

Processamento de imagens de drone (VANT) com OpenDroneMap: estudo de caso para geração de mosaicos no Baixo Tocantins

João Pedro Diehl¹

¹Computação Aplicada – Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE)
São José dos Campos, SP – Brazil

joao.pedro@inpe.br

Abstract. *Although remote sensing via UAVs enables detailed mapping in complex urban areas, processing the collected data requires significant computational power. To address this challenge, this study evaluates the implementation of OpenDroneMap in a local Kubernetes cluster, aiming to measure the performance of distributed processing in generating high-resolution photogrammetric products. The methodology utilized 2350 images from a Mavic 3M sensor, corresponding to 470 capture points in the municipality of Cametá, Pará, comparing single-node processing with a workload shared between two nodes. Results demonstrate that the distributed architecture reduced processing time. The generated outputs include orthomosaics, Digital Surface Models (DSM), and multispectral compositions. These data facilitate the identification of critical urban features, such as waste deposits and uncovered water tanks, thereby enabling the mapping of risk landscapes associated with arboviral diseases.*

Resumo. *Embora o sensoriamento remoto por VANTs viabilize o mapeamento detalhado em áreas urbanas complexas, o processamento dos dados coletados exige um alto custo computacional. Para contornar esse desafio, este trabalho avalia a implantação do OpenDroneMap em um cluster Kubernetes local, visando mensurar o desempenho do processamento distribuído na geração de produtos fotogramétricos de alta resolução. A metodologia utilizou 2350 imagens do sensor Mavic 3M, referentes a 470 pontos de captura no município de Cametá (PA), comparando o processamento em nó único com a carga compartilhada entre dois nós. Os resultados demonstram que a arquitetura distribuída reduziu o tempo de processamento. Os produtos gerados incluem o ortomosaico, o Modelo Digital de Superfície (MDS) e composições multiespectrais. Estes dados otimizam a identificação de feições urbanas críticas, como depósitos de lixo e caixas d'água descobertas, tornando viável o mapeamento de paisagens de risco ligadas a arbovirose.*

1. Introdução

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como *drones*, para aquisição de dados em sensoriamento remoto tem crescido significativamente.

Nesse contexto, o projeto HARMONIZE¹, em colaboração com o LabDrones² tem gerado um volume expressivo de dados entre 2023 e 2025, utilizando o *Mavic 3 Multispectral* (3M) em áreas urbanas e periurbanas na Amazônia, especialmente nos municípios de Cametá e Mocajuba, com o objetivo de identificar paisagens de risco ligadas a arboviroses.

Entre os principais produtos utilizados para esses estudos estão os ortomosaicos e os Modelos Digitais de Superfície (MDS) gerados a partir dos levantamentos locais. Os ortomosaicos são imagens de alta resolução geometricamente corrigidas. Por sua vez, os MDS representam tridimensionalmente os dados de elevação do terreno [Patel et al. 2024]. A alta resolução desses produtos viabiliza a identificação de alvos como potenciais criadouros de mosquitos, entre outros elementos críticos. Além disso, o sensor multiespectral do *Mavic 3M* permite o cálculo de índices de vegetação (como o NDVI), fundamentais para identificar o acúmulo de biomassa ou umidade [Brandão et al. 2007], que são fatores de risco determinantes para a disseminação de doenças [Salvi et al. 2021], especialmente em áreas vulneráveis devido às mudanças climáticas (*hotspots*).

No entanto, o processamento desses dados demanda grande poder computacional, inviabilizando o uso de computadores pessoais. Desse modo, o projeto *OpenDroneMap* (ODM)³, por ser uma solução *open-source* e possibilitar arquitetura em *cluster*, surge como uma alternativa viável para processar grandes conjuntos de imagens, contornando as limitações de memória e o tempo de execução impostos pelo *hardware* convencional (nó único). Portanto, este trabalho apresenta dois objetivos centrais: implantar o ecossistema *OpenDroneMap* em um *cluster Kubernetes* para avaliar o desempenho do processamento distribuído e gerar produtos fotogramétricos consistentes e de alta resolução espacial.

2. OpenDroneMap

O ODM é uma ferramenta de código aberto voltada para o processamento de imagens de *drone* utilizando algoritmos fotogramétricos [Xaud and de Lima 2022]. Ele possibilita gerar diversos produtos fotogramétricos, como nuvens de pontos e ortomosaicos. [Vacca 2020] descreve o fluxo de processamento das imagens de *drone* conforme ilustrado na Figura 1 e apresentado a seguir:

Primeiramente, o sistema carrega o conjunto de dados, lê os metadados das imagens e extrai as coordenadas de GPS. Em seguida, o algoritmo *Structure from Motion* (SfM) estima os pontos tridimensionais a partir da sobreposição sequencial das imagens capturadas, gerando uma nuvem de pontos esparsa. Na sequência, o método *Multi-View Stereo* (MVS) analisa múltiplos pares de imagens sobrepostas para gerar a nuvem de pontos de alta densidade, resultando na criação de malhas texturizadas (*meshes*). Posteriormente, a etapa de georreferenciamento projeta a cena em coordenadas globais a partir

¹O projeto HARMONIZE, liderado pela pesquisadora Rachel Lowe e financiado pelo Wellcome Trust, conta com o apoio de instituições de pesquisa, saúde e ensino da América Latina e do Caribe. O objetivo do projeto é desenvolver soluções acessíveis e reproduzíveis (toolkits) que integrem dados de observação da Terra, climáticos, ambientais, socioeconômicos e de saúde para prever a transmissão de doenças em hotspots de mudanças climáticas. Mais informações estão disponíveis em: <https://www.harmonize-tools.org>.

²O LabDrones é um laboratório do INPE especializado em sensoriamento remoto com VANTs. Atua na coleta de dados de alta resolução e no monitoramento socioambiental, com ênfase em projetos que integram riscos climáticos e saúde, como o HARMONIZE.

³<https://opendronemap.org/>

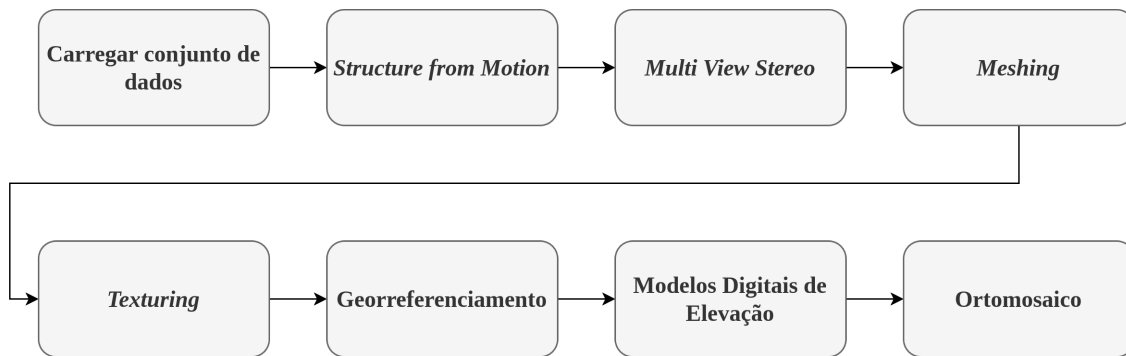


Figura 1. Fluxo de processamento com ODM.

do GPS embarcado ou pontos de controle em terra (GCP). Com a nuvem georreferenciada, aplicam-se interpolações para gerar os modelos digitais de elevação (MDS e MDT). Por fim, o ortomosaico é gerado por meio da projeção ortogonal da malha tridimensional.

2.1. WebODM

O WebODM⁴ é uma aplicação *web* para o ODM que facilita a criação dos fluxos de processamento por meio de uma interface gráfica e possibilita a visualização dos produtos fotogramétricos gerados diretamente no navegador *web*. Como demonstrado na Figura 2, é possível sobrepor ortomosaicos e modelos digitais de elevação em diversos mapas base como *Google Maps*, *ESRI Satellite* e *OpenStreetMap*. Além disso, também é possível visualizar nuvens de pontos 3D e calcular índices de vegetação.



Figura 2. Interface do WebODM.

⁴<https://webodm.org/>

3. Materiais e Métodos

3.1. Aquisição dos Dados

O levantamento aéreo utilizou o *drone Mavic 3 Multispectral*, que combina uma câmera RGB com uma câmera multiespectral. Dessa forma, a cada ponto de captura, são geradas cinco imagens simultâneas, sendo uma imagem em cores (RGB) de alta resolução e quatro imagens multiespectrais individuais: Verde (*Green*), Vermelho (*Red*), Borda do Vermelho (*Red Edge*) e Infravermelho Próximo (NIR).

Os dados de estudo foram cedidos pela equipe do HARMONIZE/LabDrones. O conjunto de dados totalizou 470 pontos de captura, cobrindo uma área de aproximadamente 74 hectares no município de Cametá, no estado do Pará. Essa amostragem resultou em 2350 imagens de entrada para o processamento.

3.2. Infraestrutura Computacional

Um *cluster Kubernetes* composto por três nós realizou o processamento dos dados. O nó com menor capacidade de processamento foi configurado para atuar no controle e gerenciamento do *cluster*, enquanto os outros dois, equipados com 16 núcleos de CPU e 64 GB de memória RAM cada, foram configurados como de nós processamento.

Como o ecossistema WebODM não possui suporte para implantação nativa em *Kubernetes*, foi desenvolvido um conjunto de arquivos manifesto para estruturar as instâncias e os serviços do WebODM, ClusterODM⁵ e NodeODM⁶. Essa configuração viabilizou a implantação de um *cluster* ODM em *Kubernetes*.

3.3. Configuração dos Testes

O processamento no WebODM gerou os ortomosaicos e os Modelos Digitais de Elevação (MDS e MDT). A etapa de renderização utilizou tanto as bandas espectrais individuais quanto a imagem RGB de forma integrada.

A avaliação do desempenho focou no tempo de processamento das 2350 imagens. Realizaram-se dois testes comparativos: o primeiro cenário utilizou apenas um nó de processamento, enquanto o segundo cenário dividiu a carga de trabalho entre os dois nós de processamento de forma simultânea. Então, mediu-se o tempo total de processamento em ambas as configurações.

4. Resultados e Discussões

O processamento no WebODM gerou o ortomosaico e o Modelo Digital de Superfície (MDS). A partir da banda do infravermelho próximo (NIR), gerou-se uma composição NIR-R-G no QGIS para destacar as áreas de vegetação. A Figura 3 apresenta esses três produtos.

O ortomosaico apresentou alta resolução espacial, viabilizando a fotointerpretação direta de elementos urbanos críticos. Foram identificadas caixas d'água destampadas e depósitos de lixo exposto (Figura 4), que são potenciais criadouros de mosquitos transmissores de arboviroses [Diniz and Medeiros 2018].

⁵<https://opendronemap.org/clusterodm/>

⁶<https://opendronemap.org/nodeodm/>

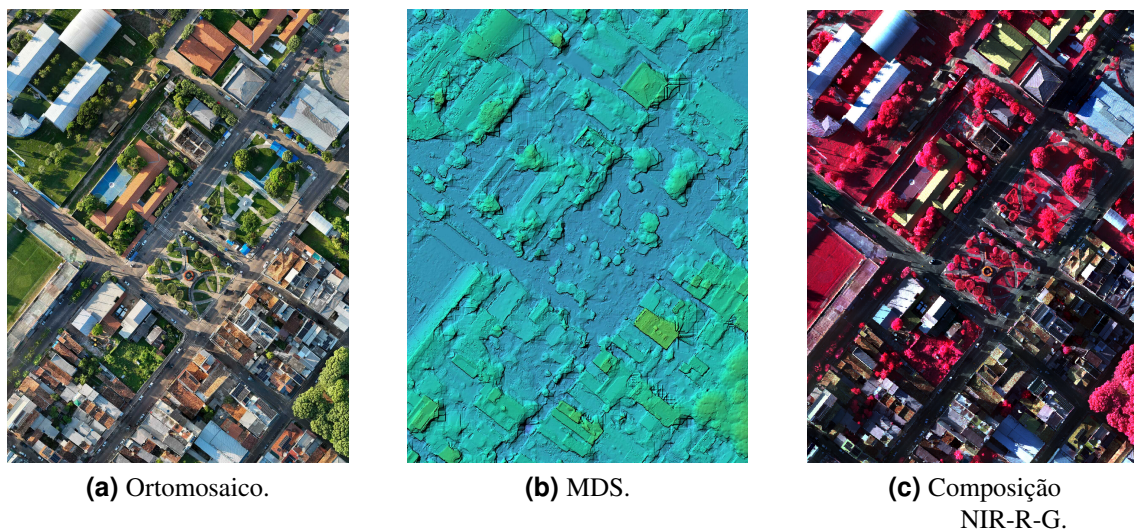


Figura 3. Produtos gerados com WebODM.



Figura 4. Potenciais criadouros de mosquitos transmissores de arboviroses.

A eficiência do processamento distribuído foi avaliada em dois cenários: o primeiro utilizou apenas um nó do *cluster*, enquanto o segundo dividiu a tarefa simultaneamente entre os dois nós do *Kubernetes*. O conjunto de teste contou com 2350 imagens obtidas em um único voo.

O processamento em nó único demandou 105 minutos. Com a inserção do segundo nó, o tempo caiu para 70 minutos. Essa distribuição de tarefas resultou em uma redução de aproximadamente 33% no tempo total de execução.

Apesar de o volume de dados ser pequeno, a arquitetura em *cluster* provou sua viabilidade técnica. O ganho de velocidade valida o uso do *WebODM* implantado em *Kubernetes*. Contudo, o tamanho do conjunto de dados (2350 imagens) limitou o estresse físico do hardware. Testes futuros são necessários para mensurar a escalabilidade real do *cluster*.

5. Conclusões

A implementação do *OpenDroneMap* em um *cluster Kubernetes* demonstrou ser uma estratégia eficaz para otimizar o processamento de grandes conjuntos de imagens de VANT.

Além da redução no tempo de processamento em comparação ao método convencional, a arquitetura distribuída mostrou-se escalável e robusta.

Como limitação, o teste prático utilizou um único voo com 470 pontos de captura (2350 imagens), distribuído em no máximo dois nós. Essa escala foi suficiente para validar o *cluster* e obter os produtos. No entanto, devido ao volume de dados reduzido, não foi possível mapear os gargalos que surgem apenas em grandes projetos com milhares de imagens.

Referências

- Brandão, Z. N., Bezerra, M. V. C., and SILVA, B. d. (2007). Uso do ndvi para determinação da biomassa na chapada do araripe. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13:75–81.
- Diniz, M. and Medeiros, J. (2018). Mapping of breeding sites of aedes aegypti in caicó/rn city with use of unmanned aerial vehicle. *Revista GeoNordeste*, 2:196–207.
- Patel, S., Chintanadilok, J., Hall-Scharf, B., Zhuang, Y., Strickland, J., and Singh, A. (2024). WebODM: An Open-Source Alternative to Commercial Image Stitching Software for Uncrewed Aerial Systems: AE593, 2/2024. *EDIS*, 2024(1).
- Salvi, F. I., Busato, M. A., Júnior, W. A. R., Korb, A., and Lutinski, J. A. (2021). Fatores ambientais e climáticos associados à ocorrência de aedes aegypti. *Research, Society and Development*, 10(9):e56410918544–e56410918544.
- Vacca, G. (2020). WEB Open Drone Map (WebODM) a Software Open Source to Photogrammetry Process. In *Fig Working Week 2020. Smart surveyors for land and water management*.
- Xaud, F. A. R. and de Lima, R. B. (2022). WebODM para o Processamento de Imagens Aéreas Obtidas por Drone em uma Área Rural: como alternativa aos softwares proprietários. In *GEOINFO*.