zoom), sendo um ambiente muito mais propício e analítico do que inspecionar exposto ao sol e vento em campo. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 3: Eliminação de trabalho em altura e treinamentos custosos. Por quê: O método não submete o trabalhador a ficar pendurado no lado externo do edifício, resguardando sua vida e dispensando exigências e custos de adequação à NR-35. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos.	Limites severos de distanciamento que impedem visualizar fissuras e microlesões, paralisações indesejadas pelo rápido esgotamento das baterias de voo, limitações impostas pela ANAC (voar longe de aeroportos) e alta vulnerabilidade a condições de clima e luz (sombrias)
42		Algoritmos genéticos: uma abordagem visual para reduzir as perdas por transporte em canteiros de obra	Pérez, Costa e Irizarry (2020)	Artigo de Congresso	Gestão e Planejamento	Logística e layout de canteiro; Mapeamento 3D; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Criação de modelos realistas e atualizados do canteiro de obras. Por quê: O uso de imagens aéreas (ortomosaicos e modelos 3D) representa fielmente a realidade atual do canteiro e obstáculos reais, ao contrário de modelos CAD 2D que frequentemente estão desatualizados. Categoria: Qualidade/Precisão.	informação não descrita no estudo
43		Fluxo de fiscalização de obras públicas em edificações com uso de drone	Pessoa et al. (2025)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Fiscalização e controle de execução; Monitoramento de progresso; Controle de obras; Inspeção de fachadas; Inspeção de coberturas ou telhados; Inspeção de estruturas; Deteção de manifestações patológicas; Geração de mapas de danos; Controle de Qualidade	Vantagem 1: Rigor técnico como lastro documental. Por quê: Em obras públicas, a imposição de um fluxograma exige que o dado do VANT deixe de ser mera fotografia turística e vire parte obrigatória para lastrear punições e aferições das medições de serviço pagas às empreiteiras. Categoria: Gestão e Controle de Obras. Vantagem 2: Produtividade e barreira mitigada de alcance e acidentes em lajes e platibandas. Por quê: Preserva a equipe das periculosidades comuns à inspeção nas partes mais complexas do canteiro sob grande velocidade de resposta. Categoria: Eficiência/Produtividade e Segurança do Trabalho.	A adoção esbarra nas fragilidades culturais estagnadas no seio do Poder Público brasileiro, além da precarização na oferta contínua de capacitações formativas das equipes técnicas engessadas por recursos burocráticos limitados

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
44		utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) na identificação de Resíduos de Construção Civil (RCC) dispostos em locais inadequados	Picanço e Parente (2016)	Dissertação	Gestão Ambiental	Identificação de RCC	Vantagem 1: Flexibilidade temporal e baixo custo. Por quê: Viabiliza levantamentos flexíveis sendo mais barato que aerolevantamentos com aeronaves tripuladas. Categoria: Custos. Vantagem 2: Rapidez e segurança da informação. Por quê: Auxilia no controle sem depender de longas fiscalizações in loco. Categoria: Eficiência/Produtividade.	Instabilidade da aeronave em voo (causando imprecisões geométricas), vulnerabilidade a condições temporais como sombras e ventos, além de raio de alcance restrito de rádio e bateria
45		Levantamento de patologia em uma obra no município de Porto Nacional/TO com utilização de VANT	Pinto e Fernandes (2019)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções; Segurança do Trabalho	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Inspeção de coberturas ou telhados; Inspeção de segurança	Vantagem 1: Extrema celeridade operacional na coleta. Por quê: O tempo empregado no levantamento panorâmico por drone conferiu um ganho exponencial na obtenção da mesma informação que o método braçal exigiria. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Supressão de perigos físicos ao perito. Por quê: O drone elimina completamente a necessidade da montagem e utilização de andaimes para permitir ao engenheiro visualizar as anomalias nas cumeeiras do ginásio. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 3: Visão privilegiada de pontos inacessíveis. Por quê: As câmeras embarcadas permitem focalizar esquadrias e telhados a partir de perspectivas que seriam inviáveis sem maquinário de elevação pesada. Categoria: Qualidade/Precisão.	informação não descrita no estudo
46		Uso de drone na inspeção de barragens de terra no Amazonas	Rabelo Filho e Castro (2022)	Capítulo de Livro	Topografia e Geotecnia	Mapeamento 3D; Geração de Modelos Digitais; Aerofotogrametria; Levantamento topográfico; Mapeamento planialtimétrico; Inspeção de estruturas; Inspeção de obras de arte especiais; Geração de mapas de danos	Vantagem 1: Extinção da exposição das equipes a perigos e charcos. Por quê: O voo mapeia terrenos íngremes, alagados ou instáveis ao redor da represa, poupando a equipe técnica de trafegar nessas áreas de risco geológico com embarcações ou a pé. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Rapidez massiva na execução do censo de infraestrutura. Por quê: O VANT otimiza a dinâmica logística da vistoria, viabilizando a inspeção célere de uma amostra volumosa (28 barragens espalhadas por 12 municípios) em fração do tempo e do custo tradicional. Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos.	O VANT tem restrições técnicas para detectar deformações estruturais de ordem milimétrica (como pequenos recalques, subsidências brandas ou cavas de animais) no maciço da barragem. Adicionalmente, seu raio de operação e autonomia limitam a aplicação eficiente a reservatórios de pequeno e médio porte
47		Análise bibliográfica sobre as potencialidades da aquisição de imagens multi e hiperespectrais por VANTs no auxílio à inspeção de obras de arte especiais	Rauber et al. (2018)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Mapeamento 3D; Inspeção de estruturas; Inspeção de obras de arte especiais; Geração de mapas de danos; Infraestrutura	Vantagem 1: Prevenção ocupacional irrestrita e redução abrupta da logística do Estado. Por quê: Mitiga acidentes inerentes à fiscalização tradicional em vias arteriais de alto tráfego que historicamente forçava engenheiros pendurados a grandes alturas e obrigava interrupções agressivas de rodovias ativas. Categoria: Segurança do Trabalho, Custos e Redução de Riscos. Vantagem 2: Evolução no rastreio do perfil patológico invisível. Por quê: A visão computacional termal/hiperespectral avalia com perfeição comportamentos sutis de deterioração estrutural, trincas por retração e umidade retida no bloco que enganam o olho mecânico RGB do humano. Categoria: Qualidade/Precisão.	Falta de dimensionamento modular na linha de equipamentos originais das aeronaves, forçando as concessionárias e executantes a improvisarem "gimbais customizados" frente a carga desproporcional de baterias requeridas para as lentes ópticas de visão espectral de grande porte que drenam vorazmente os minutos de tempo em ar da operação
48		Automatização do voo de drone para inspeção tridimensional de dutos em plataformas offshore	Regner (2023)	Dissertação	Controle e Fiscalização; Gestão e Planejamento	Mapeamento 3D; Aerofotogrametria; Inspeção de estruturas; Geração de Modelos Digitais; Gestão e planejamento de atividades	Vantagem 1: Redução de riscos operacionais e substituição do trabalho humano perigoso. Por quê: A inspeção visual e tridimensional feita pelo VANT substitui o trabalho de escaladores industriais (técnica de rapel em alto mar), aumentando substancialmente a segurança do trabalho. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Dispensa de treinamento intensivo para operação de voo. Por quê: Com o sistema automatizado de detecção e controle, a aeronave dispensa as complexas habilidades de manobra exigidas de pilotos que fazem a inspeção de forma inteiramente manual. Categoria: Eficiência/Produtividade.	Dificuldade no processamento das imagens para gerar pontos correspondentes devido a texturas homogêneas no ambiente; além da incerteza natural de posicionamento das antenas de satélite (GNSS) afetada por sombras de edifícios e condições atmosféricas

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
49		Aplicação de reconhecimento de padrão em processamento de imagens coletadas por VANT para inspeção de guarda-corpo	Rey, Sampaio Sá e Costa (2019)	Artigo de Congresso	Segurança do Trabalho	Inspeção de estruturas; Inspeção de segurança; Identificação de riscos no canteiro	Vantagem 1: Automação e rapidez na inspeção visual. Por quê: O algoritmo processa conjuntos completos de fotos de uma vez, reduzindo o tempo de verificação manual in loco e agilizando as auditorias de campo. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Melhoria do ambiente ocupacional. Por quê: O voo associado à visão computacional audita a integridade sem a presença corpórea do trabalhador junto à periferia da laje desprotegida. Categoria: Segurança do Trabalho e Redução de Riscos.	Interferência severa do reflexo da luz solar confundindo o reconhecimento das cores e forçando manipulação nos formatos RGB/HSV; alto índice de distorção se os voos forem executados muito próximos (2m), distantes (10m) ou muito inclinados (30°)
50		Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para inspeção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico	Ruiz e Lordsleem Junior (2021)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Mapeamento 3D; Inspeção de fachadas; Geração de mapas de danos; Aerofotogrametria	Vantagem 1: Aumento da segurança com a mitigação do risco de trabalho em altura. Por quê: A captura de informações por VANT substitui o uso direto de alpinistas industriais pendurados em balancins, eliminando a exposição de vidas humanas a quedas e insalubridade nas alturas. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Rapidez na execução da inspeção da envoltória. Por quê: O voo varre horizontal e verticalmente grandes fachadas num tempo extremamente menor em relação aos dispendiosos sistemas de montagem manual na obra. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Facilidade de acesso ortogonal ao plano total do prédio. Por quê: O drone alcança os últimos pavimentos paralelamente à janela (perpendicular 90°), trazendo para o diagnóstico anomalias que seriam um "ponto cego" para o patologista em solo. Categoria: Qualidade/Precisão. Vantagem 4: Excelente relação custo-benefício de implantação. Por quê: VANTS de entrada comerciais munidos de sensores RGB oferecem respostas de laudo robustas a um custo financeiro infinitamente mais acessível do que as varreduras a laser LiDAR embarcadas ou andaimes suspensos. Categoria: Custos.	A câmera digital (RGB) do drone não é capaz de investigar o descolamento silencioso de cerâmicas que ainda não trincaram na superfície, limitando o diagnóstico à inspeção estritamente aparente (sendo os testes de percussão insubstituíveis sem equipamentos de infravermelho/térmico). Além disso, as aeronaves sofrem com a curta autonomia de bateria (30 min) e sensibilidade às ventanias da fachada. Os softwares de modelagem 3D causam distorções de texturização que apagam a visão fina de pequenas fissuras (reduzindo a taxa de identificação)
51		Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT): estudo exploratório	Ruiz, Lordsleem Júnior e Rocha (2021)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Mapeamento 3D; Geração de Modelos Digitais	Vantagem 1: Redução do tempo logístico e de execução. Por quê: O deslocamento aéreo do equipamento captura o cenário muito mais rapidamente do que os preparativos físicos exigidos pelo acesso via alpinismo industrial. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Maior segurança ocupacional pela eliminação do trabalho em altura. Por quê: O inspetor atua remotamente no solo; uma eventual falha estrutural acarreta apenas a queda da máquina (VANT) sem colocar a vida humana em perigo iminente. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 3: Redução dos custos envolvidos na inspeção. Por quê: A inspeção demanda equipe menor e elimina gastos excessivos com montagem de andaimes ou aluguel de equipamentos verticais pesados. Categoria: Custos.	Entre os gargalos técnicos encontram-se a baixa duração da bateria do veículo, a limitação de voos em condições de ventos fortes e o fato fundamental de que o drone isoladamente realiza apenas inspeção visual, sendo incapaz de efetuar ensaios mecânicos ou de percussão nas fachadas
52		Análise do processamento de imagem por drone em cobertura plana com diferentes níveis	Santos et al. (2024)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização	Inspeção de coberturas ou telhados; Geração de Modelos Digitais; Inspeção Predial; Mapeamento 3D	Vantagem 1: Redução de riscos e aumento da eficiência nas inspeções. Por quê: O uso do drone substitui as vistorias manuais na cobertura, eliminando o risco de acidentes de trabalho em altura, e torna a coleta e a análise de dados muito mais rápidas. Categoria: Segurança do Trabalho / Eficiência.	A presença de obstáculos no entorno (como árvores) impede voos em altitudes menores, diminuindo a resolução e gerando pontos de oclusão (sombreamentos/buracos) na ortomagem. Além disso, o alto volume de dados coletados exige alta capacidade de hardware para processamento e armazenamento

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
53		Aspectos da conservação e da manutenção do sistema de cobertura plana do ICC	Santos et al. (2024)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Patologia das Construções	Inspeção de coberturas ou telhados; Detecção de manifestações patológicas; Inspeção Predial	Vantagem 1: Viabilização do levantamento visual amplo e diagnóstico detalhado em áreas extensas. Por quê: O VANT permite a captura de imagens que englobam a totalidade da edificação (uma megaestrutura de 700m), servindo como base precisa para o mapeamento de patologias em software SIG e reduzindo a dificuldade da inspeção em um local tão vasto. Categoria: Qualidade/Precisão / Otimização de Processos.	informação não descrita no estudo
54		Análise do uso de tecnologias digitais para identificação automatizada de patologias em construções	Silva e Costa (2022)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Inteligência Artificial aplicada a VANTS; Controle de Qualidade	Vantagem 1: Mitigação de riscos e aumento da agilidade em inspeções. Por quê: Substitui a vistoria manual e tradicional, que é cara, demorada e perigosa (principalmente em locais de difícil acesso), tornando o processo totalmente seguro e rápido para o inspetor. Categoria: Segurança do Trabalho / Eficiência. Vantagem 2: Melhoria no rigor, quantidade e confiabilidade do levantamento de defeitos. Por quê: O uso do drone em conjunto com algoritmos avançados automatiza e padroniza a detecção das manifestações patológicas, reduzindo a subjetividade do erro humano na identificação visual. Categoria: Qualidade/Precisão.	Os métodos automatizados requerem alto esforço computacional e dependem de extensos bancos de dados para o treinamento da IA, enfrentando limitações práticas quanto à capacidade de memória RAM, processamento dos equipamentos e tempo limitado de autonomia de bateria dos drones.
55		Inspeção de manifestações patológicas em edifícios utilizando câmera termográfica integrada ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): uma pesquisa documental	Silva et al. (2021)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção Predial; Inspeção de coberturas ou telhados	Vantagem 1: Acesso rápido e seguro a áreas inalcançáveis. Por quê: O VANT alcança áreas altas e perigosas de fachadas e coberturas sem submeter os inspetores ao risco do trabalho em altura, realizando um diagnóstico térmico à distância. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Maior velocidade na aquisição de dados do que métodos tradicionais. Por quê: A captura aérea varre grandes áreas de forma automatizada, gerando dados em tempo real sem a necessidade de mobilização de equipamentos de acesso (andaimes/balancins). Categoria: Eficiência/Produtividade.	As limitações envolvem a baixa resolução de algumas câmeras térmicas, a autonomia restrita de voo dos drones (baterias que duram de 30 min a 2 horas), restrições regulatórias da aviação civil, forte sensibilidade aos ventos (> 7m/s) e irradiação solar, e impossibilidade técnica de leituras precisas acima de 10 metros de distância do alvo
56		Modelo de aprendizado de máquina para inspeção automatizada de fachadas de paredes de concreto	Silva et al. (2023)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Patologia das Construções	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Fiscalização e controle de execução; Controle de Qualidade; Identificação de erros construtivos; Inteligência Artificial aplicada a VANTS	Vantagem 1: Quebra do paradigma de lentidão do operador na auditoria predial. Por quê: Transforma inspeções que antes demandavam escalada física lenta e com preenchimento errático de papel em leituras preditivas computadorizadas e instantâneas das lajes inspecionadas. Categoria: Eficiência/Produtividade e Qualidade/Precisão. Vantagem 2: Remoção do trabalhador da linha de risco contra quedas de altura. Por quê: Suprime a obrigatoriedade da exposição crítica de técnicos descendo por andaimes balancins na fase mais crua e exposta da edificação recém-desformada apenas para inspecionar parede. Categoria: Segurança do Trabalho e Redução de Riscos.	Incapacidade de diferenciação de tons de cinza sutis na máquina: o aplicativo comete falhas interpretativas crônicas em fachadas brutas in loco cruzando anomalias estruturais liminares (fissuras de assentamento) contra marcas vulgares texturizadas dos painéis da fôrma de alumínio. Requisito impeditivo do portal base web em engolir fotos apenas abaixo de 4 megabytes, obrigando compressão do pacote
57		Inspeção em Reservatórios Elevados de Água com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): revisão sistemática da literatura.	Silva, Lordsleem Júnior e Cabral (2025)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções; Segurança do Trabalho	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção Predial; Aerofotogrametria; Manutenção com apoio de VANTS; Monitoramento de progresso; Inspeção de fachadas; Inspeção de segurança	Vantagem 1: Extinção dos riscos letais inerentes ao trabalho em altura. Por quê: O VANT substitui o alpinista industrial e equipamentos complexos suspensos, evitando o risco de quedas (maior causa de acidentes fatais na construção civil) e garantindo a segurança integral do inspetor no solo. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Elevada agilidade e redução expressiva do tempo de execução. Por quê: A inspeção visual de um reservatório alto, que normalmente consumiria dias de trabalho (3 a 8 dias), pode ser executada por um VANT em cerca de 3 horas. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Maximização da economia e redução de custos logísticos. Por quê: Sem a necessidade de contratar equipes numerosas de acesso por cordas, sistemas de ancoragem e planos de resgate, o custo operacional cai sensivelmente. Categoria: Custos.	O custo elevado de aquisição de hardwares com tecnologias mais avançadas e a dificuldade de encontrar profissionais capacitados (pilotos/engenheiros) figuram como obstáculos atuais. Além disso, há o grande desafio computacional de treinar as Inteligências Artificiais (machine learning), exigindo extensos bancos de dados para o reconhecimento autônomo das patologias

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
58		Inspeção com Drone para o controle de qualidade durante a execução de fachadas	Silva, Melo e Costa (2025)	Artigo de Congresso	Controle e Fiscalização; Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Controle de Qualidade; Identificação de erros construtivos	Vantagem 1: Aumento significativo da transparência nas informações de inspeção. Por quê: O registro em imagem aérea permite mapear, localizar e demonstrar de forma inequívoca o problema visual para todas as equipes de engenharia, melhorando a compreensão e o direcionamento das tratativas. Categoria: Gestão / Qualidade/Precisão. Vantagem 2: Celeridade e suporte assertivo à tomada de decisão gerencial. Por quê: O fluxo de dados aéreo é muito mais veloz que a vistoria tradicional, alimentando os Planos de Ação e as Fichas de Verificação de Serviço com precisão e permitindo intervenção na obra em tempo hábil. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 3: Eliminação da exposição a riscos na plataforma de trabalho. Por quê: O método não exige que os fiscais ou engenheiros transitem em balancins, andaimes ou fachadas em execução, suprimindo o trabalho perigoso em altura. Categoria: Segurança do Trabalho.	Embora as ferramentas de VANT em si sejam altamente eficazes, as empresas sofrem com carência de rotinas padronizadas de controle exterior da fachada durante as concretagens, além da falta de mão de obra de reparo suficiente para atender prontamente a todas as anomalias identificadas pelo voo rápido
59		Integração de métodos digitais e tradicionais na preservação do Museu da Bacia do Paraná	Souza et al. (2025)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Gestão e Planejamento	Mapeamento 3D; Aerofotogrametria; Inspeção de coberturas ou telhados	Vantagem 1: Rapidez na obtenção de dados. Por quê: O tempo demandado para o mapeamento e geração do modelo é radicalmente menor do que o método tradicional. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Mapeamento de áreas de difícil acesso. Por quê: Supera as dificuldades operacionais tradicionais de medição de estruturas altas ou complexas com segurança. Categoria: Segurança do Trabalho e Qualidade/Precisão.	Vegetação densa no entorno obriga o uso do drone como câmera manual; imprecisões no modelo por falta de georreferenciamento sofisticado (estação total); exigência de conhecimento prévio em pós-processamento; e falta de procedimentos bem definidos para voo em edificações de pequeno porte
60		Uso de técnicas de processamento de imagem para inspeção de estruturas de telhados de edificações para fins de assistência técnica	Staffa et al. (2020)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Patologia das Construções	Inspeção de coberturas ou telhados; Deteção de manifestações patológicas; Inteligência Artificial aplicada a VANTS	Vantagem 1: Rapidez na coleta de dados. Por quê: O VANT permite obter grande volume de informações visuais em menor tempo, favorecendo inspeções em telhados. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Acesso visual a áreas difíceis. Por quê: A tecnologia permite visualizar patologias em locais de difícil acesso, reduzindo limitações da inspeção visual tradicional. Categoria: Redução de Riscos; Qualidade/Precisão. Vantagem 3: Maior segurança no trabalho. Por quê: A inspeção por VANT reduz a necessidade de presença física do inspetor sobre ou próximo ao telhado. Categoria: Segurança do Trabalho. Vantagem 4: Automatização do reconhecimento de patologias. Por quê: O uso de aprendizado de máquina e visão computacional contribui para identificar automaticamente não conformidades em imagens. Categoria: Inovação Tecnológica; Otimização de Processos. Vantagem 5: Apoio à assistência técnica e ações corretivas. Por quê: A análise das imagens permite identificar problemas e apoiar a elaboração de planos de reparo. Categoria: Gestão; Otimização de Processos.	O artigo aponta que a inspeção tradicional de telhados é difícil, pode exigir presença do inspetor no local e demandar tempo/custo; quanto ao processamento de imagens, algumas não conformidades foram difíceis de identificar pelo algoritmo, houve amostra pequena para certos testes e itens não treinados por falta mínima de imagens
61		Utilização de VANT nos processos de inspeção de fachadas de um edifício	Tondelo e Barth (2018)	Artigo de Congresso	Manutenção e Operação; Patologia das Construções	Deteção de manifestações patológicas; Inspeção de fachadas; Manutenção com apoio de VANTS	Vantagem 1: Acesso desimpedido a locais restritos de grande altura. Por quê: O VANT substitui equipamentos tradicionais como andaimes, guindastes e balancins, realizando deslocamentos verticais de modo extremamente natural. Categoria: Eficiência/Produtividade; Segurança do Trabalho. Vantagem 2: Resolução detalhada de anomalias em fachadas. Por quê: A câmera de 12 megapixels do drone entregou zoom com detalhamento óptico suficiente para atestar microscopicamente falhas e ressecamentos à distância e sem toque. Categoria: Qualidade/Precisão.	Restrições ao piloto automático pela obstrução mecânica e proximidade do terreno (muros da calçada, fios dos postes de energia, empenas de vizinhos próximos) e perturbações eletromagnéticas providas dos materiais de contorno que abafaram o GPS do aparelho

APÊNDICE A — Quadro Resumo Completo e Detalhado das Publicações Seleccionadas na Revisão Sistemática de Literatura

#	Fonte	Título do artigo	Autor (Ano)	Tipo de Publicação	Principal setor	Área de aplicação	Vantagens	Desafios
62		Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT	Tondelo e Barth (2019)	Artigo de Periódicos	Patologia das Construções	Inspeção de fachadas; Detecção de manifestações patológicas; Geração de mapas de danos	Vantagem 1: Agilidade e facilidade de acesso à envoltória em alturas. Por quê: Simplifica substancialmente a logística de engenharia dispensando locação, montagem e desmontagem onerosas de andaimes, balancins e escadas, substituindo-os pelo voo do aparelho. Categoria: Eficiência/Produtividade. Vantagem 2: Mapeamento de danos periódicos. Por quê: As fotos aéreas de alta precisão servem como evidências digitais perfeitamente rastreáveis para elaboração de plantas esquemáticas (mapas de danos), facilitando vistorias preventivas frequentes. Categoria: Gestão e Manutenção.	Fortes restrições a intempéries (ventos e chuvas); dificuldade severa de manobra devido a obstáculos no perímetro urbano (árvores densas, fiações de postes elétricos e prédios geminados ao lado das fachadas); interferência local no sinal de comando do rádio do drone ocasionado pela alta presença de metais/vidros da própria fachada
63		Monitoramento de pontes e viadutos com uso de veículo aéreo não tripulado (VANT): estudos de caso	Vale et al. (2025)	Artigo de Congresso	Patologia das Construções; Controle e Fiscalização	Detecção de manifestações patológicas; Inspeção de obras de arte especiais; Inspeção de estruturas; Geração de Modelos Digitais; Mapeamento 3D	Vantagem 1: Garantia de segurança e eliminação de riscos para o inspetor. Por quê: O uso do VANT elimina a necessidade de o engenheiro acessar locais perigosos, altos ou instáveis fisicamente, conduzindo a inspeção de forma remota. Categoria: Segurança do Trabalho / Redução de Riscos. Vantagem 2: Rapidez e mitigação de custos logísticos. Por quê: A inspeção aérea substitui operações complexas e morosas (como andaimes e guindastes), acelerando o processo e barateando os custos de manutenção. Categoria: Eficiência/Produtividade / Custos. Vantagem 3: Facilitação da detecção precoce de anomalias. Por quê: A câmera de 48 MP captura imagens hiper-realistas de ângulos privilegiados, o que permite enxergar a corrosão e fissuras muito antes de se tornarem falhas catastróficas. Categoria: Qualidade/Precisão.	Impossibilidade de realizar voos programados de forma autônoma devido à alta densidade de obstáculos urbanos (postes, cabos, árvores) e a perda recorrente de sinal GPS quando a aeronave voa abaixo do tabuleiro (laje) da ponte, exigindo pilotagem 100% manual e muito cautelosa