Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas como ferramenta do Cadastro Imobiliário de Fortaleza

Unmanned Aircraft Systems as a Tool for Fortaleza's Property Cadastre

João Sérgio Queiroz de Lima [1]

Davi Diniz Silva Marcelino[2]

Adhler Rouvanni Torres Martins Costa[3]

Charles Benedito Gemaque Souza[4]

Ernesto Barroso Lopes[5]

RESUMO: A manutenção da atualidade das informações cadastrais constitui um desafio permanente para a administração territorial municipal, especialmente em contextos urbanos caracterizados por intensas transformações físicas e sociais. Nesse cenário, os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) apresentam potencial para ampliar as possibilidades de aquisição de informações geoespaciais destinadas à observação territorial. Este artigo analisa as condições técnicas, normativas e operacionais e estrutura uma proposta metodológica para a utilização sistemática de levantamentos aerofotogramétricos com UAS como apoio à atualização do Cadastro Imobiliário do Município de Fortaleza, articulada às Ações de Ofício desenvolvidas pela Secretaria Municipal das Finanças. A pesquisa possui caráter aplicado, técnico-metodológico e exploratório, fundamentando-se na análise dos registros institucionais das Ações de Ofício realizadas entre 2020 e 2024, das informações disponíveis sobre um projeto-piloto desenvolvido em 2022 e da literatura científica, técnica e normativa relacionada ao Cadastro Territorial Multifinalitário, à administração territorial, à aerofotogrametria com UAS, à qualidade posicional e à interoperabilidade. A principal contribuição do estudo consiste na estruturação de um fluxo metodológico que articula demanda institucional, planejamento, aquisição e processamento de dados, avaliação técnica, análise cadastral e utilização administrativa das evidências territoriais. Conclui-se que os levantamentos com UAS podem constituir fonte subsidiária de informações para a identificação de situações potencialmente relevantes ao cadastro.
Palavras-chave: Cadastro Territorial Multifinalitário. Cadastro Imobiliário Municipal. Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas. Aerofotogrametria. Atualização cadastral.

ABSTRACT: Maintaining up-to-date cadastral information is a permanent challenge for municipal land administration, particularly in urban environments characterized by continuous physical and social transformations. In this context, Unmanned Aircraft Systems (UAS) offer potential to expand the acquisition of geospatial information for territorial observation. This article analyzes the technical, regulatory, and operational conditions and develops a methodological proposal for the systematic use of UAS-based aerial photogrammetric surveys to support the updating of the Municipal Property Cadastre of Fortaleza, Brazil, in connection with the official cadastral actions conducted by the Municipal Finance Secretariat. The research is applied, technical-methodological, and exploratory, based on the analysis of institutional records from official cadastral actions carried out between 2020 and 2024, information available from a pilot project conducted in 2022, and scientific, technical, and regulatory literature related to multipurpose cadastre, land administration, UAS photogrammetry, positional quality, and interoperability. The main contribution of the study lies in the development of a methodological workflow integrating institutional demand, planning, data acquisition and processing, technical evaluation, cadastral analysis, and the administrative use of territorial evidence. The study concludes that UAS surveys can provide a subsidiary source of information for identifying situations potentially relevant to cadastral updating.

[1] Secretaria das Finanças de Fortaleza. CATRI/CECAD. joao.lima@sefin.fortaleza.ce.gov.br
[2] Secretaria das Finanças de Fortaleza. CATRI/CECAD. davi.marcelino@sefin.fortaleza.ce.gov.br
[3] Secretaria das Finanças de Fortaleza. CATRI/CECAD. adhler.costa@sefin.fortaleza.ce.gov.br
[4] Secretaria das Finanças de Fortaleza. CATRI/CECAD. charles.souza@sefin.fortaleza.ce.gov.br
[5]Secretaria das Finanças de Fortaleza. CATRI/CECAD. ernesto.lopes@sefin.fortaleza.ce.gov.br

Keywords: Multipurpose Cadastre. Municipal Property Cadastre. Unmanned Aircraft Systems. Aerial Photogrammetry. Cadastral updating.

1 INTRODUÇÃO

A atualização contínua das informações territoriais é uma premissa fundamental para a eficiência da administração pública, sobretudo diante da acelerada dinâmica urbana que impõe transformações constantes na ocupação do solo e nas configurações imobiliárias. A ausência de um monitoramento sistemático dessas alterações gera divergências entre a realidade física e as bases cadastrais, comprometendo a confiabilidade dos dados estratégicos.

O contexto do município de Fortaleza, capital do estado do Ceará, não foge à realidade desafiadora comum a grande parte das metrópoles brasileiras. Ocupando uma área territorial de 312,353 km² e registrando uma população de 2.428.708 habitantes, conforme o Censo Demográfico de 2022, a cidade possui a maior densidade demográfica entre as capitais brasileiras.

Esse cenário é resultado, em parte, do caráter acelerado e informal que caracterizou parcela significativa da ocupação urbana no município (DANTAS; SILVA; COSTA, 2009). Consolida-se, assim, uma dicotomia persistente na gestão territorial urbana no Brasil: a existência de uma cidade formal e de outra informal. Esse fenômeno acarreta conflitos cadastrais, invisibilização de comunidades inteiras e desafios de gestão pública, os quais demandam uma robusta integração de dados e agentes para viabilizar a efetivação de direitos e a manutenção de um inventário de informações fidedignas. Nesse cenário, o paradigma cadastral evoluiu de uma estrutura estritamente tributária para o Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), uma infraestrutura integradora concebida para subsidiar o planejamento urbano, a gestão ambiental e demais políticas públicas (ENEMARK, 2005; ENEMARK; MCLAREN; LEMMEN, 2016; AMORIM et al., 2018). Não obstante essa transição para a multifinalidade, a acurácia dessas bases permanece imprescindível para a sustentabilidade da administração tributária municipal, cuja arrecadação depende da fidedignidade das características físicas e legais dos imóveis (BIRD; SLACK, 2004; AFONSO; ARAÚJO; NÓBREGA, 2013).

A crescente complexidade das relações territoriais exige o emprego de modelos conceituais padronizados que garantam a interoperabilidade de informações provenientes de diferentes fontes. Internacionalmente, o *Land Administration Domain Model* (LADM) consolidou-se como o padrão de referência para a modelagem de direitos, restrições, responsabilidades e unidades espaciais (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2024). Em consonância com essas diretrizes globais, o Brasil vivencia um marco de modernização normativa de suas infraestruturas imobiliárias. Destacam-se a Portaria nº 3.242/2022, que fixou diretrizes para a instituição do CTM nos municípios, e, mais recentemente, a Lei Complementar nº 214/2025 e a Instrução Normativa RFB nº 2.275/2025, que introduziram novos paradigmas normativos para a organização e o compartilhamento de dados voltados à consolidação do Cadastro Imobiliário Brasileiro.

Paralelamente aos avanços institucionais, a difusão dos Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) revolucionou a aquisição de dados geoespaciais de altíssima resolução. Embora a literatura ateste o potencial dessas tecnologias para o mapeamento e a observação territorial (CROMMELINCK et al., 2016; STÖCKER et al., 2020), a mera disponibilidade de imagens aéreas não se traduz em atualização cadastral automática. A detecção de uma alteração física constitui uma evidência espacial primária, cuja validação demanda integração a bases

preexistentes e submissão a rigorosos fluxos administrativos. No Município de Fortaleza, a Secretaria Municipal das Finanças conduz a manutenção do Cadastro Imobiliário por meio das chamadas "Ações de Ofício". Um projeto-piloto realizado nesse âmbito em 2022 explorou o uso de UAS para o levantamento de inconsistências físicas. Todavia, a transição de uma experiência exploratória para a institucionalização plena exige a superação de desafios técnicos e de processos.

Como as iniciativas preexistentes não permitem atestar, isoladamente, ganhos definitivos de eficiência, produtividade ou acurácia posicional, emerge a questão central deste estudo: como estruturar as condições técnicas, normativas e operacionais necessárias para a adoção sistemática de levantamentos com UAS como apoio à atualização do Cadastro Imobiliário Municipal? Sob essa ótica, o objetivo central desta pesquisa é analisar tais condições e propor uma estruturação metodológica para a incorporação tecnológica articulada às Ações de Ofício em Fortaleza. A contribuição original do estudo reside em transcender a simples demonstração de viabilidade dos UAS. Propõe-se, a formulação de um fluxo institucional que concilie aquisição de dados, controle de qualidade e análise cadastral, distinguindo a fase de observação de evidências espaciais dos procedimentos legais para a atualização formal das informações imobiliárias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO

2.1 Cadastro Territorial Multifinalitário e administração territorial

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) consolida-se como uma infraestrutura estratégica de informações espaciais, cuja concepção contemporânea transcende a tradicional finalidade estritamente fiscal. Ao integrar dimensões inerentes à administração territorial, ao planejamento urbano, à gestão ambiental e ao ordenamento imobiliário, o CTM atua como alicerce para múltiplas políticas públicas. Essa visão sistêmica alinha-se ao paradigma de administração territorial proposto por Enemark (2005), que define o cadastro como a base estruturante para organizar as complexas relações entre pessoas, instituições e o espaço físico — abarcando processos de posse, valoração, uso e desenvolvimento da terra. Sob essa ótica, a abordagem *fit-for-purpose land administration* (ENEMARK; MCLAREN; LEMMEN, 2016) postula que a arquitetura desses sistemas deve ser estritamente aderente às suas finalidades e à maturidade institucional de cada contexto. Consequentemente, a incorporação de inovações tecnológicas não deve configurar-se como uma intervenção isolada, mas sim como uma resposta orgânica e metodologicamente integrada às necessidades concretas da governança territorial.

No cenário brasileiro, a transição para esse modelo integrador é evidenciada por Amorim et al. (2018), que posicionam o CTM como o principal vetor para a modernização da gestão municipal e a articulação de bases de dados. Essa perspectiva acadêmica encontra ressonância no arcabouço normativo nacional, notadamente nas diretrizes emanadas pela Portaria nº 3.242, de 2022, que estipulam a obrigatoriedade da instituição e da atualização contínua dos cadastros territoriais municipais. A essência da multifinalidade reside, portanto, na capacidade de produzir, estruturar e compartilhar informações de maneira transversal entre diversos entes governamentais. Nesse prisma, a atualização cadastral deixa de ser um mero procedimento técnico-administrativo para consagrar-se como um processo sistêmico de manutenção informacional, condição essencial para subsidiar, de forma eficiente e confiável, o amplo espectro de funções do Estado voltadas ao território.

2.2 Modelagem e interoperabilidade das informações territoriais

A multifinalidade do cadastro territorial depende criticamente da capacidade de estruturar e correlacionar informações provenientes de fontes heterogêneas. A persistência de bases de dados isoladas restringe o uso integrado da informação espacial e compromete a interoperabilidade entre sistemas e instâncias institucionais. Nesse contexto, o *Land Administration Domain Model* (LADM) estabelece a principal referência conceitual para a modelagem de dados da administração territorial. A norma ISO 19152-1:2024 especifica uma estrutura genérica e abstrata destinada à organização dos componentes fundamentais do domínio, padronizando as relações entre partes, unidades administrativas, direitos, responsabilidades, restrições, unidades espaciais e fontes de informação.

A contribuição do LADM para este estudo não consiste na imposição de uma arquitetura tecnológica rígida ao Cadastro Imobiliário de Fortaleza, mas na aplicação de seus princípios conceituais para fundamentar a articulação entre informações espaciais, administrativas e documentais. Essa abordagem revela-se particularmente premente à medida que novas fontes de dados são incorporadas para a detecção e caracterização de situações territorialmente relevantes.

Ademais, a efetiva interoperabilidade exige a preservação da proveniência e a rastreabilidade contínua das informações. No tocante aos dados derivados de levantamentos aerofotogramétricos, a metadatação sistemática — contemplando a data de aquisição, o sistema de referência, os procedimentos de processamento e os parâmetros de qualidade — constitui pressuposto indispensável para a sua adequada interpretação analítica e validação institucional.

2.3 UAS e aerofotogrametria aplicada à observação territorial

Neste trabalho, adota-se a terminologia *Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas* (*Unmanned Aircraft Systems* — UAS) como denominação principal, embora designações correlatas consagradas na literatura, tais como *Remotely Piloted Aircraft Systems* (RPAS) e *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), sejam mantidas nos títulos originais das obras citadas. A difusão dos UAS expandiu significativamente as possibilidades de produção de dados geoespaciais voltados ao mapeamento e à observação territorial. No âmbito cadastral, a principal contribuição dessas plataformas reside na capacidade de gerar informações espaciais de altíssima resolução, fundamentais para subsidiar a identificação, caracterização e análise de feições territorialmente relevantes.

Ao analisarem métodos de extração de feições a partir de dados ópticos de alta resolução obtidos por UAV, Crommelinck et al. (2016) demonstraram o expressivo potencial dessas tecnologias para aplicações de mapeamento cadastral. Todavia, os autores evidenciam que a conversão de imagens em informação cadastral requer etapas rigorosas de processamento, interpretação e avaliação, demonstrando que a mera disponibilidade de insumos fotogramétricos não se traduz automaticamente na produção de dados aptos ao uso cadastral.

Stöcker et al. (2020) aprofundaram essa discussão ao investigar como diferentes configurações de voo influenciam a geração de ortofotos voltadas ao mapeamento cadastral, demonstrando que a qualidade dos produtos resultantes depende estritamente das condições técnicas de aquisição e das estratégias metodológicas adotadas no levantamento. A continuidade e consolidação dessa agenda científica são ratificadas por estudos recentes: Oniga et al. (2023) analisaram estratégias de processamento e georreferenciamento aplicadas a levantamentos cadastrais com UAS; Kersten et al. (2025) investigaram diversas configurações operacionais para

o emprego da fotogrametria por UAV/UAS em levantamentos cadastrais; e Mirzapour et al. (2026) exploraram a integração entre fotogrametria por UAV e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a geração de informações cadastrais tridimensionais em ambientes urbanos.

2.4 Infraestrutura geodésica e qualidade posicional

O emprego de produtos fotogramétricos em aplicações cadastrais requer que a qualidade espacial seja tratada rigorosamente como um requisito técnico mensurável e auditável. A elevada resolução espacial ou nitidez visual de uma imagem não constitui, por si só, evidência de sua acurácia geométrica, tampouco assegura sua aptidão para finalidades cadastrais específicas.

Nesse âmbito, Agüera-Vega, Carvajal-Ramírez e Martínez-Carricondo (2017) demonstraram como as estratégias de amostragem e distribuição dos pontos de controle terrestre (GCPs) condicionam diretamente a qualidade dos produtos fotogramétricos obtidos por UAV. Em consonância, Stöcker et al. (2020), no contexto do mapeamento cadastral, reforçam que variações nas condições de aquisição e nos esquemas de controle alteram sensivelmente a precisão dos resultados. As abordagens de georreferenciamento também comportam diferentes arranjos metodológicos: Oniga et al. (2023) avaliaram o desempenho de procedimentos baseados na integração GNSS com pós-processamento cinemático (PPK), enquanto Kersten et al. (2025) investigaram os limites da acurácia geométrica atingível em levantamentos cadastrais sob distintas configurações de controle e verificação. Ademais, Mirzapour et al. (2026) empregaram elementos de checagem independentes para realizar a avaliação de qualidade dos produtos gerados.

Essas contribuições corroboram um pressuposto central para este estudo: a acurácia posicional não deve ser concebida como um atributo intrínseco ou automático da tecnologia empregada. Sua determinação está estritamente condicionada às especificidades operacionais do levantamento, devendo ser mensurada mediante protocolos formais de controle de qualidade. Por conseguinte, este trabalho abstém-se de atribuir *a priori* um nível fixo de precisão aos produtos derivados de UAS, postulando que a definição formal de requisitos técnicos e a validação empírica da qualidade constituem etapas indispensáveis em futuras implementações da metodologia proposta.

2.5 Regulamentação das operações com aeronaves não tripuladas

A aplicação institucional de Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) está intrinsecamente condicionada ao cumprimento articulado dos marcos regulatórios aeronáuticos, de telecomunicações, de acesso ao espaço aéreo e de aerolevantamento. Sob essa premissa, o planejamento operacional deve contemplar rigorosamente as exigências da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) — incluindo o devido registro e o cumprimento das disposições do Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 100 —, as diretrizes da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e os protocolos fixados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para acesso ao espaço aéreo, intermediados pela Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-40 e pelo sistema SARPAS. Adicionalmente, quando as atividades se caracterizam formalmente como aerolevantamento, impõe-se a estrita observância ao Decreto-Lei nº 1.177/1971, ao Decreto nº 2.278/1997 e à Portaria GM-MD nº 3.703/2021, com o correspondente trâmite junto ao Sistema de Cadastramento de Empresas de Aerolevantamento

(SisCLATEN). Desta forma, a conformidade normativa consolida-se como dimensão estruturante tanto do planejamento das missões quanto da rastreabilidade legal dos produtos gerados.

Consequentemente, a exequibilidade da metodologia proposta transcende as especificações técnicas de aeronaves e sensores, vinculando-se de forma determinante à eficácia na coordenação das missões, à sistematização documental das operações e à qualificação técnica dos profissionais responsáveis. Tendo em vista que os insumos fotogramétricos se destinam a subsidiar análises cadastrais e processos de instrução administrativa, a comprovação de sua proveniência, as condições de aquisição em campo, o sistema de referência espacial e os parâmetros de qualidade devem ser mantidos devidamente documentados e auditáveis. Em suma, a efetiva adoção institucional dos UAS apoia-se não apenas em seu potencial tecnológico, mas na consolidação prévia de um arcabouço técnico, organizacional e normativo que assegure a conformidade das operações e a legitimidade dos dados produzidos.

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada, de caráter técnico-metodológico e alcance exploratório. Seu desenvolvimento fundamentou-se na análise sistemática dos registros institucionais relativos às Ações de Ofício executadas pela SEFIN entre 2020 e 2024, no município de Fortaleza, no exame das informações documentadas sobre o projeto-piloto de emprego de UAS realizado em 2022, bem como no denso arcabouço científico, técnico e normativo atinente ao Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), à administração territorial, à aerofotogrametria por UAS, à qualidade geoespacial, à interoperabilidade e à regulamentação das operações aéreas.

A concepção metodológica estruturou-se a partir da articulação entre o problema institucional diagnosticado, as evidências empíricas disponíveis e os fundamentos teóricos discutidos no referencial bibliográfico. Dessa forma, delimita-se efetivamente a fronteira entre os resultados efetivamente observados e a proposição do modelo conceitual destinado à posterior implementação e validação empírica.

3.2 Fontes de dados e procedimentos de análise

A primeira fonte empírica compreendeu os registros institucionais das Ações de Ofício conduzidas no período de 2020 a 2024. O exame desse acervo permitiu mensurar a escala e a continuidade temporal das atividades de manutenção cadastral no Município de Fortaleza, sem, contudo, atribuir tais dinâmicas à utilização de Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS).

A segunda fonte empírica consistiu nas informações e registros operacionais do projeto-piloto com UAS realizado em 2022. Esta experiência foi analisada enquanto ensaio exploratório de produção e aplicação de dados territoriais, focalizando a identificação de situações em que a realidade física observada pudesse ser confrontada criticamente com os assentamentos do Cadastro Imobiliário Municipal.

A terceira fonte derivou da literatura científica, técnica e regulatória atinente ao CTM, à administração territorial, ao *Land Administration Domain Model* (LADM), à aerofotogrametria por UAS, à infraestrutura geodésica, à acurácia posicional, à interoperabilidade e à normatização do uso do espaço aéreo por aeronaves não tripuladas.

O procedimento analítico consistiu no entrelaçamento entre o problema institucional identificado, as evidências empíricas coligidas e as premissas conceituais e normativas levantadas. A análise buscou explicitar as condicionantes técnicas, normativas, operacionais, organizacionais e cadastrais indispensáveis para a incorporação institucional dos levantamentos por UAS como fonte complementar de evidências territoriais. Consideraram-se, de forma integrada, os requisitos afetos à formalização da demanda cadastral, ao planejamento e à execução dos levantamentos, à geração e avaliação da qualidade da informação geoespacial, à interpretação das evidências territoriais, às competências profissionais requeridas e ao enquadramento normativo para aproveitamento dos dados nos procedimentos administrativos de manutenção cadastral.

Ressalta-se que a proposta de integração entre os levantamentos por UAS e as Ações de Ofício, acompanhada do respectivo fluxo metodológico, constitui resultado metodológico derivado do diagnóstico analítico efetuado, compondo os resultados estruturais do estudo.

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados emergem da síntese analítica entre o histórico de Ações de Ofício e a experiência prática na produção de dados territoriais urbanos por meio de levantamentos aerofotogramétricos. No período compreendido entre 2020 e 2024, executaram-se 73 Ações de Ofício, as quais abrangeram um universo superior a 25 mil lotes territoriais, aproximadamente 45 mil inscrições autônomas e mais de 51 mil edificações. Em termos de magnitude espacial, essas intervenções contemplaram cerca de 4,5 milhões de m² de área territorial cadastrada e 5,2 milhões de m² de área edificada, conforme verificado na tabela 1.

Tabela 1 – Síntese dos resultados das Ações de Ofício realizadas entre 2020 e 2024

Indicador	**Resultado registrado**
Ações de Ofício realizadas	73
Lotes territoriais incorporados ou atualizados	Mais de 25.000
Inscrições autônomas	Aproximadamente 45.000
Edificações avaliadas ou atualizadas	Mais de 51.000
Área territorial cadastrada	Aproximadamente 4,5 milhões de m²
Área edificada	Aproximadamente 5,2 milhões de m²

Fonte: elaboração dos autores, com base em Santos e Paiva (2025).

Tais quantitativos evidenciam a magnitude e a continuidade da atuação institucional no âmbito da manutenção cadastral. Ressalta-se que esses dados não decorrem da aplicação direta da metodologia baseada em UAS, mas delimitam o contexto operacional no qual fontes adicionais de evidências territoriais podem subsidiar as Ações de Ofício.

A segunda fonte empírica compreende o projeto-piloto de emprego de UAS realizado em 2022. Nessa experiência, foram analisados 227 lotes cadastrados, identificando-se que, em 151 situações formalmente registradas como terrenos vagos, já existiam edificações concluídas (tabela 2). Este resultado explicita as divergências entre os registros cadastrais vigentes e a realidade física do território, demonstrando o elevado potencial da observação aérea para fundamentar a identificação de inconsistências relevantes para a análise cadastral. No projeto-

piloto, portanto, a evidência empírica central reside na detecção de situações territorialmente observáveis passíveis de confronto direto com a base de dados do cadastro municipal.

Tabela 2 – Evidência cadastral identificada na experiência analisada

Indicador	Resultado observado
Lotes registrados analisados	227
Lotes classificados como terrenos vagos com edificações concluídas observadas	151

Fonte: elaboração dos autores, com base em Lima et al. (2025).

Analisadas de forma integrada, essas experiências evidenciam a complementaridade entre as demandas intrínsecas da manutenção cadastral e a geração de evidências territoriais via UAS. Cumpre ressaltar que os resultados obtidos não autorizam atribuir à tecnologia, de forma isolada e determinante, reduções do tempo operacional, ganhos automáticos de eficiência ou produtividade, tampouco a garantia de um nível pré-fixado de acurácia posicional.

Para além dos achados empíricos, a síntese entre as evidências de campo e as condicionantes técnicas e normativas culminou, como resultado metodológico estruturante, na proposição de um fluxo de integração entre os levantamentos por UAS e as Ações de Ofício. Esse fluxo (figura 1) estabelece a seguinte sequência encadeada: (1) definição da demanda institucional; (2) planejamento técnico e operacional; (3) aquisição de dados; (4) processamento fotogramétrico; (5) avaliação técnica e controle de qualidade; (6) análise das evidências territoriais; (7) verificação e confronto cadastral; (8) instrução dos procedimentos administrativos; e (9) eventual atualização da base cadastral.

Figura 1 – Fluxo metodológico proposto para integração de UAS às Ações de Ofício



Fonte: elaboração dos autores, com apoio de ferramenta de inteligência artificial generativa para organização e representação gráfica do fluxo metodológico, sem geração, alteração ou validação dos dados, resultados ou referências da pesquisa.

O fluxo proposto estabelece uma distinção conceitual e operacional clara entre a observação territorial, a identificação de evidências espaciais, a análise cadastral e a subsequente adoção de procedimentos administrativos. A demanda institucional configura-se como a etapa deflagradora do processo, sendo responsável por delimitar a finalidade da intervenção, a abrangência espacial do estudo e os produtos cartográficos requeridos. Por sua vez, o planejamento técnico e operacional deve ponderar as especificidades físicas da área, os atributos instrumentais de plataformas e sensores, os aspectos conjunturais da missão, o enquadramento regulatório vigente e os parâmetros de referência espacial e posicionamento adequados à finalidade do levantamento.

A aquisição e o processamento fotogramétrico dos dados devem garantir a preservação contínua dos metadados necessários à rastreabilidade da missão e à consecução dos produtos geoespaciais previstos. Conforme o propósito da aplicação, esses insumos podem compreender ortoimagens, ortomosaicos, modelos digitais, nuvens de pontos densas ou outras representações geoespaciais. Salienta-se que a avaliação técnica e o controle de qualidade constituem uma etapa autônoma e mandatória, devendo obrigatoriamente anteceder o emprego dos produtos na análise cadastral, sem que se pressuponha *a priori* qualquer nível nominal de precisão ou acurácia.

Uma vez validadas, as informações geoespaciais passam a subsidiar a análise das evidências territoriais mediante o confronto sistemático com os registros legados do Cadastro Imobiliário Municipal. Sob essa perspectiva, a detecção de uma nova edificação ou de qualquer alteração na morfologia urbana não acarreta, de forma automática, a alteração das parcelas cadastrais. As inconsistências observadas devem ser submetidas aos ritos de verificação técnica e administrativa aplicáveis, podendo culminar, quando cabível, no devido procedimento de atualização formal.

A operacionalização desse fluxo pressupõe a convergência articulada de múltiplas competências interdisciplinares: à coordenação cadastral compete a definição da demanda, da finalidade, do escopo territorial e dos ritos administrativos; a operação de UAS exige capacidade técnica para o planejamento e execução das missões em estrita observância às normas vigentes; a definição do referencial espacial e o controle posicional demandam conhecimentos especializados em geodésia e topografia; a etapa de processamento requer domínio em fotogrametria, sensoriamento remoto e geoprocessamento; e a análise cadastral exige o domínio da estrutura do Cadastro Imobiliário Municipal e de seus procedimentos de validação. Adicionalmente, a integração dos dados ao Sistema de Informação Territorial de Fortaleza (SITFOR) agrega exigências atinentes aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), à arquitetura de bancos de dados geoespaciais e aos protocolos de interoperabilidade. Esse arranjo não postula a alocação de um profissional exclusivo para cada etapa, mas prescreve a disponibilidade e a integração harmônica do conjunto de competências ao longo de todo o ciclo de manutenção cadastral.

5 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam que a manutenção e a atualização cadastral configuram atividades contínuas, dinâmicas e de ampla abrangência territorial. Sob essa perspectiva, a

contribuição central deste estudo não reside na substituição dos ritos consolidados das Ações de Ofício, mas na estruturação de uma fonte complementar e sistemática de evidências espaciais que considera as diversas realidades e limitações das administrações municipais em contexto nacional. Tal abordagem alinha-se aos preceitos do arcabouço *fit-for-purpose*, o qual preconiza que a seleção de tecnologias e arranjos procedimentais deve responder estritamente às necessidades operacionais e às capacidades institucionais vigentes (Enemark; McLaren; Lemmen, 2016).

5.1 Potencial de aplicação dos UAS

A experiência proveniente do projeto-piloto indicou o expressivo potencial da observação aérea para a detecção de incongruências entre a base cadastral legada e a realidade física do território. Esse achado converge com a literatura internacional, a qual reconhece a eficácia dos dados obtidos por plataformas UAS em mapeamentos de alta resolução e na análise dinâmica do espaço urbano (Crommelinck et al., 2016; Stöcker et al., 2020). A implicação direta dessa evidência para o Município de Fortaleza consiste na viabilidade de articular levantamentos aerofotogramétricos como uma camada suplementar de evidências, destinada a subsidiar a identificação precisa e a instrução técnica de alterações físico-territoriais relevantes ao cadastro.

5.2 Eficiência e redução do tempo como hipóteses de investigação

Embora a utilização de UAS viabilize a ampliação do volume de dados espaciais adquiridos em curto intervalo temporal, eventuais ganhos de desempenho operacional não devem ser tomados como decorrência automática da inovação tecnológica. As estratégias de planejamento de voo, georreferenciamento e processamento fotogramétrico exercem influência direta no consumo de recursos e na duração global do ciclo de trabalho (Stöcker et al., 2020; Oniga et al., 2023; Kersten et al., 2025). Consequentemente, premissas como a redução do tempo de atualização, o incremento de produtividade e os ganhos de eficiência institucional configuram-se rigorosamente como hipóteses científicas a serem testadas em estudos comparativos futuros, e não como atributos pré-existentes.

5.3 Qualidade dos produtos e necessidade de validação

Na mesma linha, a acurácia dos produtos geoespaciais necessita ser tratada como um requisito técnico rigorosamente verificável. Investigações experimentais demonstram de forma consistente que a qualidade geométrica dos insumos fotogramétricos varia em função das condições de aquisição, do esquema de apoio terrestre, do modelo de georreferenciamento e das rotas de controle adotadas (Agüera-Vega; Carvajal-Ramírez; Martínez-Carricondo, 2017; Stöcker et al., 2020; Kersten et al., 2025). Desse modo, índices de precisão alcançados em contextos empíricos diversos não podem ser transpostos de maneira acrítica para a realidade de Fortaleza. A proposta metodológica preconiza, portanto, a recomendação da utilização de pontos de controle terrestre (GCPs), e a inserção de pontos de checagem (*checkpoints*) independentes, avaliação da acurácia posicional por Erro Quadrático Médio (RMSE) e validação frente aos padrões cartográficos vigentes, notoriamente o Decreto nº 89.817/1984 (PEC-PCD), abstendo-se, inicialmente, de atribuir ao projeto-piloto um valor nominado de precisão. A contribuição estruturante do estudo, sob essa ótica, consiste em estabelecer que a auditoria contínua de

qualidade deve integrar as aplicações futuras do modelo, permitindo aferir empiricamente a adequação dos produtos às especificações cadastrais exigidas.

5.4 Interoperabilidade e integração institucional

A viabilidade prática dos insumos geoespaciais no ambiente corporativo depende criticamente de sua integração sistêmica aos ambientes de gestão municipal. No contexto de Fortaleza, o Sistema de Informação Territorial de Fortaleza (SITFOR) estrutura as informações urbanas tendo a parcela cadastral como elemento integrador fundamental, ao passo que a Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria das Finanças (IDE-SEFIN) viabiliza a disseminação e a interoperabilidade de dados entre os órgãos da administração pública (Gimenes; Nogueira; Liberato, 2024). A adoção de uma modelagem alinhada aos princípios do LADM reforça a necessidade de vincular formalmente as unidades espaciais, as fontes geográficas e os atributos administrativos (Santos; Farias, 2025; International Organization for Standardization, 2024). Em desdobramentos futuros, os produtos gerados por UAS poderão ser associados às unidades cadastrais correspondentes, assegurando a preservação da rastreabilidade temporal, dos parâmetros de referência espacial, dos relatórios de processamento e dos relatórios de qualidade. Todavia, cumpre delimitar que o escopo deste trabalho se circunscreve à formulação dos requisitos conceituais e metodológicos para tal articulação, não constituindo resultado deste artigo a implantação computacional efetiva nos sistemas legados do município.

5.5 Escalabilidade e replicabilidade

A arquitetura metodológica desenvolvida demonstra potencial de adaptação e transferência para distintos recortes territoriais e contextos institucionais, haja vista sua capacidade de conectar rigorosamente a demanda administrativa, a produção de geoinformação, o controle de qualidade técnico e a análise cadastral. Não obstante, sua escalabilidade e replicabilidade operacional encontram-se condicionadas à disponibilidade de recursos orçamentários, à capacitação continuada das equipes técnicas, à infraestrutura de processamento computacional, à extensão geográfica das áreas sob intervenção e à maturidade governamental da gestão local — fatores que devem ser objeto de avaliação em implementações vindouras, em consonância com a lógica *fit-for-purpose* (Enemark; McLaren; Lemmen, 2016).

5.6 Limitações e agenda de pesquisa

Por fim, a limitação central desta pesquisa reside na ausência de uma implementação experimental integral e ponta a ponta do fluxo metodológico proposto. O projeto-piloto conduzido em 2022 revestiu-se de caráter estritamente exploratório, não tendo sido concebido com o propósito de avaliar de forma sistemática a acurácia posicional dos produtos ou o desempenho operacional do ciclo de trabalho. Como desdobramento e agenda de pesquisa futura, recomenda-se a condução de experimentos controlados que estabeleçam requisitos técnicos parametrizados, definam indicadores-chave de qualidade e desempenho (KPIs), avaliem formalmente os protocolos de integração ao SITFOR e testem a replicabilidade do modelo em cenários urbanos de variada complexidade. Sob essa perspectiva, premissas relacionadas à redução do tempo de resposta, ganhos efetivos de eficiência e produtividade, bem como a plena

interoperabilidade sistêmica, permanecem como hipóteses abertas a serem empiricamente mensuradas e validadas.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou as condicionantes técnicas, normativas e operacionais e estruturou uma proposta metodológica para o emprego sistemático de levantamentos aerofotogramétricos com Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas (UAS) como suporte à atualização do Cadastro Imobiliário do Município de Fortaleza, de forma articulada às Ações de Ofício. O objetivo geral foi alcançado mediante a integração harmônica entre o diagnóstico institucional, os aprendizados colhidos na experiência exploratória de 2022 e a consolidação do referencial científico, técnico e normativo atinente à matéria.

Conclui-se que a contribuição científica e metodológica central desta pesquisa reside na conversão de uma demanda institucional concreta e de um ensaio exploratório em uma proposição estruturada, passível de futura implementação, auditabilidade e aprimoramento contínuo. A metodologia preconizada não visa antecipar aprioristicamente os resultados práticos de sua aplicação; em vez disso, edifica os pressupostos conceituais, técnicos, normativos e procedimentais para que tais impactos possam ser, em etapas vindouras, empiricamente mensurados, demonstrados e validados.

Os resultados empíricos analisados retrataram a elevada escala das Ações de Ofício conduzidas entre 2020 e 2024 e revelaram, no escopo do projeto-piloto de 2022, a existência de edificações concluídas em 151 dos 227 lotes examinados. Tais achados sustentam a viabilidade técnica de adotar a observação aérea como fonte complementar de evidências territoriais, muito embora não constituam, por si sós, demonstração cabal de redução do tempo de processamento, ganhos automáticos de eficiência, incremento de produtividade, ganho de acurácia posicional, escalabilidade operacional ou integração sistêmica imediata.

Por conseguinte, a principal entrega do trabalho consiste na sistematização de um fluxo analítico e operacional que conecta rigorosamente a demanda institucional, a conformidade regulatória da operação aérea, o referencial geodésico de suporte, a produção e a avaliação de qualidade dos dados, a análise cadastral, as competências profissionais requeridas e o rito dos procedimentos administrativos, prevendo, inclusive, a futura interoperabilidade com o SITFOR. Sob essa perspectiva, as tecnologias UAS consolidam-se como instrumentos de geração de evidências territoriais de alta resolução, e não como mecanismos sumários ou automáticos de atualização cadastral.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza (SEFIN) pelo fornecimento dos dados e pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

AFONSO, José Roberto R.; ARAÚJO, Erika Amorim; NÓBREGA, Marcos Antônio Rios da. O IPTU no Brasil: um diagnóstico abrangente. Rio de Janeiro: FGV Projetos, 2013.

AGÜERA-VEGA, Francisco; CARVAJAL-RAMÍREZ, Fernando; MARTÍNEZ-CARRICONDO, Patricio. Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. Measurement, v. 98, p. 221-227, 2017. DOI: 10.1016/j.measurement.2016.12.002.

AMORIM, Amilton et al. Cadastro Territorial Multifinalitário: uma ferramenta para a gestão municipal. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2018.
ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. Resolução nº 715, de 23 de outubro de 2019. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade e de Homologação de Produtos para Telecomunicações. Brasília, DF: ANATEL, 2019.
BIRD, Richard M.; SLACK, Enid (ed.). International handbook of land and property taxation. Cheltenham: Edward Elgar, 2004.
BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC nº 100: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Emenda nº 00. Brasília, DF: ANAC, 2026.
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, 2026.
BRASIL. Decreto nº 2.278, de 17 de julho de 1997. Regulamenta o Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971, que dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1997.
BRASIL. Decreto-Lei nº 1.177, de 21 de junho de 1971. Dispõe sobre aerolevantamentos no território nacional e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1971.
BRASIL. Lei Complementar nº 214, de 16 de janeiro de 2025. Institui o Imposto sobre Bens e Serviços, a Contribuição sobre Bens e Serviços e o Imposto Seletivo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2025.
BRASIL. Ministério da Defesa. Portaria GM-MD nº 3.703, de 6 de setembro de 2021. Dispõe sobre os procedimentos, prazos para resposta dos atos requeridos junto ao Ministério da Defesa e estabelecimento dos níveis de riscos relativos à atividade de aerolevantamento no território nacional. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2021.
BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Portaria MDR nº 3.242, de 9 de novembro de 2022. Aprova as diretrizes para a criação, a instituição e a atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário nos municípios brasileiros. Brasília, DF: MDR, 2022.
BRASIL. Receita Federal do Brasil. Instrução Normativa RFB nº 2.275, de 15 de agosto de 2025. Dispõe sobre a adoção do Cadastro Imobiliário Brasileiro e o compartilhamento de informações por meio do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais pelos serviços notariais e de registro, nos termos da Lei Complementar nº 214, de 16 de janeiro de 2025. Brasília, DF: Receita Federal do Brasil, 2025.
CROMMELINCK, Sarah et al. Review of automatic feature extraction from high-resolution optical sensor data for UAV-based cadastral mapping. Remote Sensing, v. 8, n. 8, art. 689, 2016. DOI: 10.3390/rs8080689.
DANTAS, E. W. C.; SILVA, J. B. da; COSTA, M. C. L. De cidade a metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. (Coleção Estudos Geográficos, 3).
ENEMARK, Stig; WILLIAMSON, Ian; WALLACE, Jude. Building modern land administration systems in developed economies. Journal of Spatial Science, v. 50, n. 2, p. 51-68, 2005. DOI: 10.1080/14498596.2005.9635049.
ENEMARK, Stig; MCLAREN, Robin; LEMMEN, Christiaan. Fit-for-purpose land administration: guiding principles for country implementation. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2016.
GIMENES, Fernanda de Souza Farias; NOGUEIRA, Rebecca; LIBERATO, Monelisa da Silva. A experiência da Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza na implantação da infraestrutura de dados espaciais como ferramenta de gestão integrada ao cadastro imobiliário. Contribuciones a las Ciencias Sociales, v. 17, n. 2, 2024.
IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: População e domicílios - Primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/. Acesso em: 14 set. 2026.
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19152-1:2024: Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 1: Generic conceptual model. Geneva: ISO, 2024.
KERSTEN, Thomas P.; PREUß, Frederik; TETEN, Dagmar; LINDSTAEDT, Maren. UAV/UAS photogrammetry for use in cadastral surveying. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLVIII-M-6-2025, p. 169-175, 2025. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-6-2025-169-2025.
LIMA, João Sérgio Queiroz de et al. Produção de dados territoriais urbanos com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas: geotecnologias e cadastro multifinalitário na Cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil. In: FIG BRAZIL JOINT LAND ADMINISTRATION CONFERENCE (3DLA2025), 2025, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: FIG, 2025.
MIRZAPOUR, S.; AZIZI, Z.; ZAVAR, H. et al. High-accuracy UAV photogrammetry and GIS integration for 3D cadastral data generation. Sci Rep, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-026-66279-6. Acesso em: 10 set. 2026.
ONIGA, V. E. et al. PPK processing to boost UAS accuracy in cadastral mapping. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLVIII-1/W1-2023, p. 345-352, 2023. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-345-2023.
SANTOS, Elizete de Oliveira; FARIAS, Fernanda de Souza. Modelagem de cadastro territorial com base no Modelo de Domínio para Administração Territorial (LADM): o caso do Sistema de Informações Territoriais de Fortaleza (SITFOR). In: FIG BRAZIL JOINT LAND ADMINISTRATION CONFERENCE (3DLA2025), 2025, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: FIG, 2025.
SANTOS, Elizete de Oliveira; PAIVA, Ana Carla de Queiroz. Ações de ofício como estratégia de manutenção do Cadastro Territorial Multifinalitário de Fortaleza – CE. In: FIG BRAZIL JOINT LAND ADMINISTRATION CONFERENCE (3DLA2025), 2025, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: FIG, 2025.
STÖCKER, Claudia; NEX, Francesco; KOEVA, Mila; GERKE, Markus. High-quality UAV-based orthophotos for cadastral mapping: guidance for optimal flight configurations. Remote Sensing, v. 12, n. 21, art. 3625, 2020. DOI: 10.3390/rs12213625.