



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 12, nº 1 (2026)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2026v12n1ID42387>



## **Aerofotogrametria utilizando RPA de baixo custo e software livre: Um estudo de caso em comunidades urbanas de Simões Filho-BA**

### *Aerial Photogrammetry using Low-Cost RPA and Free Software: A Case Study in Urban Communities of Simões Filho-BA*

**Victor Silva Gomes<sup>1</sup>; Fabiano Peixoto Freiman<sup>2</sup>; Patricia Lustosa Brito<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> UFBA, Escola Politecnica /DETG, Salvador/BA, Brasil. Email: victorgomes.datum@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-5788-0457>

<sup>2</sup> UFBA, Escola Politecnica /DETG, Salvador/BA, Brasil. Email: fabianofreiman@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0960-2115>

<sup>3</sup> UFBA, Escola Politecnica /DETG, Salvador/BA, Brasil. Email: britopatricia@hotmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3987-7331>

**Resumo:** Este estudo avalia a aerofotogrametria de baixo custo com softwares livres (DTM/ODM) para mapeamento colaborativo em áreas periféricas do município de Simões Filho-BA. Para tanto, foi utilizado um RPA DJI Air 3S, onde foi realizada a comparação dos resultados dos processamentos realizados no Agisoft Metashape (comercial) e no DTM/ODM (aberto), tendo como entrada de dados o mesmo conjunto de imagens. O objetivo foi validar a metodologia para iniciativas de base comunitária, focando na disponibilização de dados e acesso democrático à geoinformação. Os resultados indicaram que o DTM/ODM é uma alternativa ágil e viável para gerar ortomosaicos, com precisão posicional relativa à escala de 1:5000 (PEC/PCD), indicada para planejamento e diagnóstico territorial, mesmo sem o uso de pontos de controle terrestres. Os produtos resultantes foram disponibilizados no OpenAerialMap, ampliando o acesso público a dados geoespaciais.

**Palavras-chave:** Aerofotogrametria; RPA; Software Livre.

**Abstract:** This study evaluates low-cost aerial photogrammetry using open-source software (DTM/ODM) for collaborative mapping in peripheral areas of the municipality of Simões Filho, Bahia, Brazil. A DJI Air 3S remotely piloted aircraft (RPA) was employed, and the results obtained from image processing were compared between Agisoft Metashape (commercial software) and DTM/ODM (open-source platform), using the same image dataset as input. The main objective was to assess the methodology for community-based initiatives, focusing on data availability and the democratization of access to geoinformation. The results indicate that DTM/ODM is an efficient and viable alternative for generating orthomosaics, achieving positional accuracy compatible with a 1:5000 scale (PEC-PCD), suitable for territorial planning and diagnostic applications, even in the absence of ground control points (GCPs). The resulting products were made available on the OpenAerialMap platform, expanding public access to geospatial data.

**Keywords:** Aerial Photogrammetry; RPA; Free Software.

Recebido: 15/12/2025; Aceito: 12/04/2026; Publicado: 20/04/2026.

## 1. Introdução

Parte importante do crescimento urbano nas cidades brasileiras tem ocorrido em áreas vulnerabilizadas. Dados recentes do MapBiomias indicam que as áreas ocupadas por favelas e comunidades urbanas cresceram de aproximadamente 53,7 mil hectares em 1985 para cerca de 146 mil hectares em 2024, evidenciando uma expansão significativa desses territórios no período. Desse total, uma parcela expressiva está localizada em áreas suscetíveis a riscos socioambientais, reforçando a relação entre urbanização informal e vulnerabilidade territorial (MapBiomias, 2026).

Paralelamente existe a ausência de mapeamento de referência e a desatualização cartográfica justamente nessas áreas, condição comum em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde existe a necessidade de dados geoespaciais atualizados e fidedignos para subsidiar o planejamento urbano, demanda também evidenciada à ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, que estabelece, em sua meta 11.1, o compromisso de garantir acesso universal à habitação segura e adequada e a urbanização de assentamentos precários até 2030 (ONU, 2015).

A demanda por moradia digna associada à busca por acesso aos serviços e oportunidades concentrados em áreas urbanas afeta principalmente populações de baixa renda (Silva & Oliveira, 2022). Essa dinâmica impõe desafios à gestão municipal, especialmente na formulação de políticas públicas que articulem ordenamento territorial com inclusão social (Rolnik, 2015), além da promoção de processos de regularização fundiária e de atualização de sistemas cadastrais que subsidiem uma gestão territorial eficiente (Nascimento & Lima, 2021).

Paralelo a isso, as demandas por participação popular permanecem, conforme previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001, Art. 2º, II e XIII; Arts. 43 a 45, Brasil, 2001). O Estatuto estabelece a gestão democrática da cidade e a obrigatoriedade de envolver a população na elaboração e na revisão de planos diretores, dos programas urbanos e das políticas públicas, por meio de conselhos, debates, audiências, consultas públicas, conferências e iniciativas populares de lei. Nesse contexto, as áreas vulnerabilizadas que se expandem à margem do conhecimento e da assistência do setor público apresentam uma demanda especial por processos expeditos de mapeamento, permitindo que as comunidades participem ativamente da produção de informações geoespaciais, subsidiando políticas de planejamento urbano inclusivo e sustentável.

Entretanto, o avanço tecnológico no âmbito das geociências ampliou o acesso às ferramentas para coleta, análise e representação de dados espaciais. Atualmente, utiliza-se frequentemente nestes processos as Aeronaves Remotamente Pilotadas (*Remotely Piloted Aircraft* – RPA), popularmente conhecidas como drones (Silva *et al.*, 2021), bem como utilizadas em trabalhos mais recentes, tais como em Salim *et al.* (2023), Oliveira *et al.* (2024), Ramos *et al.* (2025), Schmidt *et al.* (2025), Teh *et al.* (2026).

Segundo Hackney e Clayton (2015), os equipamentos RPA se desenvolveram significativamente nas últimas décadas. Operam remotamente na forma de pequenas plataformas equipadas com câmeras e, para a maioria das aplicações, estão disponíveis como aeronaves de decolagem e pouso vertical com quatro, seis ou mais hélices. Conforme Tziavou, Pytharouli e Souter (2018), estes equipamentos estão equipados com receptores de Sistemas Globais de Navegação por Satélites (*Global Navigation Satellite System* - GNSS) e outros sensores que permitem o posicionamento (por exemplo, sensores de Sistema Inercial, etc.).

A principal aplicação dos RPAs é o mapeamento, o que inclui a visualização e a modelagem tridimensional (3D), contribuindo para aplicações como levantamentos topográficos, monitoramentos de estruturas, análise de desastres, mapeamento arqueológico, agricultura e silvicultura. Estes dados são aplicados para análises aprofundadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que já no início dos anos 2000 se configuram como ferramentas fundamentais para entender fenômenos territoriais e apoiar políticas públicas mais eficazes e sustentáveis, como relataram Câmara e Monteiro (2001).

Estes desenvolvimentos tecnológicos contribuíram para a redução de custos operacionais e para a ampliação do acesso a técnicas de mapeamento, permitindo que usuários possam realizar levantamentos com níveis aceitáveis de precisão para diversas aplicações, como mapeamento urbano, agricultura de precisão e monitoramento ambiental (Silva *et al.*, 2021). Contudo, a distinção entre produtos geoespaciais adequados ou insuficientes continua requerendo formação técnica especializada, indispensável para garantir a confiabilidade das informações empregadas em processos de análise e decisão. Exemplos destes processos, são estudos recentes que demonstram o potencial de RPAs como ferramenta de inclusão e mapeamento de comunidades, conforme evidenciado em Virgens *et al.* (2024). Gomes e Pedrassoli (2018) realizaram análises na comunidade do Alto das Pombas em Salvador/BA, confeccionando mapas e modelos digitais da região. No estudo de Li *et al.* (2023), integrou-se o mapeamento participativo em comunidades indígenas, produzindo o primeiro conjunto de dados de infraestruturas e recursos para a comunidade indígena no sudoeste da China, permitindo a comunidade o conhecimento de seu território e riscos de incêndios, estado de preservação de edifícios históricos e potenciais recursos econômicos.

As ações supracitadas, corroboram com Soares *et al.* (2022), que mencionam que RPAs de baixo custo revolucionaram o processo de mapeamento e monitoramento de áreas vulneráveis. A utilização de tecnologias acessíveis nas dinâmicas territoriais impulsiona o mapeamento colaborativo como uma importante ferramenta de inclusão social participativa alinhadas às suas realidades e demandas locais (Quintanilha, 2021). Todavia, é importante destacar que essas abordagens não substituem as metodologias convencionais, mas as complementam, ampliando o escopo e a eficiência das práticas de mapeamento. Nesse contexto, os RPAs configuram-se como ferramentas que potencializam processos tradicionais, como a fotogrametria clássica, principalmente em áreas desatualizadas, territórios comunitários ou regiões historicamente negligenciadas pelos investimentos em cartografia. No entanto, apesar da aquisição dos dados ser uma tarefa relativamente simples, o processamento dos dados para a confecção dos produtos cartográficos é problemática quando se diz respeito às ferramentas computacionais necessárias para esta tarefa. Além disso, o processamento dos dados requer computadores e softwares especializados, muitas vezes associados a licenças de alto custo, o que pode limitar sua utilização em determinados contextos. Somado a isso, a atuação de profissionais qualificados é fundamental, uma vez que a adequada manipulação, processamento e avaliação dos produtos cartográficos depende de conhecimento técnico específico, indispensável para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados.

Com base neste cenário, o OpenAerialMap (OAM), lançado em 2007 e revitalizado em 2015 pelo Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT), consolidou-se como uma plataforma colaborativa de compartilhamento de imagens aéreas de alta resolução, ampliando o acesso a dados geoespaciais e fortalecendo o mapeamento participativo. De forma integrada, o OpenStreetMap (OSM) utiliza essas imagens como referência para extração e atualização de feições cartográficas. Ao acessar editores como iD ou JOSM, o usuário pode sobrepor imagens do OAM ou de provedores comerciais, permitindo identificar e delimitar edificações, vias e demais elementos com maior precisão, além de atribuir tags de forma mais consistente. Estudos mostram que a disponibilidade dessas imagens melhora a precisão geométrica, aumenta a frequência das edições e estimula o engajamento da comunidade, especialmente em áreas urbanas e regiões de fronteira (Mandourah e Hochmair, 2024).

Neste ecossistema de plataformas abertas, destaca-se o Drone Tasking Manager (DTM), ferramenta open source desenvolvida pelo HOT em parceria com a empresa nepalesa NAXA. O DTM permite planejar e coordenar missões de voo de forma colaborativa, dividindo áreas de interesse em tarefas otimizadas para múltiplos operadores, evitando sobreposição e garantindo cobertura eficiente. A plataforma integra-se ao OpenDroneMap para processamento das imagens e possibilita o envio direto dos ortomosaicos ao OpenAerialMap, estabelecendo um fluxo de trabalho completo e acessível para coleta, processamento e publicação de dados geoespaciais (Drone Tasking Manager, 2025).

Deste modo, esta pesquisa tem como objetivo geral avaliar a eficácia do uso de RPAs de baixo custo associados a softwares gratuitos de processamento fotogramétrico, tomando como referência o software livre DTM (Drone Tasking Manager, 2025), com a finalidade da obtenção de ortomosaico. Nesse contexto, busca-se comparar a qualidade cartográfica, as características técnicas e o aspecto visual dos ortomosaicos gerados pelo software livre DTM em relação aos produzidos pelo Metashape, cuja metodologia é amplamente reconhecida na área. Além disso, a pesquisa pretende analisar as vantagens e limitações do DTM no processamento fotogramétrico e avaliar a viabilidade de replicação da metodologia adotada para outros cenários de mapeamento colaborativo em comunidades em situação de vulnerabilidade.

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de Estudo

A área de estudo contempla as comunidades de Marielle Franco e Alto da Conquista, município de Simões Filho - Região Metropolitana de Salvador-BA (Figura 1). A região está inserida no projeto Periferia Viva Residências, iniciativa do Ministério das Cidades voltada à urbanização de áreas periféricas, com foco na melhoria da infraestrutura básica, recuperação ambiental, regularização fundiária e fortalecimento do trabalho social (Brasil, 2025). A área, com cerca de 25,7 hectares, foi selecionada devido a projetos e parcerias com a Residência em Arquitetura Urbanismo e Engenharia (RAU+E) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), o que favoreceu o desenvolvimento e a continuidade das ações.

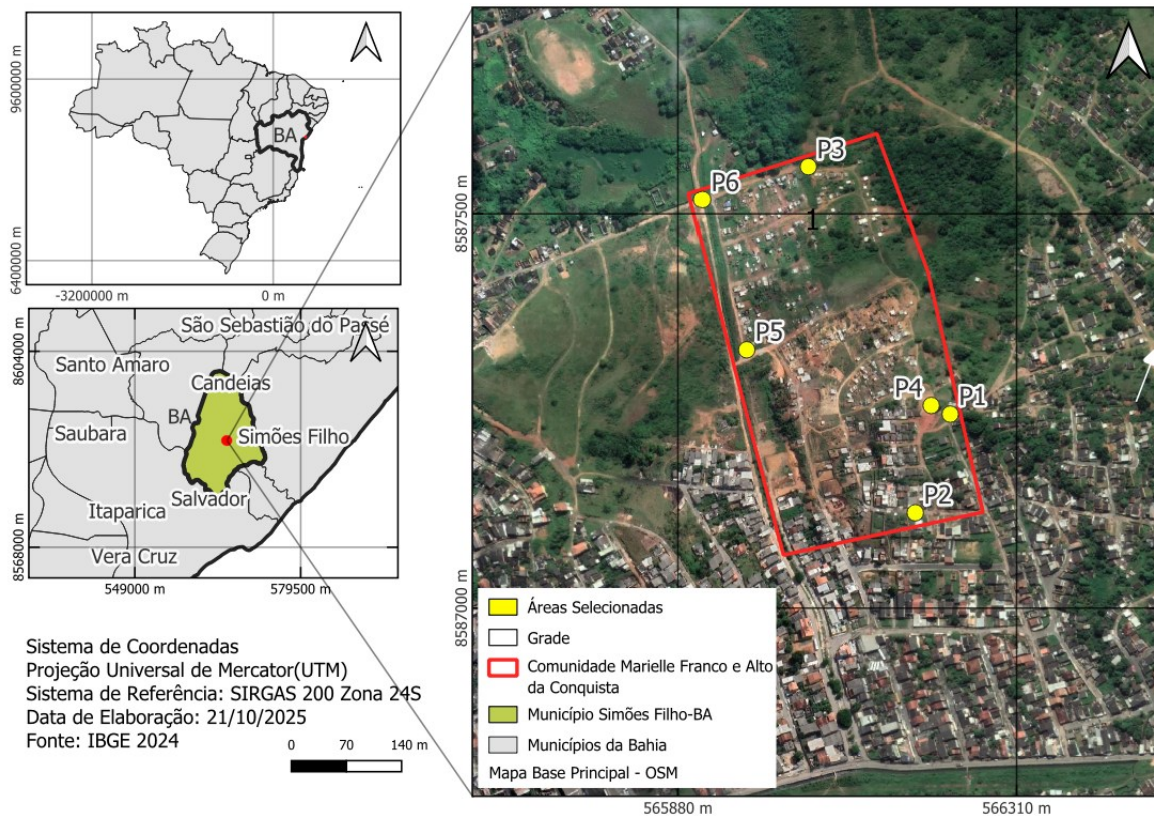


Figura 1 – Ocupação Marielle Franco e Alto da Conquista.  
Fonte: Os autores (2026).

## 2.2. Fluxo Metodológico

O fluxo metodológico (Figura 2) foi estruturado em seis etapas. A primeira consistiu no planejamento do voo com o drone DJI Air 3S, definindo-se a área de estudo, os pontos de checagem, os equipamentos e os parâmetros técnicos necessários para uma cobertura eficiente. É importante destacar que não foram utilizados pontos de controle em solo (GCPs) para georreferenciamento dos produtos. Na segunda etapa, realizou-se o voo automatizado e o rastreamento dos pontos de checagem com o receptor Trimble DA2 e o coletor Trimble TDC6, fundamentais para a validação dos produtos cartográficos.

A terceira etapa envolveu o processamento das imagens em dois ambientes fotogramétricos: o software comercial Metashape, amplamente utilizado, e a plataforma web gratuita DTM, empregada de forma comparativa para avaliação da qualidade dos ortomosaicos. Na quarta etapa, os resultados foram validados no software GeoPEC (GEOPEC, 2025) a partir da comparação com os pontos de checagem. Em seguida, na quinta etapa, procedeu-se à comparação entre os produtos gerados nos diferentes ambientes.

Por fim, a sexta etapa correspondeu à aplicação dos resultados no contexto do mapeamento colaborativo, com a publicação dos ortomosaicos na plataforma OAM, integrando-os ao OSM. Essa fase contribuiu para o acesso democrático a informações geospaciais em áreas vulneráveis.

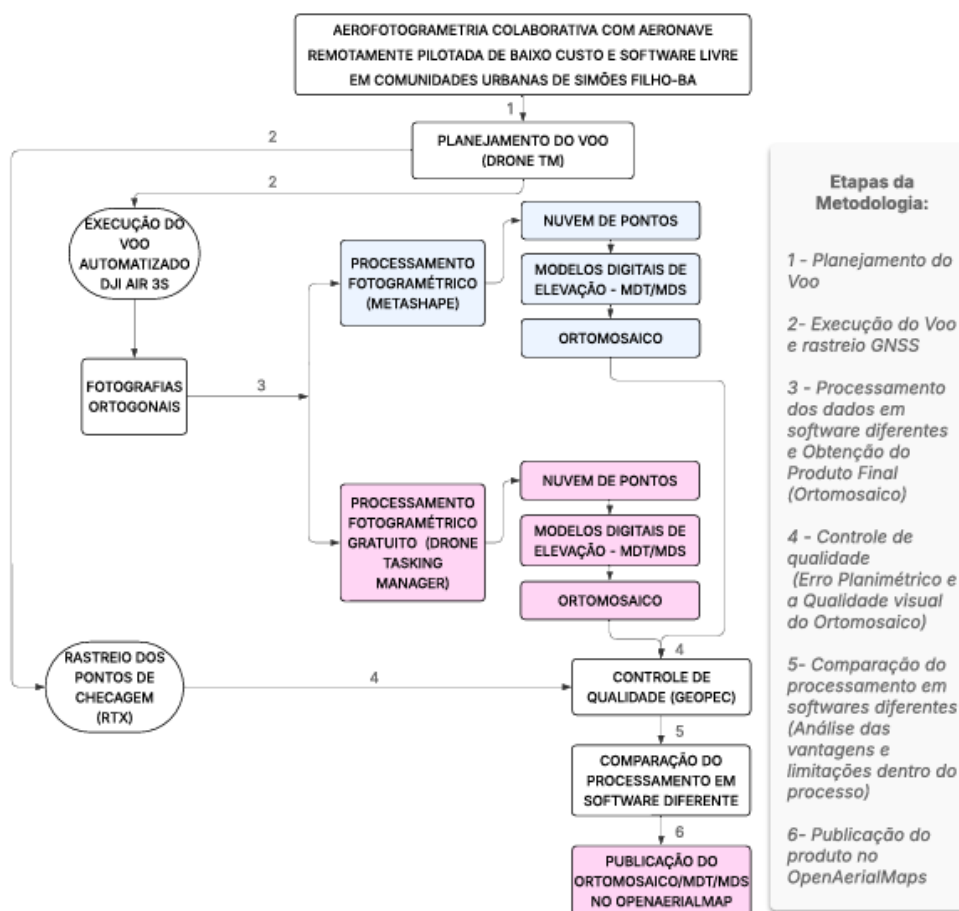


Figura 2 – Fluxograma Metodológico.

Fonte: Os autores (2026).

### 2.2.1 Equipamentos Utilizados

Para o mapeamento foi empregado o RPA DJI Air 3S, lançado em 2024 pela Shenzhen DJI Sciences and Technologies Ltd. O equipamento apresenta massa de 724 g, autonomia de voo de até 45 minutos, configurando-se como modelo de médio porte e bom custo-benefício (R\$ 8.000–11.000). O rastreamento dos pontos de checagem foi realizado com o receptor GNSS Trimble DA2 acoplado ao coletor de dados Trimble TDC6. O sistema é compatível com as constelações GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou e QZSS, alcançando precisão centimétrica quando associado ao serviço de correção em tempo real Trimble RTX, via plataforma Catalystr.

### 2.2.2 Planejamento de Voo

Neste estudo, o planejamento foi realizado por meio da plataforma gratuita Drone Tasking Manager (DTM), acessada em ambiente web. Essa ferramenta permitiu a criação de rotas baseadas em waylines, essencial para o equipamento utilizado, que não dispõe de software nativo voltado ao mapeamento aéreo. Segundo seus desenvolvedores, o DTM foi projetado para facilitar a divisão e o gerenciamento colaborativo de áreas a serem mapeadas, com base em parâmetros configuráveis pelo usuário (Drone Tasking Manager, 2025).

Inicialmente, foi importada a delimitação da área de estudo. Em seguida, definiram-se variáveis essenciais para a missão (Tabela 1), como a sobreposição entre imagens, altura de voo, velocidade da aeronave, ângulo da câmera e orientação das linhas de voo, assegurando a qualidade dos dados fotogramétricos obtidos.

*Tabela 1 – Especificação Técnica do Voo.*

<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>
Sobreposição Lateral	70%
Sobreposição Frontal	80%
Velocidade do Voo	8 m/s
GSD	2.3 cm
Altura de Voo	120 m

*Fonte: Os autores (2026).*

### 2.2.3 Execução do Voo em Campo

Para a execução do voo (Figura 3A), foi utilizado o drone de baixo custo DJI AIR 3S, com planejamento e controle automatizado realizados por meio do aplicativo gratuito DJI FLY. Além disso, foram coletados pontos de checagem GNSS com receptores de alta precisão, o que assegurou o controle de qualidade posicional dos dados.



*Figura 3 – (a) Levantamento fotogramétrico (b) Aquisição pontos de checagem*

*Fonte: Os autores (2026).*

Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 14 de maio e 02 de agosto de 2025.

### 2.2.4 Rastreamento dos Pontos de Checagem

A validação da acurácia posicional dos produtos cartográficos foi realizada a partir do rastreamento de seis pontos de checagem, distribuídos uniformemente na área de estudo (Figura 3B). A adoção do sistema de correção Trimble RTX mostrou-se adequada às condições do levantamento na comunidade Marielle Franco. De acordo com Trimble (2025), essa tecnologia aplica correções orbitais e de relógio via satélite geossíncronos, proporcionando acurácia centimétrica em tempo real com alta confiabilidade.

### 2.2.5 Processamento dos dados

O processamento dos dados ocorreu em duas etapas. Primeiro, utilizou-se o Agisoft Metashape, software amplamente consolidado na fotogrametria, onde os dados foram processados em três níveis de qualidade, a Baixa, Média e Alta para avaliar o impacto da densidade de pontos nos produtos gerados. A configuração Baixa priorizou rapidez e menor uso de recursos, produzindo modelos com menor detalhamento; a Alta utilizou o máximo de informação disponível, resultando em modelos mais densos e precisos, porém com maior demanda computacional; já a Média representou um equilíbrio entre detalhamento e tempo de processamento.

Na segunda etapa, os mesmos dados foram processados no Drone Tasking Manager (DTM), plataforma web gratuita que integra planejamento de voo e processamento fotogramétrico por meio do OpenDroneMap (ODM). O DTM executa automaticamente todo o fluxo de reconstrução, dispensando configurações avançadas.

Conforme Hartwig *et al.* (2023), o ODM segue um pipeline estruturado composto pelo alinhamento das imagens, geração da nuvem esparsa e densa e derivação de produtos como MDS, ortomosaico e modelo 3D texturizado. No presente estudo, o processamento foi realizado com parâmetros padrão, garantindo uniformidade e reprodutibilidade dos resultados. Essa abordagem integrada permite manter a consistência técnica dos produtos mesmo sem ajustes manuais avançados.

### 2.2.6 Controle de Qualidade

A acurácia posicional dos produtos cartográficos foi avaliada por meio da comparação entre coordenadas extraídas dos ortomosaicos gerados nos softwares DTM e Metashape e pontos de checagem coletados em campo, utilizando o software gratuito GeoPEC (GEOPEC, 2025). Esse procedimento foi aplicado de forma idêntica aos dois ortomosaicos obtidos, tanto ao produzido no Metashape quanto ao gerado no DTM/ODM, permitindo comparar diretamente o desempenho dos softwares na reprodução da posição real dos alvos medidos.

O software GeoPEC (GEOPEC, 2025) adota a normativa da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, que estabelece a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (CQDG) como referência para a avaliação da precisão posicional (DSG, 2016). Com base nesse procedimento, quantificou-se os erros posicionais e sua respectiva classificação quanto à adequação ao uso pretendido (Santos *et al.*, 2016).

### 2.2.7 Comparação da Qualidade do Processamento

Nesta etapa, após o controle de qualidade e a obtenção dos resultados, foi realizada uma análise comparativa dos produtos gerados em dois ambientes de processamento: o software comercial Agisoft Metashape e o software livre OpenDroneMap (ODM), acessado via DTM. A comparação considerou critérios técnicos e de qualidade do produto final, incluindo: área coberta, resolução do ortomosaico (GSD), tempo de processamento, densidade da nuvem de pontos, erro médio de reprojeção, RMS do GPS, interface, requisitos computacionais e qualidade visual.

A avaliação visual dos ortomosaicos foi feita a partir de uma grade regular criada no QGIS 3.38 (QGIS Development Team, 2024) com células de  $70 \times 70$  m. Utilizou-se a ferramenta Random Selection do plugin MMQGIS para escolher aleatoriamente três células, que serviram como base de comparação entre os ortomosaicos processados no DTM e no Metashape, observados em escala fixa de 1:200. Essa etapa permitiu verificar diferenças de nitidez, distorções e a representação de elementos urbanos e naturais.

Por fim, analisaram-se as vantagens e limitações de cada software, com foco em avaliar a potencialidade da plataforma DTM no processamento fotogramétrico.

### 2.2.8 Comparação da Qualidade do Processamento

Para promover o acesso aberto aos dados gerados, os produtos cartográficos foram disponibilizados na plataforma OpenAerialMap (Humanitarian OpenStreetMap Team, 2025). A utilização dessa ferramenta tem mostrado impacto significativo nas práticas de edição e atualização de dados em projetos como o OpenStreetMap (OpenStreetMap Contributors, 2026), contribuindo para a democratização do acesso à informação geoespacial e fortalecendo iniciativas de mapeamento comunitário (Mandourah e Hochmair, 2024).

## 3. Resultados e Discussões

### 3.1. Avaliação e Controle de Qualidade

Segundo a *Federal Geographic Data Committee - United States* (1998), para realizar a análise da acurácia posicional recomenda-se a utilização de no mínimo de 20 pontos de checagem, entretanto, por limitações operacionais, foram empregados apenas 6 pontos o que possibilitou estimar o Erro Médio Quadrático (EMQ) sobre os produtos gerados. O processo foi conduzido no software GeoPEC (GeoPEC, 2025), seguindo a metodologia de Santos et al. (2016) e limites estabelecidos pelo PEC-PCD (Decreto n.º 89.817/1984) para a escala 1:5.000.

No DTM, o EMQ obtido foi de 2,3958 m, valor compatível com a Classe C ( $EP \leq 2,5$  m), classificando o produto como acurado dentro dos requisitos dessa categoria. Esse resultado indica que, apesar de atender aos padrões normativos, o DTM apresenta maior dispersão nas discrepâncias quando comparado ao ortomosaico.

Para o ortomosaico gerado no Metashape, utilizando configuração de processamento média, o EMQ total encontrado foi de 1,2255 m, atendendo ao limite da Classe B ( $EP \leq 1,5$  m). Esse desempenho demonstra maior precisão posicional, evidenciando menor variação nas discrepâncias absolutas dos pontos avaliados.

A comparação direta entre os produtos revelou que o ortomosaico do Metashape apresentou melhor acurácia posicional, sendo enquadrado na Classe B, enquanto o DTM, embora com qualidade inferior, permanece dentro dos parâmetros aceitáveis da Classe C. Assim, ambos os produtos são considerados acurados, mas o ortomosaico do Metashape se destaca por fornecer a melhor precisão entre os dados analisados.

### 3.2. Comparação Técnica dos Ortomosaicos

Os principais resultados obtidos nos dois ambientes de processamento estão organizados na QUADRO 1, permitindo uma comparação direta entre os desempenhos do Metashape e do Drone Tasking Manager nas etapas de geração dos produtos cartográficos.

*Quadro 1 – Resultado dos Processamentos Fotogramétricos*

<b>Critério</b>	<b>DTM</b>	<b>Metashape Baixo</b>	<b>Metashape Médio</b>	<b>Metashape Alto</b>
Área coberta	0,2125 km <sup>2</sup>	0,267 km <sup>2</sup>	0,271 km <sup>2</sup>	0,267 km <sup>2</sup>
GSD	2,3 cm/pixel	2,16 cm/pixel	2,18 cm/pixel	2,18 cm/pixel
Tempo total de processamento	1h 02m	17m	1h 45m	3h 03m
Nuvem Pontos	15.876.047	12.227.165	52.189.861	212.632.898
Erro médio de reprojeção	1,66 pixel	2,78 px	1,72 px	1,27 px
Precisão RMS	1.25 m (X: 54,4cm / Y: 51,8cm / Z: 1.12m)	80,13 cm (X: 30,07 cm / Y: 23,99 cm / Z: 70,29 cm)	54,92 cm (X: 32,66 cm / Y: 27,24 cm / Z: 34,74 cm)	78,42 cm (X: 35,54 cm / Y: 28,35 cm / Z: 63,89 cm)
Interface	Web e acessível	Maior controle técnico	Maior controle técnico	Maior controle técnico
Requisitos computacionais	Executado via web/nuvem	Software local, 7,7 GB RAM, CPU i5, GPU integrada		

*Fonte: Os autores (2026).*

A análise comparativa mostra que o processamento realizado no DTM apresenta desempenho técnico próximo ao obtido no Metashape em sua configuração de qualidade Média, conforme evidenciado no Quadro 1. Entre os principais indicadores, destaca-se o número de pontos reconstruídos: o DTM gerou 15.876.047 pontos, valor superior ao da configuração Baixa do Metashape e representativo de um processamento consistente, embora inferior aos 52.189.861 pontos da configuração Média.

A resolução espacial alcançada pelo DTM (2,3 cm/pixel) também se aproxima dos valores obtidos no Metashape Médio e Alto (2,18 cm/pixel), indicando capacidade de gerar ortomosaicos com elevado nível de detalhamento. Em termos de consistência geométrica, o DTM apresentou erro médio de reprojeção de 1,66 px, ligeiramente inferior ao do Metashape Médio (1,72 px), evidenciando estabilidade no ajuste fotogramétrico.

O tempo de processamento é outro diferencial, com o DTM concluindo o fluxo completo em 1h 02min, demonstrando boa eficiência operacional.

Assim, os resultados indicam que o DTM entrega produtos comparáveis aos do Metashape na qualidade Média, conciliando desempenho técnico, acessibilidade e simplicidade de uso, além de se destacar pela maior eficiência em termos de tempo e requisitos computacionais.

### 3.3. Comparação Visual dos Ortomosaicos

A análise inicial dos ortomosaicos revela diferenças visuais entre os produtos gerados nas duas plataformas. O Metashape apresentou maior nitidez e melhor definição das feições urbanas, permitindo identificar com clareza telhados, vias e áreas vegetadas. Já o ortomosaico produzido pelo DTM/ODM mostrou bordas mais regulares e menor distorção geométrica, indicando um recorte mais consistente nas extremidades da área processada. Essas diferenças refletem a atuação distinta dos algoritmos de mosaico e ajuste fotogramétrico empregados por cada software, influenciando diretamente a aparência final do produto. A Figura 4 apresenta os ortomosaicos gerados pelo DTM/ODM (A) e pelo Metashape (B).



Figura 4 – Resultados (a) DTM (b) Metashape.  
Fonte: Os autores (2026).

Para aprofundar a análise visual comparativa entre os ortomosaicos gerados, foram selecionadas três áreas da imagem original com base em uma grade amostral construída previamente no QGIS (Figura 5). Foram escolhidas três células aleatoriamente e recortadas dos ortomosaicos produzidos tanto no Drone Tasking Manager (DTM) quanto no Metashape no modo médio do processamento e em escala fixa de 1:200.

A análise qualitativa dos ortomosaicos (Figura 6) demonstrou alta similaridade visual entre os produtos da plataforma web (DTM) e os do software proprietário. Identificaram-se apenas artefatos visuais pontuais no produto do DTM. Na

comparação (1) houve uma leve distorção em um muro, na comparação (2) foi observado uma leve distorção no limite de um imóvel e na comparação (3) foi observada a distorção em dois muros que representam o limite dos lotes.

Essas discrepâncias estão associadas ao deslocamento geométrico de elementos verticais, típico de ortofotos convencionais, no qual a posição aparente de feições elevadas depende do ângulo de aquisição das imagens e da geometria de reconstrução fotogramétrica. Nesse contexto, tais distorções não configuram necessariamente erros de processamento, mas limitações inerentes ao modelo de ortoretificação baseado em superfícies (DSM).

Ressalta-se que uma avaliação mais rigorosa da geometria dessas feições exigiria a utilização de true ortofotos, que incorporam modelagem tridimensional mais detalhada e algoritmos de tratamento de oclusões, permitindo a correta projeção de objetos verticais. Como esse tipo de processamento não foi adotado neste estudo, a análise visual deve ser interpretada dentro das limitações da ortofotografia convencional.

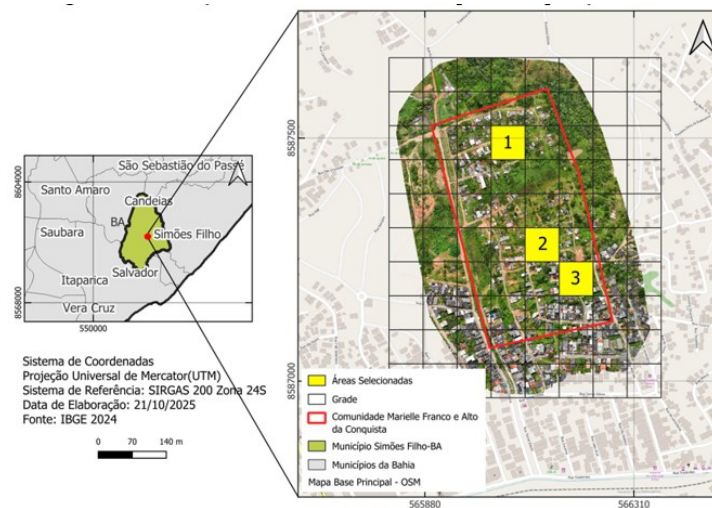


Figura 5 – Ilustração das Áreas Selecionadas para Comparação Visual  
 Fonte: Os autores (2026).

Tais resultados indicam que os produtos do DTM, apesar das distorções pontuais, mantêm a capacidade de representar fidedignamente os principais elementos da paisagem. Valida-se, assim, sua aplicação em iniciativas de mapeamento colaborativo e participativo, especialmente em contextos de acesso limitado a softwares proprietários.





Figura 6 – Comparação Visual dos Ortomosaicos (a) DTM (b) Metashape  
Fonte: Os autores (2026).

### 3.4. Vantagens e Limitações

O Drone Tasking Manager (DTM) destaca-se por operar inteiramente em ambiente web, dispensando hardware robusto e licenças proprietárias, o que amplia o acesso ao planejamento de voo e ao processamento fotogramétrico em uma plataforma gratuita e de baixo custo. Seu tempo de processamento mostrou-se competitivo em relação ao Metashape, mesmo em execução local, evidenciando boa eficiência operacional. O DTM alcançou resolução espacial de 2,3 cm/pixel, semelhante à do Metashape (2,18 cm/pixel), além de apresentar erro médio de reprojeção de 1,66 px, ligeiramente inferior ao do Metashape (1,72 px), indicando coerência geométrica satisfatória.

Durante os voos, o modo Waylines proporcionou maior estabilidade, adotando trajetórias contínuas e reduzindo a carga de dados no controle remoto, ao contrário do modo Waypoints, que apresentou travamentos em missões mais longas.

Entretanto, o DTM apresentou limitações quanto à precisão posicional, com RMS total de 1,25 m, superior ao valor obtido no Metashape (0,55 m). Essa diferença decorre da ausência de pontos de controle no processamento, restringindo seu uso em produtos que necessitam de certificação conforme a ET-CQDG. Além disso, o DTM oferece menor controle sobre parâmetros técnicos e produz ortomosaicos com leve perda de nitidez em comparação ao Metashape. Embora essa diferença não prejudique a interpretação visual, limita aplicações que exigem melhor acurácia posicional.

### 3.5. Publicação na Plataforma OpenAerialMap

A etapa final consistiu na disponibilização dos ortomosaicos na plataforma OpenAerialMap (OAM), com o objetivo de promover acesso aberto aos dados e fomentar o mapeamento colaborativo em comunidades vulneráveis. O processo envolveu o envio do ortomosaico e metadados essenciais (localização, data e informações do projeto), integrando o produto ao acervo público de imagens aéreas de alta resolução. Essa iniciativa reforça os princípios de democratização da informação geoespacial e amplia o alcance prático dos resultados, favorecendo sua aplicação em análises espaciais e projetos de base comunitária. O resultado pode ser acessado em: OpenAerialMap Browser

#### 4. Conclusão

Os resultados demonstram a viabilidade técnica da metodologia proposta, evidenciando que o Drone Tasking Manager (DTM), aliado ao OpenDroneMap (ODM), permite a geração de produtos cartográficos acurados e acessíveis mesmo em contextos de infraestrutura limitada. O ortomosaico obtido foi classificado na Classe C (escala 1:5.000) segundo o PEC-PCD (ET-CQDG), confirmando a adequação dos dados para aplicações de média precisão e validando o potencial do método para mapeamento colaborativo e planejamento territorial comunitário.

Embora o Metashape apresente melhor controle técnico e qualidade visual, sua dependência de hardware avançado e licenças pagas restringe o uso em contextos com limitações orçamentárias — justamente onde o ODM/DTM se mostra mais vantajoso, por democratizar o acesso à cartografia e promover autonomia territorial.

A precisão alcançada (Classe C, 1:5.000) é suficiente para diagnósticos urbanos, identificação de áreas de risco, planejamento local e ações emergenciais, consolidando o DTM como ferramenta eficiente para aplicações sociais e extensionistas. Para trabalhos futuros, recomenda-se:

- a) avaliar voos em altitudes reduzidas (50–70 m) para verificar o impacto na resolução e acurácia;
- b) testar a técnica de voo cruzado visando maior densidade de pontos e nitidez dos ortomosaicos, testando-se os resultados sobre true-ortofotos;
- c) incorporar pontos de controle em solo (GCPs), com o mínimo de 20 pontos e/ou buscar referências que tratem do número ótimo amostral para realizar a validação, de modo a investigar o potencial da metodologia em escalas maiores e classes superiores de precisão (A ou B), ampliando sua aplicabilidade em cadastros técnicos e georreferenciamentos oficiais;
- d) Extrair feições cartográfica e avaliar em comparação com a cartografia de referência na escala de 1:1.000 ou maior.
- e) Teste com outros programas abertos de fotogrametria que estejam disponíveis.

#### Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil). Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94: regras para aeronaves não tripuladas. Brasília: ANAC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/legislacao-e-normas>. Acesso em: 23 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Brasil). Homologação de equipamentos para uso de radiofrequência. Brasília: ANATEL, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/homologacao>. Acesso em: 23 jul. 2025.

ANAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial. Brasília: ANAC, 2022. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/verbos-portugueses/houvesse>. Acesso em: 23 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece normas para a execução de serviços cartográficos no território nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 21 jun. 1984. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D89817.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm). Acesso em: 6 jun. 2025.

BRASIL. Exército Brasileiro. Diretoria de Serviço Geográfico. Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais – CQDG. 1. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Serviço Geográfico, 2016. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~deni\\_ern/CD2020/A1/ET\\_CQDG\\_1a\\_edicao\\_2016.pdf](https://docs.ufpr.br/~deni_ern/CD2020/A1/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf). Acesso em: 20 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. Ministério das Cidades. Periferia Viva: urbanização de favelas. Brasília, DF: Ministério das Cidades, [2025]. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/novo-pac-selecoes/periferia-viva-urbanizacao-de-favelas>. Acesso em: 22 abr. 2025.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Geoinformação em urbanismo: cidade real, cidade virtual. Revista Eletrônica de Ciências Sociais – Civitas, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1–20, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/285864165>. Acesso em: 8 maio 2025.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (Brasil). SARPAS NG – Solicitação de Acesso ao Espaço Aéreo por RPAS. Brasília: DECEA, 2024. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/sarpas>. Acesso em: 23 jul. 2025.

DJI. DJI Air 3S: especificações técnicas. Shenzhen: DJI, 2025. Disponível em: <https://www.dji.com/br/air-3s/specs>. Acesso em: 6 jun. 2025.

DRONE TASKING MANAGER. Open-source drone coordination platform. [S. l.: s. n., 20--?]. Disponível em: <https://tasks.hotosm.org/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

DRONE TASKING MANAGER. Plataforma de coordenação de drones de código aberto. [S. l.: s. n., 20--?]. Disponível em: <https://dronetm.org/>. Acesso em: 14 jul. 2025.

FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (FGDC). Geospatial Positioning Accuracy Standards – Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA). Washington, DC: FGDC, 1998. Disponível em: [https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/index\\_html](https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/index_html). Acesso em: 2 abr. 2026.

GEOPEC. Software GeoPEC – Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais. [S. l.: s. n., 2025]. Disponível em: <http://www.geopec.com.br/>. Acesso em: 14 out. 2025.

GOMES, J. G.; PEDRASSOLI, J. C. Levantamento de características de moradias em favelas com o uso de drone: um experimento na comunidade do Alto das Pombas, Salvador/BA. *In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS – URBFAVELAS*, 3., 2018, Salvador. Anais [...]. Salvador: URBFAVELAS, 2018. p. 1–15. Disponível em: <https://www.sisgeenco.com.br/sistema/urbfavelas/anais2018a/ARQUIVOS/GT2-133-120-20180820145523.pdf>. Acesso em: 8 maio 2025.

HACKNEY, C.; CLAYTON, A. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and their application in geomorphic mapping. *In: Geomorphological Techniques*. [S. l.]: British Society for Geomorphology, 2015. cap. 2, seção 1.7. Disponível em: [https://www.geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom\\_tech\\_chapters/2.1.7\\_UAVs.pdf](https://www.geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom_tech_chapters/2.1.7_UAVs.pdf). Acesso em: 13 jun. 2025.

HARTWIG, M.; BOTTACIN, C. D.; GROHMANN, C. H. Avaliação do desempenho de software de processamento de imagens de RPA. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 20., 2023, Florianópolis. Anais [...]. São José dos Campos: INPE, 2023. p. 1–10. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr/sbsr-2023/trabalhos/avaliacao-do-desempenho-de-software-de-processamento-de-imagens-de-rpa>. Acesso em: 7 jun. 2025.

HUMANITARIAN OPENSTREETMAP TEAM. Humanitarian OpenStreetMap Team. [S. l.: s. n., 20--?]. Disponível em: <https://www.hotosm.org>. Acesso em: 14 jul. 2025.

IBGE. Malha Municipal Digital 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartografia/malhas-territoriais>. Acesso em: 2 abr. 2026.

LI, Q. *et al.* Tradição ou modernização? O dilema das comunidades indígenas chinesas. Revista Internacional de Estudos do Patrimônio, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 382–397, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/13527258.2023.2193818>.

MANDOURAH, A.; HOCHMAIR, H. H. Analysing the use of OpenAerialMap images for OpenStreetMap edits. *Geo-Spatial Information Science*, [S. l.], p. 1–16, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2024.2341747>. Acesso em: 8 maio 2025.

MAPBIOMAS. Brasil: áreas urbanas em regiões de risco crescem mais rápido que urbanização total entre 1985 e 2024. [S. l.]: MapBiomias Brasil, 2026. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2026/03/04/brasil-areas-urbanas-em-regioes-de-risco-crescem-mais-rapido-que-urbanizacao-total-entre-1985-e-2024/>. Acesso em: 1 abr. 2026.

NASCIMENTO, D. A.; LIMA, L. R. M. Regularização fundiária de interesse social em áreas urbanas: análise dos desafios no Brasil. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 22, n. 81, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/59427/34398/294732>. Acesso em: 8 maio 2025.

OLIVEIRA, G. M. de; CARVALHO, L. F. de; NERO, M. A. Georreferenciamento de imóveis rurais com ARP (aeronaves remotamente pilotadas): avaliação da aplicação da norma de execução nº 02 de 2018 e o manual técnico para georreferenciamento de imóveis rurais de 2022–2ª edição do INCRA. *Revista Brasileira de Geomática*, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 179-196, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v12n2.17954>. Acesso em: 8 jan. 2026.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 11: cidades e comunidades sustentáveis, meta 11.1. [S. l.]: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 23 abr. 2025.

OPENAERIALMAP. Open Aerial Map. [S. l.: s. n., 20--?]. Disponível em: <https://openaerialmap.org>. Acesso em: 14 jul. 2025.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>. [S. l.]: OSM, 2026. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em: 2 abr. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SIMÕES FILHO. Cidade. Simões Filho: Prefeitura Municipal, [2025]. Disponível em: <https://simoesfilho.ba.gov.br/cidade/>. Acesso em: 23 abr. 2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Versão 3.28. [S. l.]: Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 21 out. 2025.

QUINTANILHA, J. A. Cartografia participativa e o uso de tecnologias acessíveis para o mapeamento comunitário. *Revista Edugeo*, [S. l.], v. 16, n. 33, p. 156–177, 2021. Disponível em: <https://revistaedugeo.com.br/revistaedugeo/article/download/1052/565/3259>. Acesso em: 8 maio 2025.

RAMOS, M. P. *et al.* Inovação e controle de qualidade posicional em mapeamento cadastral rural: um estudo de caso. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 26, n. 107, p. 14–24, 2025. DOI: 10.14393/RCG2610775777. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/75777>. Acesso em: 8 jan. 2026.

ROLNIK, R. Os desafios do planejamento e gestão urbana integrada no Brasil. *URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba*, v. 7, n. 1, p. 7–18, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/CqXQ6PctwYQbfWYQJx8MWts/>. Acesso em: 8 maio 2025.

SALIM, D. H. C. *et al.* Unveiling Fernando de Noronha Island's photovoltaic potential with unmanned aerial survey and irradiation modeling. *Applied Energy*, [S. l.], v. 337, p. 120857, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120857>. Acesso em: 8 jan. 2026.

SANTIAGO & CINTRA. Trimble CenterPoint RTX. [S. l.]: Santiago & Cintra, [2025]. Disponível em: <https://santiagoocintra.com.br/produtos/centerpoint-rtx/>. Acesso em: 8 maio 2025.

SANTOS, A. P. dos *et al.* Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. *Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba*, v. 22, n. 4, p. 695–718, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702016000400003>. Acesso em: 6 jun. 2025.

SCHMIDT, M. A. R. *et al.* Aplicação do Método Ransac na Estabilização do Referencial da Câmara em Inspeções de Alta Precisão Utilizando o Método Correlação de Imagens Digitais: Application of The Ransac Method to Stabilize the Camera Referential In High-Precision Inspection Using the Digital Image Correlation Method. *Revista de Geociências do Nordeste*,

---

[S. l.], v. 11, n. 2, p. 241–253, 2025. DOI: 10.21680/2447-3359.2025v11n2ID40616. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/40616>. Acesso em: 8 jan. 2026.

SILVA, L. S. *et al.* Fotogrametria com imagens adquiridas com drones: do plano de voo ao modelo 3D. 1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2021. 150 p. Disponível em: [link suspeito removido]. Acesso em: 22 abr. 2025.

SILVA, R. S.; OLIVEIRA, M. A. O processo de urbanização e ocupação urbana e seus impactos. Observatório Latino-Americano, [S. l.], v. 6, n. 12, p. 22–36, 2022. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/download/3281/2316/8335>. Acesso em: 8 maio 2025.

SIMÕES, D. P. *et al.* Métodos de planejamento de rotas para RPAs: uma revisão da literatura. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 74, n. 2, p. 338–357, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv74n2-60138>. Acesso em: 7 jun. 2025.

SOARES, C. S.; SANTOS, R. A.; COSTA, J. P. Aplicação de drones de baixo custo no monitoramento territorial em áreas vulneráveis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2022, [S. l.]. Anais [...]. [S. l.]: Realize, 2022. p. 1–12. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV206\\_MD4\\_ID1258\\_TB305\\_14102024182945.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/sbgfa/2024/TRABALHO_COMPLETO_EV206_MD4_ID1258_TB305_14102024182945.pdf). Acesso em: 8 maio 2025.

STEELE, M. MMQGIS: a collection of QGIS vector layer plugins. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://michaelminn.com/linux/mmqgis/>. Acesso em: 21 out. 2025.

TEH, M. H. *et al.* Drone-based human motion capture: A review. Intelligent Sports and Health, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 24–38, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ish.2025.12.002>. Acesso em: 8 jan. 2026.

TRIMBLE. Trimble DA2 GNSS Receiver. [S. l.]: Trimble, [2025]. Disponível em: <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-da2>. Acesso em: 6 jun. 2025.

TZIAVOU, O.; PYTHAROULI, S.; SOUTER, J. Technical note: Unmanned Aerial Vehicle (UAV) based mapping in engineering geological surveys: considerations for optimum results. Engineering Geology, [S. l.], v. 232, p. 80–89, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.11.004>.

VIRGENS, M. N. R. *et al.* Cartographic resources for equitable university-community interaction in slum areas. Urban Science, Basel, v. 8, n. 1, p. 20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/urbansci8010020>.