USO DE DRONE EM FISCALIZAÇÕES REGULATÓRIAS DE SANEAMENTO BÁSICO: ANÁLISE DE RELATÓRIOS E CONTRIBUIÇÕES AO REGULADOR NO CEARÁ

Marcella Facó Soares[1]
Engenheira Civil e Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Assessora da Coordenadoria de Saneamento Básico da Agência Reguladora dos Serviços Público Delegados do Estado do Ceará (ARCE).
Alceu de Castro Galvão Júnior[2]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento e Doutor em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo (USP). Analista de Regulação da Agência Reguladora dos Serviços Público Delegados do Estado do Ceará (ARCE) e professor do MBA de saneamento da Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo (FESPSP).
Geraldo Basilio Sobrinho[3]
Engenheiro Civil e Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Especialista em Engenharia de Saneamento Ambiental pela Faculdade Grande Fortaleza (FGF). Analista de Regulação da Agência Reguladora dos Serviços Público Delegados do Estado do Ceará (ARCE).
Flávio Lucas Fernandes Oliveira[4]
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Assistente Técnico da Agência Reguladora dos Serviços Público Delegados do Estado do Ceará (ARCE).
Maria Luiza Madeiro Barros Leal[5]
Engenheira Química e Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Assistente Técnica da Agência Reguladora dos Serviços Público Delegados do Estado do Ceará (ARCE).

Endereço[1]**:** Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N – Cambeba – Fortaleza – Ceará – CEP: 60.822-325 – Brasil – Tel: +55 (85) 3106-5660 – e-mail: marcella.faco@arce.ce.gov.br.

RESUMO

O Novo Marco Regulatório de Saneamento Básico atribui ao regulador a função essencial de fiscalizar as condições operacionais dos serviços, porém o processo enfrenta barreiras de assimetria de informação, riscos ocupacionais e dificuldades de acesso às infraestruturas. Este artigo objetiva analisar os achados de uma agência reguladora de saneamento do Ceará durante 12 meses de fiscalização, identificando os problemas operacionais mapeados por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, e avaliando as vantagens e desvantagens dessa tecnologia. A metodologia consistiu em pesquisa documental, exploratória e descritiva, com abordagem quali-quantitativa, a partir de levantamento censitário de 34 relatórios de fiscalização de 2025. Após triagem metodológica, 26 relatórios com registros visuais de infraestrutura compuseram a base analítica, totalizando 1.383 achados classificados em categorias analíticas. Os resultados indicam que o drone fundamentou cerca de 10% dos 1.383 achados totais, concentrando-se em elementos estruturais e de conservação de reservatórios elevados, Estações de Tratamento de Água (ETAs) e de Esgoto (ETEs). Conclui-se que o uso de drones otimiza a eficiência fiscalizatória e atua como um relevante mitigador de riscos de acidentes de trabalho em altura ou espaços confinados, alinhando-se à eliminação prioritária de riscos preconizada pelas normas regulamentadoras brasileiras.

PALAVRAS-CHAVE: regulação, drone, segurança do trabalho**.**

INTRODUÇÃO

Os serviços públicos de saneamento requerem, por sua natureza, regulação. Segundo o Novo Marco Regulatório de Saneamento Básico, a regulação é função desempenhada por entidade de natureza autárquica dotada de independência decisória e autonomia administrativa, orçamentária e financeira. Entre os objetivos da regulação, tem-se que estabelecer padrões e normas, garantir o cumprimento das condições e metas, prevenir e reprimir o abuso do poder econômico e definir tarifas.

Entre as atividades previstas pela legislação para alcançar esses objetivos, destaca-se a fiscalização das condições operacionais dos serviços e do cumprimento normativo. Contudo, o sucesso dessa atuação depende diretamente da superação de obstáculos como a assimetria de informações e as severas dificuldades

operacionais nas inspeções de campo, frequentemente limitadas por riscos de segurança no acesso às infraestruturas. Para mitigar tais desafios, a regulação tende a priorizar procedimentos de monitoramento direto e de menor complexidade executiva – como a aferição da qualidade da água distribuída e da pressão disponível na rede de distribuição –, embora aspectos comerciais e financeiros continuem sendo exigidos. Por outro lado, a fiscalização de estruturas complexas como reservatórios, estações de tratamento de esgotos e de bombeamento em flutuantes podem se tornar inviáveis devido, principalmente, às restrições de acessibilidade e às condições de risco ocupacional e de segurança envolvidas.

A modernização e o avanço tecnológico têm permitido a otimização dos processos regulatórios, permitindo aperfeiçoar o processo de fiscalização, reduzir riscos para os reguladores e obter perspectivas de inspeção até então inviáveis. Entre essas tecnologias, os drones ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) têm se destacado em setores como energia elétrica, agropecuária e obras de infraestrutura, com relatos crescentes de ganhos em eficiência e segurança.

Este artigo visa analisar os achados de uma agência reguladora de saneamento durante 12 meses de fiscalização, buscando observar os principais tipos de problemas identificados pelo equipamento, assim como as vantagens e desvantagens da sua adoção.

O uso do drone para operacionalização da Fiscalização

A análise do uso do drone enquanto equipamento de fiscalização regulatória requer também a compreensão de suas características básicas. O equipamento adotado pelo estudo de caso em análise é uma aeronave da categoria de uso civil com peso de decolagem de 246 g – abaixo do limiar de 250g que, conforme o RBAC-E nº 94 da ANAC, dispensa o cadastro obrigatório no SISANT para operações recreativas. A aeronave conta com câmera de 12 MP acoplada a gimbal mecânico de 3 eixos, capaz de gravar vídeos em resolução 2,7K (2720×1530 px) a até 30 fps, com campo de visão de 83° e foco fixo a partir de 1 m, o que permite imagens de boa resolução.

O sistema de transmissão de vídeo DJI O2 permite alcance de até 10 km em ambiente sem interferência e transmissão ao vivo em 720p/30fps com latência de aproximadamente 200 ms. O tempo máximo de voo é de 31 minutos em condições ideais, e a aeronave suporta ventos de até 10,7 m/s (nível 5 na escala Beaufort), com altitude máxima de decolagem de 4.000 m.

Essas características técnicas são fundamentais, pois representam diretamente a limitação da atuação da ferramenta. Os ventos, inclusive, são fator determinante para o uso da aeronave, já que locais com muita ventilação podem representar risco para o equipamento e gerar transtornos aos fiscais.

No Ceará, por exemplo, conforme CAMELO *et al.* (2008), com dados da FUNCEME a 70 m de altura, as velocidades médias variam expressivamente entre as regiões do estado: Litoral (Acaraú, Barroquinha, Icapuí): parâmetro de escala Weibull c = 9,5–10,5 m/s; Serra (Ubajara, São Benedito): c = 8,9–11,4 m/s; Norte (Jaguaruana, Sobral): c = 8,0–10,5 m/s; Sul (Jati, Lavras): c = 7,4–8,7 m/s; Sertão Central (Quixadá, Acopiara): c = 5,8–7,5 m/s. Como o limite operacional do DJI Mini 2 SE é 10,7 m/s, o litoral e a serra são as regiões de maior risco operacional, especialmente na estação seca (jul-dez), quando os picos diurnos superam esse limiar. O Sertão Central é o ambiente mais favorável.

Além disso, outro fator limitante é o clima, pois em dias chuvosos não é possível utilizar o equipamento de uso civil, por sua fragilidade, peso leve e riscos à sua integridade. Observa-se pela análise das fotos que em algumas situações que o drone seria aplicável, como fiscalização de reservatórios elevados, ele não foi utilizado pelo tempo chuvoso, incidente principalmente no primeiro semestre, no caso do Ceará.

Quanto à operacionalização, o equipamento é de fácil manuseio, não requerendo muito conhecimento técnico, o que facilita sua adoção em processos fiscalizatórios, inclusive por não requerer conhecimentos especializados do operador. Há limitação, porém, de que o equipamento específico utilizado para o estudo de caso requer um celular acoplado com a instalação de software aderente, aumentando os custos e as exigências tecnológicas, pois o programa pode não ser compatível com todos os modelos de dispositivos móveis.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa desenvolvida tem caráter documental, exploratório e descritivo, com abordagem quali-quantitativa. O estudo parte da análise de relatórios de fiscalização produzidos por uma agência reguladora no Estado do Ceará.

O recorte de análise considerou todos os relatórios de fiscalização produzidos pela referida agência em 2025 e disponibilizados em seu sítio eletrônico. Trata-se, portanto, de um levantamento censitário documental. A opção por analisar todos os relatórios do período permitiu observar tanto os casos em que o uso de imagens aéreas ou drone apresentou contribuição relevante quanto aqueles em que a fiscalização se baseou predominantemente em medições operacionais, dados comerciais, registros de reclamações ou análise documental.

Os relatórios não identificam claramente quais são as imagens provenientes de drone, diante disso, adotou-se como imagens de drone aquelas com características de imagens áreas, ou seja, de perspectiva superior, panorâmica ou elevada das unidades fiscalizadas. Além disso, observou-se que as imagens do relatório, em sua maioria, possuíam marcação automática de data, horário e localização, mas as imagens aéreas não possuíam essas características, portanto, fotografias sem esse registro automático também foram consideradas de aeronaves não tripuladas.

Esse critério permitiu diferenciar os registros visuais potencialmente obtidos por drone daqueles decorrentes de inspeção presencial convencional em solo.

A análise foi realizada em três etapas:

- Primeira etapa: todos os relatórios foram examinados para identificação do escopo da fiscalização, dos sistemas abrangidos e da presença de registros visuais compatíveis com imagens aéreas ou drone. Essa classificação permitiu excluir do universo de análise os relatórios que não possuíam registros visuais ou verificação de infraestrutura, como aqueles de conteúdo restrito a medições de pressão, continuidade, dados de atendimento comercial, reclamações, faturamento, qualidade da água, laudos laboratoriais ou análise documental.

- Segunda etapa: identificação dos achados visuais remanescentes, consolidando-os e classificando em categorias analíticas que permitissem identificar o melhor aproveitamento do drone na fase descritiva. A classificação em categorias analíticas teve por objetivo organizar os achados visuais identificados nos relatórios de fiscalização em grupos comparáveis, permitindo avaliar quais tipos de problemas foram mais frequentemente documentados por imagens aéreas ou drone, em quais sistemas o recurso apresentou maior utilidade e em que situações sua contribuição foi limitada. As categorias permitiram distinguir achados relacionados a vazamentos, danos estruturais e indícios de poluição, bem como separar problemas observados em sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

- Terceira etapa: os resultados foram submetidos à análise descritiva, com contagem de frequências, identificação de padrões recorrentes e avaliação do grau de contribuição do drone para cada tipo de achado.

As categorias analíticas supramencionadas permitiram agrupar registros visuais distintos conforme sua natureza técnica e o sistema afetado. Foram adotadas as seguintes categorias:

a) Vazamentos – Água: abrangeu vazamentos, extravasamentos ou indícios visuais de perda de água em unidades do sistema de abastecimento.

b) Danos Estruturais – Água: compreendeu problemas físicos em captações, ETAs, reservatórios, poços, boosters, elevatórias e demais estruturas do SAA, incluindo corrosão, rachaduras, armaduras expostas, paredes desgastadas, tampas ausentes ou deslocadas, escadas deterioradas, ausência de guarda-corpo, vegetação e abandono.

c) Poluição – Esgoto: abrangeu extravasamentos, acúmulo de lodo, sobrenadantes e outros indícios visuais de impacto sanitário ou ambiental.

d) Danos Estruturais – Esgoto: incluiu problemas físicos em ETEs, lagoas, elevatórias, caixas, taludes, tampas, cercamentos e demais estruturas do SES.

Além da categoria analítica, cada achado foi classificado conforme sua tipologia operacional em 8 tipos, sendo eles descrito na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Critérios de classificação por tipologia operacional

Categoria	Critério de classificação	Exemplos
Conservação	Problemas relacionados a falta de manutenção rotineira, como limpeza, controle de vegetação, manutenção da pintura, entre outros.	Pintura deteriorada, desgaste, sujeira acumulada, falta de limpeza, materiais armazenados inadequadamente, acúmulo de lixo/entulho, teias de aranha, vegetação e entulho.
Segurança operacional	Problemas relacionados à falta de segurança operacional para os colaboradores do prestador de serviço e da fiscalização. Aqui enquadram-se também riscos químicos e biológicos.	Falta de guarda-corpo, escadas inadequadas (sem gaiola de proteção, sem corrimão), plataformas sem proteção, risco de queda, ausência de sinalização de perigo/risco, ausência de EPI para operador, circulação de ar inadequada.
Segurança elétrica	Problemas relacionados a riscos elétricos.	Fiação exposta, cabos/fios sem eletroduto de isolamento e proteção, fiação sobre o piso, quadros sem tampa, instalações através de cobogós, interruptores danificados, ausência de aterramento adequado, fiação amarrada na escada de acesso ao reservatório.
Estrutural	Apesar de também possuir relação com a conservação, a categoria estrutural foca em problemas nas estruturas dos bens imóveis.	Rachaduras, armaduras expostas, infiltrações, lajes danificadas, fissuras em pilares/vigas, desabamento, falhas na alvenaria, vazamentos.
Equipamento	Apesar de também possuir relação com a conservação, a categoria foca em problemas nos bens móveis.	Bombas/válvulas com vazamento, tampas ausentes/danificadas/deslocadas, caixas sem tampa/grade, registros danificados, hidrômetros submersos, ausência de bomba reserva, corrosão de equipamentos.
Identificação	Problemas relacionados à identificação do prestador de serviço e sua comunicação visual com a comunidade.	Ausência de placa de identificação, logomarca ilegível ou inexistente, falta de sinalização do equipamento/estrutura, sinalização de risco elétrico/químico/biológico.
Acesso	Apesar de ter relação com a conservação, o Acesso foi classificado separadamente por ser um item de potencial influência no uso do drone e repercussão em outros aspectos operacionais.	Portões danificados, cercas de proteção danificadas ou ausentes, falta de isolamento da área, acesso precário, falta de fechaduras com cadeado/chave.
Operacional	Categoria relacionada a falhas operacionais.	Vazamentos (água ou esgoto), extravasamento, obstrução (rosetas, calhas, lagoas), assoreamento, bombas cavitando, descontinuidade operacional.

Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Nos casos de sobreposição entre categorias, adotou-se a categoria predominante do achado. Vazamentos simples foram classificados como Operacional; quando associados diretamente a rachaduras ou falhas físicas de tanques, lajes, paredes ou reservatórios, foram classificados como Estrutural. Macrófitas, vegetação e assoreamento foram classificados como Conservação, salvo quando o achado indicava diretamente funcionamento anormal da unidade, como obstrução, zona morta, fluxo preferencial ou extravasamento. “Sem tampa” foi classificado como Equipamento, exceto quando associado a risco direto de queda, caso em que foi classificado como Segurança operacional, ou quando referente a quadro/caixa elétrica, caso em que foi classificado como Segurança elétrica.

Em uma análise qualitativa dos achados analisados, buscou-se também avaliar se uma inspeção convencional, especialmente em estruturas elevadas, áreas de difícil acesso, locais com risco operacional ou unidades extensas, como reservatórios ou lagoas de estabilização, eram estruturas dependentes da utilização do equipamento.

Os dados extraídos foram organizados em planilha eletrônica, contendo identificação do relatório, município, unidade/estrutura, sistema, descrição do achado, categoria analítica, e observações metodológicas. A partir dessa base, foram calculadas estatísticas descritivas, como número total de achados, distribuição por categoria, distribuição por sistema, frequência de achados por relatório e proporção de reservatórios elevados com achados visuais associados ao drone.

Foi utilizada ferramenta de inteligência artificial generativa como apoio à organização preliminar dos dados, sistematização dos achados, formulação das categorias analíticas e consolidação das tabelas. Vale ressaltar, porém, que as ferramentas não foram precisas na identificação de fotos geradas por aeronaves não tripuladas e que essa classificação foi manual, ou seja, a identificação se deu pelos autores. A identificação das imagens potencialmente obtidas por drone priorizou características de perspectiva aérea, superior, panorâmica ou elevada. A ausência de carimbo automático de data, horário e localização foi utilizada apenas como indício complementar, e não como critério isolado de classificação. Ademais, a classificação final, a validação das informações extraídas dos relatórios e a interpretação dos resultados foram realizadas pelos autores.

Considerando a metodologia, identificam-se alguns riscos, como a classificação equivocada do registro visual como registro de drone ou o inverso, ou seja, não catalogar um registro de drone por não o identificar. Além disso, a catalogação pode cometer falhas quanto à categoria analítica ou o grau de contribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento dos relatórios produzidos e publicados pela agência reguladora em estudo no ano de 2025 resultou em 34 relatórios de fiscalização em análise, acerca dos quais 8 foram descartados na primeira etapa, por não apresentarem achados visuais associados ao uso de drone ou imagem aérea.

Visão Geral dos Relatórios de Fiscalização

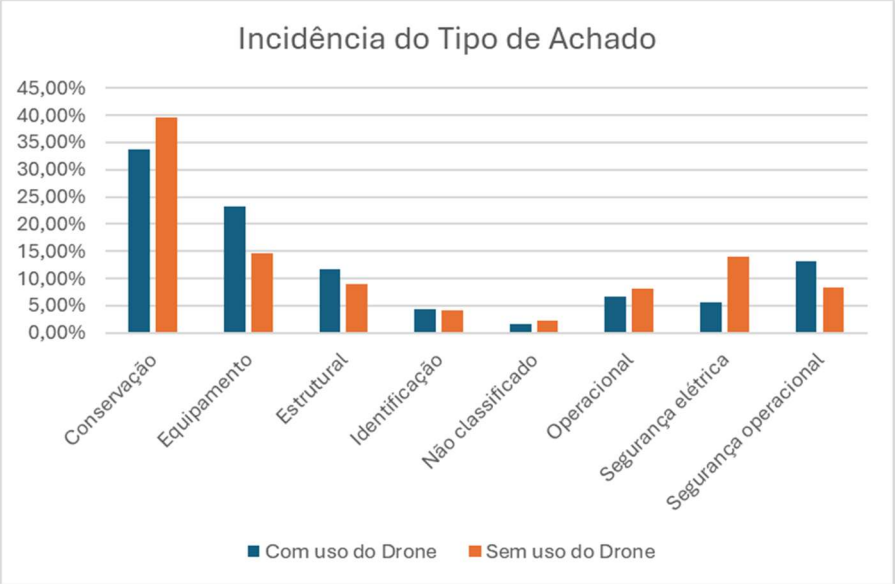
Dos 26 relatórios analisados quanto aos registros visuais, constatou-se que 13 apresentaram sistema de esgotamento sanitário, sendo 2 deles referentes somente a sistemas de esgotamento sanitário. Os Relatórios consolidaram 1282 registros fotográficos, porém, um mesmo registro fotográfico pode ser utilizado para evidenciar mais de um achado, assim como pode haver mais de um registro fotográfico para o mesmo achado. O número de fotos por relatório relaciona-se tanto ao número de achados, quanto ao tamanho do sistema. Estima-se um total de 1.383 achados entre os 26 relatórios.

Os municípios com maior número de registros fotográficos foram Fortim, Palmácia e Jericoacoara, representando sozinhos cerca de 20% dos registros analisados. O município de Fortim, entretanto, por não possuir estruturas elevadas ou de grandes dimensões e todas com fácil acesso, não apresentou registros com drone. Vale ressaltar que dos 26 relatórios selecionados na primeira etapa metodológica, 19 apresentaram registros de drones. Entre os 7 que não apresentaram registros fotográficos gerados pelo equipamento, identifica-se que somente 2 possuem estruturas elevadas (reservatórios) e não foi possível inferir o motivo da não utilização do equipamento.

Uma análise dos Relatórios de Fiscalização e o uso do Drone

Considerando os dados levantados e os relatórios analisados, identificou-se que cerca de 10% dos achados foram fundamentados em registros feitos pelo drone (Figura 1). Apesar disso, observa-se que o comportamento da curva de incidência por tipo de achado é muito similar com o uso do drone ou sem o uso do equipamento.

Figura 1: Gráfico do Tipo de Achados com uso do drone e sem o uso do drone

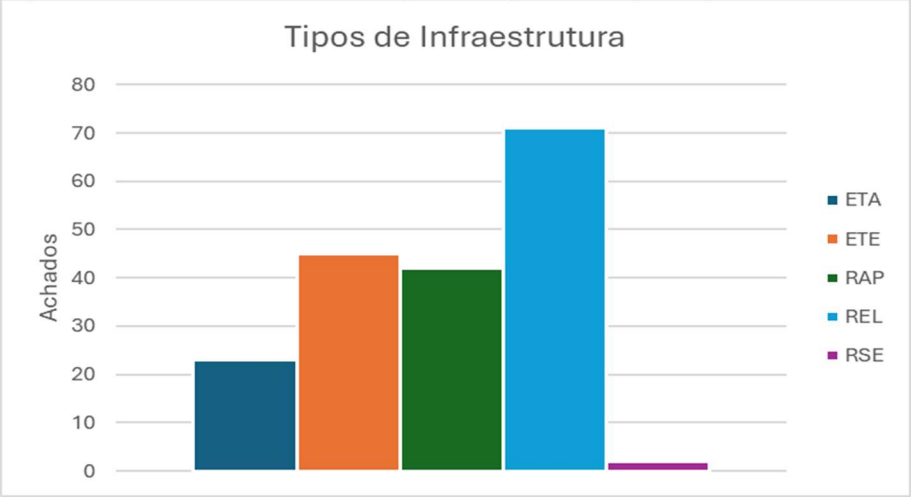


Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Em ambas as situações, os achados relacionados à conservação, equipamento e danos estruturais são os mais recorrentes. Vale ressaltar que, assim como um pequeno vazamento em uma válvula pode ser registrado a partir do solo com mais precisão, há registros que a visão aérea permite melhor avaliação do problema ou da extensão do dano.

Relacionado a isso, observa-se que o uso do drone restringe-se a alguns tipos de infraestrutura, tendo maior incidência sobre reservatórios elevados (Figura 2). Enquanto os registros fotográficos avulsos, feitos por celulares, máquinas fotográficas e outros, abrangem captação, rede, adutora, estações elevatórias, o uso do drone concentra-se mais na ETA, na ETE e em vistas superiores de reservatórios.

Figura 2: Incidência de Achados registrados por drone por Tipo de Infraestrutura

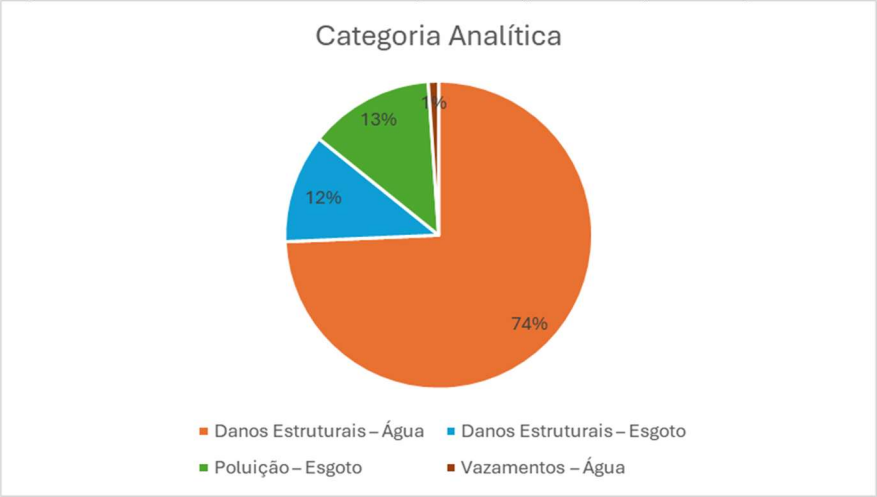


Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Como 17 relatórios abrangiam o componente de abastecimento de água, mas somente 13 incluíam esgotamento sanitário, a maior concentração de achados gerados pelo uso do drone é em elementos estruturais de sistemas de abastecimento de água. Destacam-se entre eles, o uso para reservatórios elevados, o que era previsto considerando a literatura sobre uso de drone em infraestruturas, mas também pelas características do equipamento, notadamente sua capacidade de voo.

Corroborando com esse achando, as categorias analíticas classificadas na etapa 2 da metodologia concentraram-se majoritariamente em danos estruturais de água (Figura 3).

Figura 3: Incidência dos Achados registrados por drone por Categoria Analítica



Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Aprofundando a análise dos achados, observa-se que principalmente para estruturas mais elevadas, alguns registros foram possíveis somente por causa do uso do equipamento, como: equipamentos destampados ou sem guarda-corpo, com fiação disposta inadequadamente no topo do reservatório, armadura exposta ou infiltração no topo do reservatório, laje superior com rachaduras, infraestrutura com acesso indisponível, entre outros. A Figura 4 registra um desses tipos de registro.

Figura 4: Vista superior de reservatórios, filtros e reatores cujo acesso foi possível devido ao uso do drone.



Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Em algumas situações, os registros poderiam ter sido realizados do solo, mas o uso do drone permitiu melhor visualização do achado, favorecendo um registro mais amplo e nítido, com melhor enquadramento e dimensionamento do dano, entre outros aspectos. Citam-se como exemplos: pintura desgastada, assoreamento de lagoas de estabilização, área de circulação não pavimentada, presença de zonas mortas em lagoas de maturação, entre outras.

A partir da análise dos registros, considerando, portanto, a metodologia documental, observa-se vantajosidade no uso do drone principalmente para situações em que não há acesso à infraestrutura ou o acesso representa risco ao fiscal. Além disso, mesmo nos reservatórios elevados em que a escada está em conformidade, o uso do drone pode ser mais vantajoso em ganho de eficiência, por ser uma forma de registrar muito mais rápida do que o fiscal se deslocar até o topo do equipamento.

O uso do drone e a segurança do trabalho

Mesmo que em frequência e intensidade inferior a de um operador diário, a atividade de fiscalização regulatória de saneamento expõe os agentes a riscos ocupacionais significativos, decorrentes das características físicas e operacionais das infraestruturas inspecionadas. Reservatórios elevados, lagoas de estabilização, estações de tratamento de esgoto e câmaras subterrâneas são ambientes que combinam, em diferentes graus, riscos de queda em altura, exposição a atmosferas perigosas e contato com agentes biológicos.

Acerca do assunto, os principais normativos brasileiros são: a Norma Regulamentadora nº 35 (NR-35), editada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, e a Norma Regulamentadora nº 33 (NR-33), que trata especificamente dos trabalhos em espaços confinados. A NR-35 define como trabalho em altura toda atividade realizada acima de dois metros do nível inferior, onde exista o risco de queda, sendo a altura, por si só, não o único fator determinante, mas sim a possibilidade de queda com potencial de causar lesões. Além disso, para se realizar um trabalho em altura, a norma obriga a utilização de Sistemas de Proteção Contra Quedas, que não faz parte do escopo da fiscalização.

No tocante às atividades de saneamento básico, destacam-se os reservatórios elevados, que podem atingir alturas superior a dez metros, com acesso por escadas metálicas, frequentemente sem gaiolas de proteção ou guarda-corpo. Neste ínterim, vale salientar que a gaiola das escadas não impede a queda, mas protege o trabalhador em caso de vertigem, tonturas, além de aumentar a base de apoio. Ademais, observando-se os achados deste estudo, tem-se alta recorrência de escadas em situação inadequada, o que indica a fragilidade do ambiente de trabalho do operador e do fiscal.

Diante desse cenário, o drone torna-se não somente uma ferramenta de registro fotográfico tecnológico, mas um mitigador de riscos de acidente de trabalho, protegendo o trabalhador da exposição de riscos de queda, mesmo em reservatórios apoiados, quando acima de 2m.

Além disso, as estações de tratamento de efluentes representam uma segunda categoria de risco. A manutenção inadequada dos taludes de lagoas de estabilização pode expor os profissionais durante a fiscalização. Além dos riscos de altura e de atmosfera perigosa, as ETAs e ETEs apresentam outros riscos relevantes para os trabalhadores, incluindo leptospirose, hepatites, dermatites, infecção respiratória e riscos de explosão, associados à presença de agentes biológicos e químicos inerentes ao processo de tratamento.

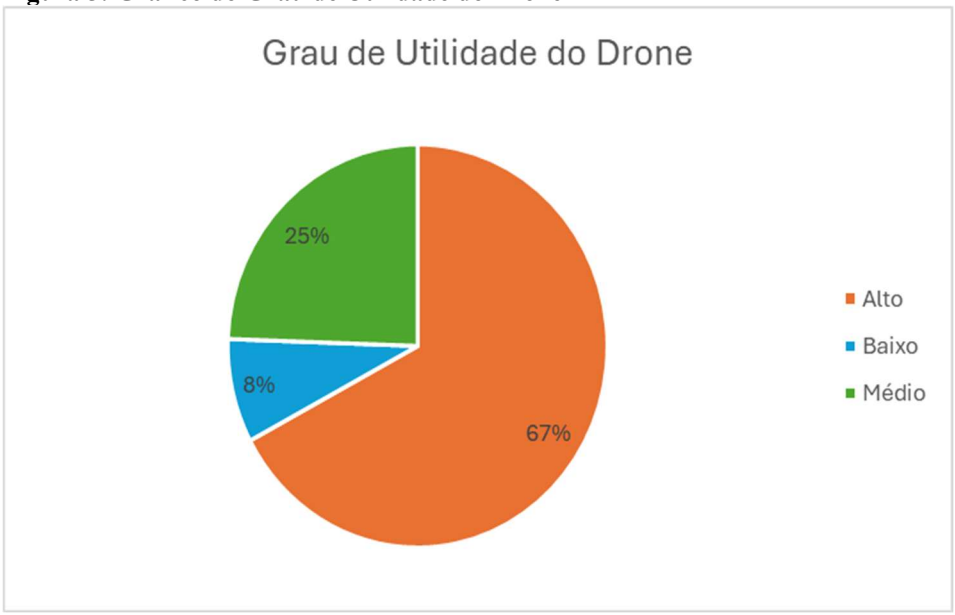
Analisando-se as situações expostas nos relatórios, observa-se que diversas infraestruturas foram indicadas como “sem acesso”, “acesso comprometido” ou “dificuldade de acesso”. Caso esse acesso possa ser realizado pelo drone, além de viabilizar nas situações em que estava sem acesso, ele pode reduzir ou eliminar os riscos daqueles classificados como “dificuldade de acesso’. Um exemplo disso pode ser observado no relatório do município de Pacoti em que um dos reservatórios está localizado na serra, dentro da mata, há mais de 3km da cidade e que a equipe optou por realizar o monitoramento do bem imóvel com uso do drone.

Essa lógica é coerente com a hierarquia de controles de riscos preconizada pelas normas regulamentadoras brasileiras, que estabelece como medida prioritária a eliminação ou substituição do risco, não apenas sua mitigação por equipamentos de proteção individual. Ao evitar que o fiscal precise acessar estruturas elevadas ou em estado precário de conservação, o drone opera diretamente na eliminação do risco de exposição, representando uma contribuição que vai além da eficiência operacional da fiscalização.

Grau de Utilidade do Drone

Considerando os aspectos apresentados, analisou-se o achado identificado e relacionado ao registro e a potencialidade de uso do Drone para sua identificação. Foram considerados de alto grau de utilidade todas as situações em que houve redução de risco para o fiscal ou que o achado somente pôde ser observado pelo uso do equipamento. Foram considerados de Médio Grau de Utilidade aquelas situações em que o uso do equipamento permitiu melhor visualização do achado, mas ele poderia ter sido registrado do solo, mesmo que houvesse algum prejuízo a sua detecção ou registro. Por fim, considerou-se de Baixo Grau de Utilidade os registros que indicavam somente aspectos que poderiam ter sido registrados do solo e com eficiência.

Figura 5: Gráfico do Grau de Utilidade do Drone



Fonte: elaboração própria a partir dos Relatórios de Fiscalização.

Apesar dos registros relacionados ao drone estarem associados a somente 10% dos achados, observa-se que um percentual significativo deles somente foi detectado devido ao uso do equipamento. Além disso, o ganho com a redução ou eliminação de riscos aos fiscais é o principal ganho da tecnologia estudada.

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar os achados de uma agência reguladora de saneamento básico no Ceará ao longo de 12 meses de atividades fiscalizatórias, buscando identificar os problemas operacionais mapeados por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) e avaliar o impacto da adoção dessa tecnologia frente ao desafio da assimetria de informação e dos riscos de segurança no acesso às infraestruturas. O trabalho revelou o potencial dos drones na modernização dos procedimentos convencionais de fiscalização regulatória do setor.

Os principais resultados indicam que o uso de drones fundamentou aproximadamente 10% dos 1.383 achados totais registrados nos 34 relatórios censitários de 2025. Essas descobertas aéreas concentraram-se majoritariamente em danos estruturais e de conservação em componentes críticos dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com notável incidência sobre reservatórios elevados, Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). O equipamento permitiu identificar de maneira nítida patologias como fiações expostas, armaduras deterioradas e infiltrações no topo de reservatórios, além de falhas operacionais extensas em lagoas de estabilização, as quais seriam inviáveis ou imprecisas se inspecionadas exclusivamente a partir do solo.

Do ponto de vista prático e metodológico, a relevância do estudo reside na demonstração a partir da análise documental de que o drone atua como um destacado mecanismo de mitigação e eliminação de riscos ocupacionais para as equipes técnicas. Alinhando-se à hierarquia de controle de riscos preconizada pelas Normas Regulamentadoras brasileiras NR-33 e NR-35, o equipamento evita a necessidade de exposição direta de fiscais a alturas elevadas, escadas sem proteção ou ambientes confinados com riscos biológicos e químicos.

Consequentemente, a tecnologia proporciona não apenas maior eficiência na detecção de falhas e ampliação do campo visual, mas também salvaguarda a integridade física dos agentes públicos em locais com acessibilidade severamente comprometida.

Não obstante as contribuições evidenciadas, cumpre reconhecer as limitações metodológicas e operacionais encontradas no escopo atual. A análise esteve adstrita a um modelo específico de aeronave de uso civil (categoria abaixo de 250g), cujas especificações técnicas impõem restrições de voo em dias chuvosos ou sob ventos fortes — condições climáticas que inviabilizaram inspeções em determinadas regiões, como no litoral e na serra cearense. Ademais, a ausência de identificação automatizada de metadados das imagens aéreas nos relatórios originais demandou uma classificação manual por parte dos autores. Dessa forma, vislumbra-se a expansão da pesquisa para abranger agências reguladoras de outras regiões geográficas, o teste de aeronaves com maior resiliência climática, bem como investigar a viabilidade de integração de softwares de inteligência artificial acoplados aos drones para a automatização do processamento de imagens e o reconhecimento preditivo de falhas estruturais nos ativos de saneamento.

Quanto às contribuições ao agente regulador, sintetiza-se as conclusões do artigo quanto ampliação do campo visual da fiscalização, redução de exposição dos fiscais a riscos ocupacionais e qualificação da evidência documental nos relatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 33** – Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Portaria MTP nº 4.219, de 20 de dezembro de 2022. Brasília: MTE, 2022.

2. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 35 – Trabalho em Altura. Portaria MTP nº 4.218, de 20 de dezembro de 2022. Brasília: MTE, 2022.DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. SARPAS – Sistema para Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro por Aeronaves Não Tripuladas: dados de solicitações de voo 2016-2023. Brasília: DECEA, 2023. Disponível em: https://www.decea.mil.br/drone. Acesso em: maio 2026.

3. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. Instrução do Comando da Aeronáutica nº 100-40 (ICA 100-40): Sistemas de aeronaves não tripuladas. Brasília: DECEA, 2021.

4. DJI. DJI Mini 2 SE – Especificações técnicas. 2023. Disponível em: https://www.dji.com/br/mini-2-se/specs. Acesso em: maio 2026.