



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Possibilidades e desafios no uso de drone para mapeamento de comunidades tradicionais na Amazônia

José Diego Gobbo Alves

Doutorando em Ambiente e Sociedade pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

E-mail: jdgobboalves@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4185-1579>

Artigo recebido em 23/03/2023 e aceito em 30/06/2023

RESUMO

Neste artigo, analisamos a utilização de um drone de pequeno porte e baixo custo (DJI Mavic Mini 2), descrevendo seu desempenho, vantagens e os principais desafios enfrentados na coleta de imagens em campo de comunidades tradicionais na Amazônia brasileira, assim como no processamento dos dados em laboratório para o mapeamento. A análise é baseada em uma experiência de trabalho de campo no baixo curso do rio Negro, onde foram mapeadas 32 comunidades tradicionais. Os resultados obtidos indicam que, embora o equipamento seja a porta de entrada para o uso de drones em mapeamentos, apresenta vantagens em relação a outros equipamentos, como menor custo, menor burocracia institucional para a realização de voos, facilidade de manuseio, manutenção e transporte. Quanto aos desafios enfrentados em campo, destacam-se questões logísticas, disponibilidade de infraestrutura, condições ambientais e manuseio do equipamento em um contexto amazônico. No laboratório, é necessário adaptar computadores (hardware e software) para o processamento das imagens, além de enfrentar problemas na sobreposição de objetos homogêneos, como florestas e rios, e na classificação dos ortomosaicos gerados, demandando etapas de reclassificação. Com o intuito de contribuir para pesquisas futuras que utilizem instrumentos semelhantes para capturar imagens de alta resolução, este artigo visa estimular pesquisadores (as) interessados (as) em trabalhar com mapeamento por meio de drones a refletirem sobre estratégias e possibilidades na realização de mapeamentos com equipamentos de pequeno porte e baixo custo.

Palavras-Chaves: Aeronaves Remotamente Pilotadas. Drone. Amazônia. Comunidades Tradicionais.

Possibilities and challenges in the use of drone to map traditional communities in the Amazon rainforest

ABSTRACT

In this article, we analyze the use of a small-sized and low cost drone (DJI Mavic Mini 2), describing its performance, advantages, and the main challenges faced in collecting field images of traditional communities in the Brazilian Amazon, as well as in processing the data in the laboratory for mapping purposes. The analysis is based on a fieldwork experience in the lower course of the Rio Negro, where 32 traditional communities have been mapped. The results indicate that although the equipment serves as an entry point for drone-based mapping, it offers advantages over other devices, such as lower cost, less institutional bureaucracy for flight operations, ease of handling, maintenance, and transportation. Logistical issues, availability of infrastructure, environmental conditions, and equipment handling in an Amazonian context stand out as a challenge during data collecting. In the laboratory, there is a need to adapt computers (hardware and software) for image processing, as well as to address issues related to the overlapping of homogeneous objects, such as forests and rivers, and the classification of generated orthomosaics, requiring reclassification steps. Aiming to contribute to future research that will use similar instruments for capturing high-resolution images, this article encourages researchers interested in drone mapping to reflect on strategies and possibilities when conducting mappings with small-sized and low-cost equipment.

Keywords: Remotely Piloted Aircraft. Drone. Amazon. Traditional Communities.

Introdução

As Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), um tipo de modelo de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também popularmente

conhecidas como drones, paulatinamente ganham espaço no campo acadêmico pela sua capacidade de captação de dados espaciais em alta resolução,

com um custo significativamente inferior ao do sensoriamento remoto tradicionalmente utilizado (satélites, balões e aviões de pequeno porte). Inicialmente voltado para fins militares, o uso de drones se popularizou atingindo diferentes públicos e usos, tais como o de recreação, científico, econômico, segurança, monitoramento, além do tradicional uso militar (Simões et al., 2019). Esses equipamentos caracterizam-se por serem motorizados, controlados de forma remota e podendo ser autônomos ou semiautônomos (Rosalen e Amazonas, 2019).

No Brasil, há um conjunto de dispositivos legais responsáveis por regular e regulamentar o uso de VANTs em atividades civis, das quais estão incluídas as atividades de pesquisa científica. As regras variam desde o registro da aeronave na Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), até a necessidade de solicitação e registro para a realização de voos, a depender da tipologia do equipamento (ANAC, 2022). Há uma série de requisitos mínimos a serem cumpridos e que são necessários para evitar os riscos de acidentes, com consequentes danos materiais (econômicos) e de saúde (referente à vida das pessoas).

Em um levantamento bibliográfico realizado na plataforma Web Of Science, utilizando o termo “unmanned aerial vehicle” (em português Veículos Aéreos Não Tripulados), foram encontradas 15.441 publicações sobre o tema entre 2021 e 2023. A maioria dos artigos são da área de Engenharia Eletrônica (5.458 artigos, o que representa 35,34% do total), seguido pela área de Telecomunicações (3.592 artigos, 23,26%) e Ciências da Computação (2.538 artigos, 16,43% do total). Há uma concentração de artigos nas áreas de tecnologias (construção, programação e teste) se comparado com os outros temas. Na área das Ciências Ambientais foram encontrados 1.504 artigos (9,74% do total), nessa categoria destacam-se os estudos voltados para o aprimoramento da produção agrícola (Delavarpour et al., 2021). Os textos que tratam da cobertura florestal focam na classificação de espécies arbóreas (Chen, 2023; Huang et al., 2023).

Ainda na área ambiental em geral, despontam os estudos em zonas costeiras (Macedo et al., 2023), cobertura florestal (Guimarães et al., 2020; Karila et al., 2022), aperfeiçoamento de área agricultáveis (Cassemiro e Pinto, 2014; Jorge e Inamasu, 2014; Rejeb et al., 2022), geomorfologia (Gaffey e Bhardwaj, 2020) e monitoramento ambiental (Longhitano, 2010; Morelli et al., 2019). Contudo, o uso em outras áreas vem crescendo:

Valkenburgh et al. (2020), realizam um mapeamento com drone para a identificação de sítios arqueológicos de alta altitude na região de Chachapoyas, na Amazônia peruana. Já Carrasco-Escobar et al. (2019), demonstraram a possibilidade de identificação de possíveis vetores de malária a partir do processamento de imagens captadas por drones.

Buscando artigos específicos sobre uso de drone na Amazônia, utilizando os termos “unmanned aerial vehicle” e “Amazon” ainda na plataforma Web Of Science foram encontrados apenas 8 artigos nos últimos três anos. Quando utilizados os termos “Drone” e “Amazon”, são elencados 30 artigos. Na plataforma Scielo, que traz artigos mais focados na América do Sul, nenhum artigo foi encontrado utilizando os termos “Veículos Aéreos Não Tripulados” e “Amazônia” ou “Drone” e “Amazônia”. Os principais temas encontrados nos artigos estão relacionados à restauração florestal e análise de espécies arbóreas (Moura et al., 2021; Albuquerque et al., 2022). De modo geral, esses resultados demonstram que há uma importante lacuna na bibliografia quanto ao uso de drone para a análise da ocupação humana na Amazônia, sobretudo de artigos de orientação metodológica, tema ao qual este texto se ambiciona.

No âmbito institucional, surgiram nos últimos anos iniciativas voltadas para a conservação da sociobiodiversidade em diferentes países. Na África do Sul, a Organização Não-Governamental World Wildlife Fund (WWF) em parceria com o governo local, realizou um monitoramento com drone em 2012, com vistas a reduzir as ações de caça à elefantes e rinocerontes (Duffy et al., 2020). No Brasil, o Serviço Florestal Brasileiro em 2018, realizou ações de monitoramento florestal, visando a fiscalização de madeiras extraídas legalmente, tendo uma redução significativa de tempo de trabalho (MMA, 2018). Na esfera governamental, o uso desses equipamentos está atrelado a iniciativas de monitoramento, gestão e controle do território, mesmo que não seja diretamente voltada para fins estritamente militares.

As vantagens na utilização de drones em comparação à outras formas de mapeamento consistem no seu baixo custo operacional, na possibilidade de coletar grande volume de dados em menos tempo, na sua capacidade de aperfeiçoamento do equipamento, hospedando novos sensores de acordo com o trabalho a ser realizado, na melhora do planejamento de coleta de dados em campo, com a captação de dados sob demanda e de acordo com as condições ambientais

e, na possibilidade de observação e avaliação da coleta em tempo real (Guimarães et al., 2020). Além disso, as imagens de satélite, bem como os grandes projetos de mapeamento de uso e cobertura da terra existentes no Brasil hoje, como o Projeto MapBiomas e o TerraClass, não conseguem representar de forma satisfatória as ocupações humanas (comunidades tradicionais e seus usos no entorno) em áreas com grande extensão de cobertura florestal, principalmente na Amazônia onde há um grande acúmulo de nuvens (Albuquerque et al., 2022). Além da melhor resolução espacial dos dados, o mapeamento com drone torna-se importante para representar espacialidades que escapam das lentes da imagem de satélite e das classificações, como as áreas de roçado, por exemplo. Em um contexto de áreas protegidas, o mapeamento das áreas ocupadas nas comunidades é útil para a elaboração de políticas públicas destinadas a melhorar a vida da população local. Portanto, para além do uso acadêmico, o uso de drones permite a elaboração de ações de gestão territorial, auxiliando na formulação de políticas públicas (Inguaggiato et al., 2022; Andrade et al., 2023).

Logo, o uso de drone permite um conjunto de dados que podem ser utilizados para diferentes fins. Ao captar imagens verticais em 90° e oblíquas (imagens da paisagem em diferentes ângulos), é possível construir um ortomosaico unindo várias imagens em uma única; Modelos Digital de Elevação (MDE) que permite identificar as características físicas de uma área (relevo, altura das residências, árvores e encostas) e a construção de um cenário em 3D da área mapeada. A depender do tipo de trabalho a ser realizado, faz-se necessário a captação de pontos de controle para validar as informações captadas pelas lentes do drone, facilitando também no seu geoprocessamento.

A miríade de possibilidades dos seus usos em mapeamentos de objetos geográficos, implica na reflexão sobre os desafios metodológicos existentes na realização da coleta de imagens, considerando que diversos estudos já foram realizados em contextos socioambientais tão distintos que exprimem condições e adversidades particulares. Abordar esses desafios prepara pesquisadores (as) iniciantes em mapeamento que estão interessados em utilizar esses equipamentos em suas pesquisas. Dessa forma, com base nas lacunas bibliográficas e nos temas identificados, este artigo busca responder às seguintes questões orientadoras: Quais são as possibilidades e os desafios relacionados ao mapeamento de áreas ocupadas na Amazônia (comunidades tradicionais)

utilizando drones? Seria viável realizar esse tipo de mapeamento com um equipamento de baixo custo?

Para tanto, neste artigo, discutimos sobre o uso de um drone de porte pequeno e de baixo custo (DJI Mavic Mini 2), suas vantagens e os principais desafios no mapeamento de comunidades tradicionais na Amazônia brasileira. Especificamente, partindo da experiência de mapeamento no baixo curso do rio Negro, versamos sobre as vantagens na utilização de um drone de porte pequeno e de baixo custo, bem como os desafios encontrados no processo de coleta de imagens em campo e no processamento desses dados em laboratório, com vistas a contribuir com outras pesquisas que utilizarão instrumento semelhante para capturar imagens de alta resolução. Em mapeamentos de uso e cobertura da terra, é comum o uso de drones com dimensões maiores e custos mais elevados, há equipamentos que o valor ultrapassa os R\$100.000. Dessa forma, o artigo discute sobre uma alternativa viável que atende de forma relativamente bem às demandas de mapeamento de áreas não muito extensas.

Além dessa introdução, inicialmente apresentamos o recorte territorial estudado, o equipamento utilizado, detalhamos sua operacionalização na etapa de mapeamento para a coleta de dados e as vantagens encontradas. Posteriormente, elencamos os principais desafios encontrados no trabalho de campo, considerando o contexto socioambiental amazônico para a realização da coleta de imagens. Também são destacados os desafios encontrados no processamento desses dados em laboratório, tendo em vista que o conjunto de dados gerados requer um equipamento mais bem preparado para processar essas informações e um software adequado para gerar a integração dessas imagens coletadas em ortomosaicos. Por fim, destacamos as principais conclusões e os próximos passos da pesquisa.

Material e métodos

Área de estudo

O recorte territorial estudado refere-se à 32 comunidades tradicionais localizadas em Unidades de Conservação (UC) no baixo rio Negro, estado do Amazonas (Figura 1). O baixo rio Negro é uma região estratégica para a conservação da cobertura florestal e dos povos tradicionais. É composta por UCs de diferentes categorias de uso dos recursos naturais e regras quanto à presença da população em seu interior. Localizada entre cidades

importantes da rede urbana do estado do Amazonas, como Manaus, Manacapuru, Iranduba e Novo Airão, a região possui um modelo de ocupação complexo, variando desde comunidades tradicionais até bairros e distritos que possuem um caráter efetivamente urbano (ALVES; PEREIRA, 2023). A pluralidade de formas de ocupação territorial influência nos modos de usos e cobertura

da terra, o que faz com que mapeamentos em alta resolução sejam necessários para captar usos e coberturas que escapam das lentes de satélites imageadores, como as roças, tipologia de espécies de plantas e, em alguns casos, graus de sucessão secundária da cobertura florestal

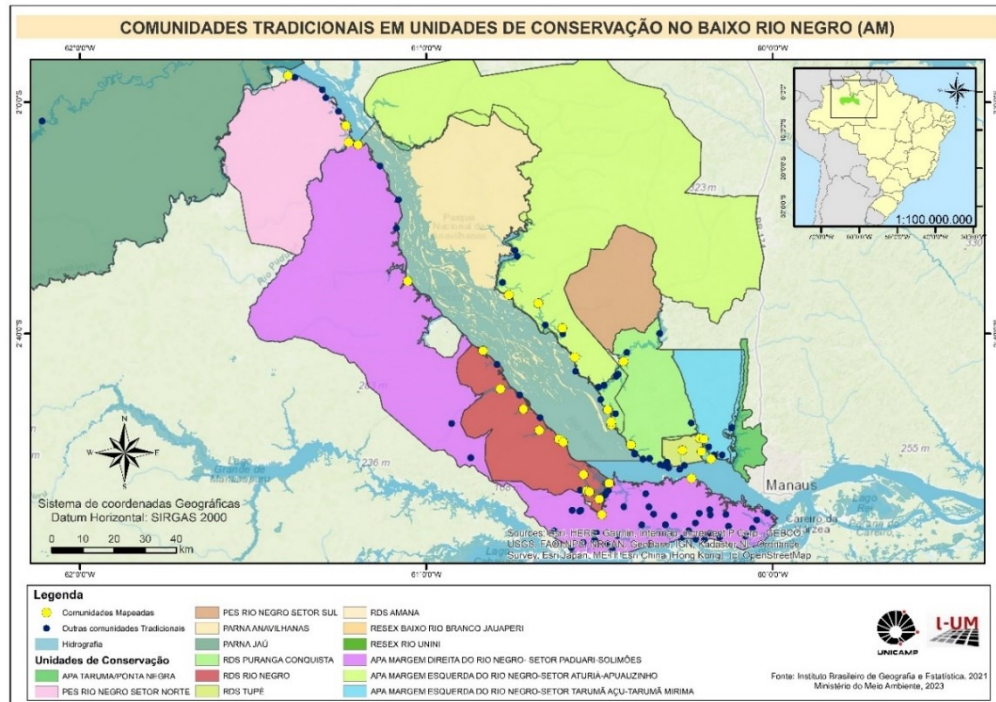


Figura 1. Comunidades tradicionais mapeadas no baixo rio Negro, estado do Amazonas. Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do clima, 2023.

Os trabalhos de campo foram realizados entre fevereiro e março de 2022, sendo parte do projeto de pesquisa “Populações tradicionais em áreas protegidas: dinâmicas socioambientais e gestão de Unidades de Conservação no Mosaico Baixo Rio Negro, no Amazonas”, cujo objetivo foi coletar dados por meio de surveys com vistas a caracterizar as condições de vida das populações tradicionais do Mosaico do Baixo Rio Negro. A geração de dados a partir do mapeamento com drone teve por objetivo captar a área de ocupação espacial de cada uma das comunidades, bem como o seu uso e cobertura da terra, principalmente, no entorno das comunidades tradicionais.

Equipamento utilizado

Para o mapeamento, foi utilizado o drone DJI Mavic Mini 2. O equipamento foi lançado em novembro de 2020 pela empresa Shenzhen DJI Sciences and Technologies Ltd. Pesando aproximadamente 249 gramas, possui um tempo

máximo de voo de 31 minutos, podendo atingir uma distância de até 10 km de transmissão de vídeo. Sendo um modelo de baixo custo (custando, aproximadamente, entre R\$5.000 e R\$6.000) (DJI, 2023), o drone se constitui como um modelo dotado das configurações mínimas necessárias para a realização de mapeamento de superfície (Figura 2).



Figura 2. DJI Mavic Mini 2 Fonte: DJI, 2023.

A velocidade de voo varia de acordo com as condições do tempo no dia do mapeamento. No geral, considerando um contexto próximo ao nível do mar e sem vento, a velocidade varia entre 16 m/s, 10 m/s e 6 m/s, a depender do modelo de voo adotado (DJI, 2023). A câmera do equipamento possui uma resolução de 12 MP, permitindo a captação da imagem entre as extensões 4000×3000 (4:3) e 4000×2250 (16:9) (Idem, 2023). Além de vídeos em 4K/30fps (frames por segundo), com o equipamento é possível captar imagens ortogonais (verticais) e oblíquas.

O modelo utilizado é composto por três baterias recarregáveis de 7,7 volts cada, um hub de carregamento bidirecional (acessório que além de ser um carregador da bateria, serve como uma fonte de energia móvel de carregamento), peças auxiliares para a realização da manutenção do equipamento, principalmente, das hélices e um cartão de memória.

Diferente de outros equipamentos da mesma empresa, o DJI Mini 2 não possibilita a realização de voos automatizados. A empresa fornece um aplicativo gratuito para ser instalado em smartphones ou tablets, mas que permite que o mapeamento seja realizado apenas de forma manual, com pilotagem não automatizada.

Recentemente, terceiras-partes incluíram o DJI Mini 2 em aplicativos comerciais de mapeamento, o que permitiu que o mesmo seja utilizado de forma mais automatizada, por meio de aplicativos como o DroneDeploy e o Litchi. Contudo, embora promissor para mapeamentos futuros, no momento da realização da atividade aqui apresentada, não foi possível utilizá-los pois ainda não estavam completamente compatíveis com o modelo de drone utilizado. Contudo, Anhai (2022) destaca que há um conjunto de dificuldades a serem enfrentadas na criação de uma rota de voo totalmente automatizada na qual consiga abarcar a complexidade espacial dos diferentes objetos geográficos.

Coleta de dados

O mapeamento das comunidades gerou um expressivo conjunto de dados importantes para o entendimento dos usos e cobertura da terra, principalmente, pelo nível de detalhamento (resolução espacial) que as imagens possuem. Foram mapeadas 32 comunidades ao longo dos trabalhos de campo nas UCs calha do rio Negro,

gerando três tipos de dados no campo: imagens ortogonais (verticais em ângulo de 90°), imagens oblíquas da paisagem e vídeos das comunidades. No total, foram realizados 81 voos que contabilizaram cerca de 23 horas e 30 km de distância percorrida. O saldo do trabalho de campo foi da ordem de 12 mil fotos registradas (verticais e oblíquas), 21 vídeos e 260 Gb de dados gerados.

Paralelo à aplicação de surveys com as lideranças comunitárias da região, a captura das imagens das comunidades ocorria após a aprovação da liderança de cada uma das comunidades, não tendo havido nenhuma recusa quanto ao mapeamento. A coleta era realizada durante o dia, sendo utilizada em média duas cargas de bateria por cada comunidade. Em comunidades maiores, foram necessárias três baterias para a coleta das imagens.

Cada imagem captada possui um conjunto de informações espaciais e metadados que possibilitam o seu uso para além da sua dimensão visual, permitindo o seu geoprocessamento para gerar um novo conjunto de dados e informações passíveis de serem analisadas cientificamente. As imagens possuem informações das coordenadas onde elas foram capturadas, isto é, possuem um conjunto de códigos únicos que possibilita a sua identificação espacial e a justaposição com outras imagens geocodificadas.

Adicionalmente, também concentram outras informações sobre o ângulo no qual foram captadas. Visando o geoprocessamento posterior foi priorizado o ângulo de 90° - e a altitude do drone no momento do registro da imagem em torno de 100 metros. A altitude é indicada nos manuais de mapeamento e está dentro do limite da legislação brasileira sobre plano de voo com drone (120 metros).

As imagens oblíquas foram captadas para: a) identificação geral do território, para o conhecimento de objetos geográficos que poderiam acarretar colisões (como árvores e antenas de sinal telefônico e de internet, por exemplo); b) identificar posteriormente os usos e cobertura da terra que estão além do limite do aglomerado principal das comunidades e c) para possíveis construção em 3D das comunidades, sobretudo quanto aos aspectos físicos, como o relevo e altura das árvores. Essa tipologia permite uma análise mais qualitativa e visual do território, podendo ser exploradas com vistas a caracterização geral da ocupação e dos usos e cobertura da terra (Figura 3).



Figura 3. Exemplo de imagem oblíqua captada (núcleo de moradias da comunidade do Julião – RDS Tupé) (a) e de imagem vertical captada (trecho na comunidade Colônia Central na RDS Tupé) (b). Acervo pessoal, 2022.

Enquanto as imagens oblíquas permitem uma visão mais ampla do território, as imagens ortogonais captam frações do território com maior riqueza de detalhe, o que implica na necessidade de um processamento posterior para justaposição de várias imagens que integram a área de uma comunidade em uma única imagem, resultando em um ortomosaico. Um ortomosaico consiste em um produto de geoprocessamento gerado a partir de um conjunto de imagens dotadas de coordenadas que são justapostas e sobrepostas a fim de formar uma imagem maior de uma área composta por partes menores, formando um mosaico de ortofotos

(Alves Junior et al., 2015; Torres e Patriota, 2020; Oliveira, 2021).

A Figura 3b é uma imagem em um ângulo de 90° da comunidade Colônia Central na RDS Tupé. Nela, é possível identificar elementos com maior precisão e riqueza de detalhes. Por exemplo, há um conjunto de moradias no quadrante norte da imagem, uma área de roçado no quadrante sul com áreas de florestas delimitando o quadrante sul-sudeste. Por fim, um ramal de estrada/energia elétrica no centro da imagem, delimitando o roçado (quadrante esquerdo) e um fragmento florestal (quadrante direito). Esta é uma das 450 imagens dessa comunidade geradas pelo drone e já

demonstra a pluralidade de usos da terra e objetos geográficos que compõem a paisagem da comunidade. Contudo, ela é insuficiente para demonstrar toda a pluralidade de objetos geográficos da comunidade, pois representa uma pequena fração do território, necessitando de um conjunto de outras imagens para uma interpretação mais completa dos processos espaciais que ali ocorrem.

A participação dos moradores no mapeamento com drone foi um importante momento de interlocução e trocas que culminou em um conhecimento mais aprofundado do território. Comumente, os moradores sinalizavam para objetos geográficos que são representativos para o seu cotidiano, como sua casa ou a de algum parente, o campo de futebol, a escola, o posto de saúde, o rio e o igarapé. Foram momentos em que o pesquisador e, principalmente, os moradores transitavam entre a escala do vivido e visto horizontalmente e a escala vertical captada pelas lentes do drone.

Em uma das comunidades visitadas, foi relatado por um grupo de moradores o desejo na obtenção de um drone para realizar o monitoramento dos lagos onde se realizam o manejo do pirarucu, um dos maiores peixes de água doce do mundo. Prática de manejo comum na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, a inserção de geotecnologias nas atividades produtivas tenderá a reconfigurar um conjunto de estratégias adotadas atualmente, trazendo maior rapidez no monitoramento das áreas de pesca e manutenção da segurança dos recursos produzidos.

Em síntese, a experiência com o uso de drone na realização do mapeamento de comunidades tradicionais na Amazônia pareceu ser bem promissora para pesquisadores (as) interessados na captação de imagens de drone para usos em diversos campos científicos. Destacam-se algumas vantagens a partir do equipamento utilizado; a primeira delas refere-se ao seu peso, drones com pesos inferiores à 250 gramas estão dispensados de vários requisitos exigidos pela ANAC e ANATEL, como, por exemplo, os voos serem autorizados pela ANAC sem a necessidade de solicitação prévia, sendo inteiramente de responsabilidade do piloto.

A segunda refere-se à facilidade de transporte do equipamento, por ser de dimensões pequenas, o transporte do drone para a realização do mapeamento fica facilitada, não necessitando de amplo espaço para armazenamento. A facilidade no manuseio e manutenção do equipamento também são vantagens a serem consideradas, a manutenção pode ser realizada pelo próprio piloto,

seguindo o manual de instruções disponível. Já para o manuseio, recomenda-se a realização de um treinamento prévio em um espaço amplo e ao ar livre, distante de um aglomerado de pessoas e infraestruturas, principalmente, prédios.

Por fim, como já ressaltado, o seu baixo custo, se comparado com outros equipamentos com função análoga, permite que sejam adquiridos por pesquisadores (as) em projetos de menor orçamento, além de que sua possibilidade de uso ultrapassa os limites institucionais de um projeto de pesquisa.

Para além da dimensão científica, instituições públicas responsáveis pela gestão de áreas protegidas e moradores das comunidades tradicionais, também podem se valer da ferramenta para monitoramento espacial, criando um material com alto nível de detalhamento, possibilitando melhor retratar as condições de vida das populações.

Geoprocessamento das imagens

Após a coleta das imagens em campo, utilizou-se o software ArcGIS Pro para criar os ortomosaicos de cada uma das comunidades e realizar a classificação do uso e cobertura da terra. Inicialmente, foi necessário filtrar as imagens a serem utilizadas para a confecção dos ortomosaicos. Esse filtro consiste na eliminação de imagens repetidas, de menor nitidez e de ângulos oblíquos, priorizando aquelas capturadas verticalmente a 90°. Essa seleção contribui para a criação de ortomosaicos mais precisos, com menos ruídos e distorções.

No software, foi criado um ambiente de trabalho (workspace) para realizar o geoprocessamento das imagens. Após a inserção das imagens nesse workspace, o software identifica automaticamente o percurso realizado pelo drone no trabalho campo e a área coberta pelas imagens, permitindo uma primeira visualização dos limites espaciais do mapeamento (footprints) e a sobreposição das imagens.

Em seguida, foi realizada a calibração das imagens com alta acurácia, garantindo o alinhamento preciso das mesmas. A escolha da acurácia (que pode variar de baixa a alta) influencia no tempo de processamento e depende das especificações de hardware do computador utilizado. Por fim, para gerar os ortomosaicos, utilizou-se a ferramenta "Orthomosaic" com uma sobreposição mínima de 60% entre as imagens. Esse valor pode ser ajustado de acordo com o plano de voo estabelecido, sendo recomendado que a sobreposição entre duas imagens seja de, no mínimo, 50%. Devido ao número de imagens, o

tempo de criação de cada ortomosaico foi de cerca de duas a três horas.

Ainda no software ArcGIS Pro, cada ortomosaico gerado foi classificado com o objetivo de identificar os usos e cobertura da terra. Inicialmente, foram estabelecidas quatro classes: Vegetação, Solo Exposto, Domicílios e Infraestruturas, e Água. Utilizou-se a ferramenta "Gerenciador de Amostra de Treinamento", presente nas "Ferramentas de Classificação", para extrair amostras representativas de cada classe estabelecida. Essas amostras consistem na seleção de exemplos que representam cada uma das classes, devendo possuir uma distribuição espacial abrangente na imagem e um número significativo de amostras, capturando diversos exemplos (Crósta, 1992; Pereira et al., 2023).

Para a classificação, utilizou-se a ferramenta "Classificar" e adotou-se a metodologia de Máxima Verossimilhança (Maximum Likelihood), com base nas amostras selecionadas. Essa abordagem consiste em calcular a probabilidade de um pixel pertencer a uma das classes pré-definidas, levando em consideração a média e a covariância das amostras selecionadas (Novo, 1992; Ribeiro, 2004; Moras Filho et al., 2017). Essa metodologia requer conhecimento prévio da área estudada para selecionar adequadamente as classes que representam cada uso e cobertura (Almeida, Santos e Chaves, 2011).

No total, ao findar das etapas, foram gerados 32 ortomosaicos e, respectivamente, equivalente número de classificação de uso e cobertura da terra. Cada uma das comunidades visitadas possui um ortomosaico e uma classificação.

Os resultados obtidos com a aplicação dessa metodologia e as implicações para a próxima etapa de classificação serão discutidos nos desafios apresentados a seguir.

Resultados e discussão

Desafios na coleta de dados

Os desafios encontrados em campo na coleta de dados se caracterizam por serem de ordem logística, infraestrutural, condições ambientais e manuseio do equipamento. Em trabalhos de campo na Amazônia, é comum que a equipe de pesquisa fique lotada em uma embarcação equipada com um sistema de geração de energia elétrica, composto por um motor alimentado à óleo diesel. Ao final do dia de trabalho, as baterias do drone eram carregadas para serem usados no dia seguinte, contudo, a estabilidade e o fornecimento de energia na

embarcação são menores se comparado com a energia elétrica fornecida por um sistema em rede, comumente presentes nas cidades. Essa instabilidade e menor potência acarretaram no carregamento mais lento das baterias, demandando mais horas. Adicionalmente, percebeu-se que mesmo sendo sinalizado que as baterias estavam completamente carregadas, o seu tempo de uso foi reduzido, se comparado com o tempo de uso após o carregamento convencional.

O tempo de voo e a disponibilidade de baterias (bem como o seu espaço de armazenamento de energia) em drones comerciais são desafios que devem ser considerados nos trabalhos de campo (Silva, 2022). No planejamento de campo, é ideal que esteja colocado a aquisição de baterias extras para garantir que todo o percurso previsto seja realizado, haja vista que cada bateria possui um tempo médio de carregamento de uma a duas horas.

No contexto amazônico, a questão do transporte do equipamento e o período do ano da coleta de imagens também influenciam na dinâmica do trabalho. Como o deslocamento é realizado predominantemente pelos rios e igarapés da região, é recomendado que se tenha uma bolsa de transporte resistente à água, para caso haja algum acidente com a embarcação, sobretudo àquelas de pequeno porte para deslocamentos mais rápidos. Além disso, as condições do clima influenciam no mapeamento. Como não é recomendado realizar um voo com precipitação ou com a presença de vento em alta velocidade, o mapeamento pode ficar comprometido em alguns dias ou em parte dos dias.

O período entre novembro e junho concentra as maiores chuvas na região, são os meses que compõem o inverno amazônico (Ávila et al, 2021). Comumente, a região amazônica é uma área de maior umidade e que concentra maior volume de nuvens, o que dificulta a captação de imagens por satélites imageadores. Há áreas na Amazônia em que é impossível obter imagens sem nenhuma presença de nuvem, mesmo que parcialmente (Camâra, Valeriano e Soares, 2006). Embora o uso de drone tende a atenuar significativamente esse problema, quando não há as condições climáticas mínimas necessárias para o mapeamento, também se torna impossível o seu uso.

Nas especificações técnicas do equipamento, é indicado a possibilidade de um plano de voo em até 10 km de distância do ponto de lançamento do drone. Contudo, no trabalho de campo só foi possível o mapeamento entre 1 km e 1,5 km a partir do ponto inicial. Apesar do

equipamento não necessitar de internet em sua operacionalização, ele necessita de um conjunto de satélites que cria a comunicação entre o equipamento e o smartphone. Como a presença de satélite nas comunidades tradicional é menor, se comparado com as áreas nas cidades, por exemplo, o equipamento não foi capaz de realizar viagens de longa distância sem que houvesse a perda de sinal.

A perda de sinal entre o equipamento e o smartphone foi constante e não só se fez presente no mapeamento das adjacências do núcleo central da comunidade. Em grande parte dos voos, logo no lançamento do equipamento já era sinalizado a baixa disponibilidade de satélites. Nos momentos em que o sinal de comunicação era perdido, era possível ativar o retorno automático do aparelho, contudo, observou-se que o drone não voltava exatamente do ponto de decolagem, o que poderia acarretar uma colisão em algum objeto como as residências, antenas, mas sobretudo em árvores.

Dadas as especificações do equipamento, a coleta foi realizada de forma manual, sem o auxílio de um croqui de voo, fundamental para voos que são realizados de forma automatizada (Simões et al., 2019). Um voo automatizado garante maior segurança no mapeamento e precisão nos dados coletados, evitando a sobreposição excessiva de imagens e promovendo um voo mais espacialmente organizado. Ainda assim, foi possível identificar o percurso realizado durante o mapeamento (Figura 5).

Devido às especificações do aplicativo de pilotagem que não permite a inserção de background com a área a ser mapeada e à falta de internet nas comunidades visitadas, em parte das comunidades foi possível a visualização apenas do percurso realizado, não sendo possível identificar outras áreas importantes a serem mapeadas (Figura 4a). A definição dos limites de mapeamento de cada área decorreu da sensibilidade do autor em estabelecer os parâmetros espaciais de mapeamento, de acordo com as especificidades da comunidade, o tempo de bateria disponível e as condições climáticas do local.

Já em uma área com acesso à internet (Figura 4b), foi possível identificar de forma mais precisa as áreas a serem mapeadas aliado à identificação do percurso, o que facilitou a tomada

de decisão no mapeamento, permitindo um melhor planejamento do plano de voo. Contudo, foram raras as situações em que havia internet disponível para a visualização do background com uma imagem de satélite, a comunidade apresentada na Figura 5b está localizada próxima à cidade de Manaus, o que permitiu a conexão à internet (4G).

Em locais com acesso à internet, é viável realizar a transmissão em tempo real da imagem captada pelo drone. Essa funcionalidade possibilita uma variedade de aplicações, desde atividades de monitoramento e segurança até iniciativas educacionais em escolas (Zardo, Reis e Webber, 2021). No contexto de pesquisas sobre mapeamento de uso e cobertura da terra em comunidades tradicionais, por exemplo, explorar a transmissão ao vivo junto aos moradores é uma atividade relevante para a elaboração de um mapeamento participativo, alinhado aos interesses da comunidade. Embora essa possibilidade tenha sido testada em ambientes urbanos, não foi possível replicá-la nas comunidades visitadas.

Os resultados demonstram a importância do treinamento para pilotagem no formato manual para lidar com as intempéries ocorridas nos trabalhos de campo, sobretudo em áreas sem acesso à internet e na Amazônia. Pois, mesmo que em alguns equipamentos haja a possibilidade de criação de rotas automatizadas de mapeamento, há um conjunto de elementos que escapam do planejamento e percurso de voo estabelecidos previamente (Anhaia, 2022).

Além disso, em possíveis mapeamentos realizados pelas instâncias públicas e moradores de uma comunidade, a intensidade desse problema se reduz. Com a experiência de mapeamento e uma maior frequência na realização, tende-se a atenuar algumas questões, tendo em vista que se pode estabelecer melhor os limites a serem mapeados, a área de interesse, relacionando com a periodicidade dos fenômenos ambientais que ocorrem na região. Portanto, para o monitoramento constante das atividades realizadas nas comunidades e em seu entorno próximo, o uso do drone ganha ainda mais potência. Em contexto de áreas protegidas, a fiscalização do território é fundamental para a manutenção da cobertura florestal, recuperação de áreas degradadas e proteção dos povos tradicionais (Oliveira, 2022; Ribeiro et al., 2023).

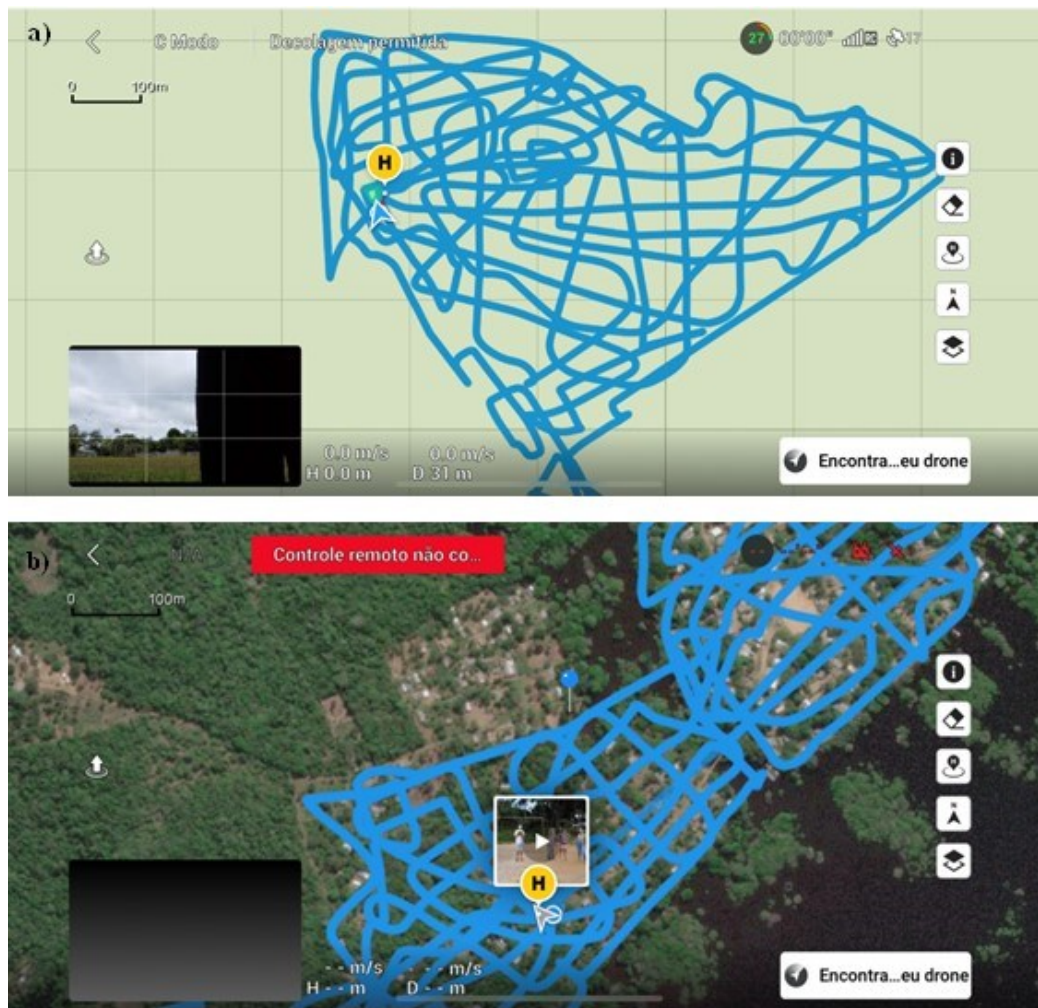


Figura 4. Percurso do drone no mapeamento das comunidades em uma área com e sem internet. Acervo pessoal, 2022

Desafios no processamento de dados

Finalizada a coleta de dados em campo, o trabalho em laboratório requereu uma máquina bem equipada para o processamento dos dados. Os principais desafios encontrados nessa etapa estão ligados às questões de hardware e software: configurações do computador desktop e a escolha e uso adequado do software.

Em relação às especificações técnicas do computador, observou-se que para o processamento dos dados, há uma série de requisitos mínimos de hardware que são necessários para a realização da tarefa.

Esses requisitos consistem em uma Memória RAM de, pelo menos, 16 GB, sendo o ideal algo em torno de 32 GB para funções mais básicas. Para operações mais complexas, alguns softwares, como o Agisoft Metashape, requerem mais de 128 GB de RAM. Cada software tem especificações mínimas de uso que são sugeridas pela empresa.

Adicionalmente, requer um SSD ou HD mais potente que permita um funcionamento mais rápido do software. Por fim, apesar de não ser necessário, é preferível que o equipamento possua uma placa de vídeo mais potente que também facilita no processamento dos dados. As especificações mínimas requeridas para um bom tratamento dos dados, geram um custo extra para a pesquisa, principalmente, para aquelas que são realizadas sem o auxílio de recursos financeiros de um grande projeto de pesquisa fomentado por uma instituição.

Além do custo de aprimoramento de hardware, quando necessário, há o custo do software para o processamento dos dados. Softwares como o Agisoft Metashape e o ArcGis Pro realizam o geoprocessamento da imagem, sendo o primeiro específico para essa atividade. Contudo, esses softwares possuem um custo para a obtenção da licença de uso. Uma alternativa gratuita é o Quantum Gis (QGIS) (Silva, 2017; Ribeiro et al., 2023). Para esse trabalho, foi

utilizado o ArcGis Pro da empresa Esri. A escolha se deveu pelo fato de a universidade ter uma parceria com a empresa e disponibilizar o uso para docentes, funcionários e discentes.

As especificações do hardware e do software escolhido implicam na qualidade do processamento dos dados e na geração de um ortomosaico. Foi observado que, paradoxalmente, o número de imagens de uma determinada cena – composta por um conjunto de objetos geográficos – pode ajudar ou atrapalhar o na geração de um ortomosaico. Se a área escolhida não tiver um número mínimo de imagens para a criação da sua totalidade (o número pode variar de acordo com a área estudada), não será possível a reprodução completa da área. Contudo, se houver um número exacerbado de imagens da área, também gerará problemas no processo de sobreposição das imagens, causando distorções e rupturas no ortomosaico.

Foi observado que alvos espacialmente homogêneos apresentam maiores erros na composição, tendo em vista que o software não consegue unir muito bem as imagens, para formar uma área homogênea. Em nossa área de estudo, observou-se que esses problemas ocorrem nas áreas com cobertura florestal e em corpos d'água.

Esses erros em áreas muito homogêneas tendem a ser atenuados no processo de classificação do uso e cobertura da terra, tendo em vista que esse processo gera uma homogeneização de objetos que pertencem à uma mesma categoria definida. Isto é, mesmo havendo um erro de sobreposição entre dois objetos de forma a delimitá-los corretamente, como duas ou mais árvores por exemplo, na classificação do uso e cobertura, toda a área será classificada como cobertura florestal ou vegetação, entre outras categorias que podem ser adotadas.

No geoprocessamento das imagens para caracterizar os usos e coberturas da terra, os testes

realizados apresentaram dificuldades na classificação, mesmo em áreas homogêneas. No SIG, utilizado uma classificação supervisionada e o método da Máxima Verossimilhança, foi constatado nos resultados ruídos salt and pepper (efeito “sal e pimenta”) (Pilz e Strobl, 2007; Vieira Junior, 2011; Dronova, 2015), predominando como a principal problema a ser enfrentado. O efeito consiste na presença pixels classificados em classe oposta em relação ao seu entorno, não condizente com o objeto representado (Figura 5).

No exemplo de uma classificação do uso e cobertura, observa-se a presença do efeito “sal e pimenta” nas áreas cobertas com floresta em que há a presença de um conjunto de pixels em vermelho com um entorno composto por pixels verdes representando a floresta. Nesse contexto, apesar da homogeneidade da cobertura florestal, há áreas composta por sombras e pequenas clareiras que acabam sendo classificadas como outros usos/cobertura. Uma das soluções para a redução desse efeito é uma segunda classificação da imagem de forma manual, ajustando os pixels que não correspondem ao objeto representado ou a aplicação de algoritmos que filtram esses pontos dispersos na imagem (Meneses e Almeida, 2012; Rodrigues, 2015; Tagliarini, 2020).

Outro problema encontrado corresponde à diferenciação entre as áreas de floresta primária, sucessão florestal e roça. Nos testes de classificação realizado, o software não distinguiu de forma correta essas três classes, o que demandou o seu agrupamento na classe de “Vegetação”. Observa-se na Figura 5b, que parte da área de uso de roça foi classificado com a cobertura de “solo exposto”. Ou seja, na reclassificação da imagem faz-se necessário analisar se será priorizado algum aspecto do uso ou a cobertura da terra, pois, essa opção impactará na visualização e distribuição dos elementos a serem retratados.

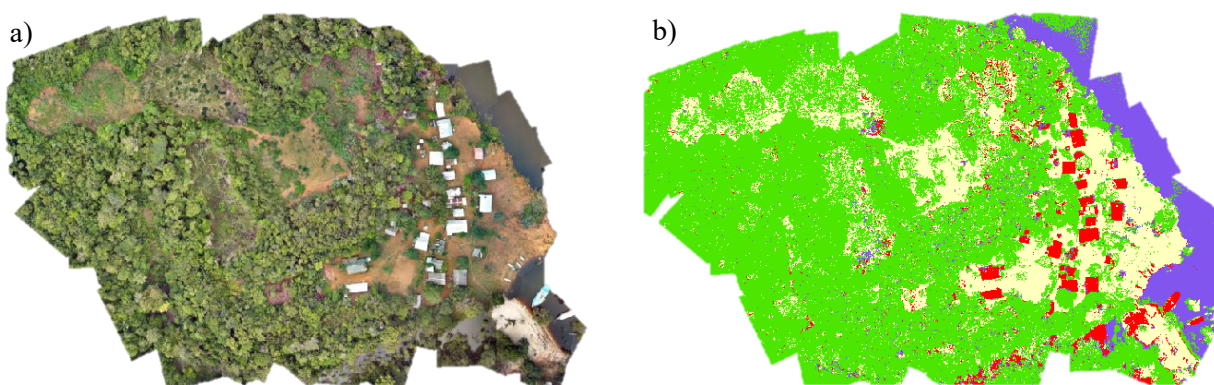


Figura 5. Exemplo de classificação do uso e cobertura da terra em uma comunidade visitada. Fonte: Acervo pessoal, 2023.

Nota: Na classificação (Figura 5b), a cor verde representa a vegetação; vermelho os domicílios; amarelo as áreas sem vegetação e; em azul os rios e lagos.

Ao priorizar o uso da área de roça, a área classificada como solo exposto tenderá a ser substituída por uma “Área de Roça” em uma segunda classificação, por exemplo. Haja vista que, apesar de o solo estar exposto, ele faz parte da dinâmica de manejo dos roçados, seja para circunscrever melhor a área, melhorar o seu manejo e/ou reduzir o número de espécies invasoras.

Com base na bibliografia analisada, observa-se que as questões com o geoprocessamento das imagens geradas estão presentes em outros modelos de drones com custos maiores do que o utilizado para essa pesquisa (Braz, et al., 2021a) e em imagens de satélites em alta resolução (Coutinho e Lee, 2014). A depender do método utilizado, os ruídos na classificação podem ser maiores ou menores, contudo, sempre será necessária uma etapa de pós-classificação para filtrar parte expressiva dos ruídos (Braz, et al., 2021b).

De modo geral, isso implica dizer que, em um primeiro momento, independente do equipamento utilizado, sempre haverá questões a serem calibradas no processamento dos dados. Contudo, deve-se atentar-se que, possivelmente, parte dos problemas encontrados são decorrentes do mapeamento realizado de forma manual que influencia na disposição espacial das imagens, dificultando a etapa de sobreposição. Portanto, em mapeamentos realizados respeitando um padrão de geométrico pré-definido tende a ter uma sobreposição das imagens mais refinadas.

Conclusões

Neste artigo, destacamos uma experiência de mapeamento com drone e indicamos suas vantagens e os desafios do seu uso em comunidades tradicionais na Amazônia, com vistas a produção de dados para mapeamento do uso e cobertura da terra. Inicialmente, salienta-se que a apresentação do drone e as limitações encontradas no campo com o seu uso, não se referem, necessariamente, à qualidade do equipamento e sua capacidade na geração de dados. Os apontamentos referem-se ao uso científico do drone, enquanto uma ferramenta de mapeamento, em um contexto ambiental específico.

Considerando o custo médio dos drones presentes no mercado atualmente, testar uma alternativa de menor custo torna-se uma tarefa relevante no contexto da necessidade cada vez maior de dados com resolução espacial maiores. No geral, na experiência de mapeamento com o drone foram identificadas vantagens importantes

relacionadas ao custo-benefício do equipamento. O seu menor preço se comparado com outros modelos com atuação semelhante, a menor burocracia institucional para a realização de voos e facilidade no manuseio, manutenção e transporte destacam-se como pontos relevantes que foram constatados em campo.

Contudo, foram encontrados desafios específicos relacionados ao modelo do equipamento e, principalmente, ao contexto socioambiental analisado, desafios esses que podem não serem encontrados em mapeamentos nas cidades, ou em áreas rurais próximas às áreas urbanas ou podem ser atenuados. Em campo, os desafios traduzem-se por serem de ordem logística, de disponibilidade de infraestruturas, condições ambientais e manuseio do equipamento em um contexto amazônico. Já no laboratório, destacam-se a necessidade de adaptação de computadores (hardware e software) para o processamento das imagens captadas, questões relacionadas à sobreposição de objetos homogêneos como florestas e rios e, problemas na classificação dos ortomosaicos gerados, necessitando etapas de reclassificação.

Embora os desafios criem barreiras para um mapeamento de boa qualidade, considerando a falta de imagens de satélite de alta resolução na região que apresentem de forma mais refinada uso-cobertura da terra, influenciadas também pela grande presença de nuvens, o mapeamento mostrou-se extremamente necessário e possível de ser realizado, desde que tomada as devidas precauções com o seu uso. Outros trabalhos estão sendo desenvolvidos voltados para aprimorar a qualidade do processamento das imagens captadas, visando atenuar o problema da sobreposição na criação de ortomosaicos e reduzir o efeito “sal e pimenta” na classificação do uso e cobertura da terra a partir das imagens.

Portanto, levando em conta as questões orientadoras e os objetivos propostos no artigo, considera-se que o equipamento cumpriu de forma satisfatória o objetivo de retratar a ocupação espacial das comunidades tradicionais, apresentando um potencial significativo para o uso em pesquisas que buscam apreender as dinâmicas espaciais em áreas pouco representadas na Amazônia brasileira. Dessa forma, é possível realizar mapeamentos com drones de baixo custo, mas é preciso atentar-se às características espaciais da área a serem retratadas, lidando com desafios adversos que não são encontrados em mapeamentos realizados em áreas urbanas ou em áreas rurais próximas das cidades. No nível da gestão territorial, seja por instituições públicas ou pelos

próprios comunitários, a ferramenta mostra-se promissora para a realização de rápido e frequente monitoramento socioambiental da comunidade.

Em estudos futuros serão realizadas avaliações sobre a qualidade do geoprocessamento das imagens pré e pós processos de reclassificação dos usos e coberturas da terra a partir da aplicação de filtros. Para isso, serão utilizadas metodologias quantitativas que avaliam a acurácia dos resultados.

Agradecimentos

O autor agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), nº do processo 2020/08242-7, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), nº do processo 01.02.016301.00266/2021 e a Fundação de Desenvolvimento da Unicamp (FAEPEX) solicitação 2626/21 pelo financiamento do trabalho de campo e da aquisição do drone.

Referências

- ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. 2022. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial. Brasília.
- Albuquerque, L. F., Castro, M. A. H., Costa, L. H. M. 2022. Definição do nível de reservatórios a partir das imagens de satélite. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 13(6), 94-106
- Albuquerque, R. W. et al. 2022. Mapping key indicators of forest restoration in the amazon using a low-cost drone and artificial intelligence. *Remote Sensing*, 14(4), 830
- Almeida, A. S., Santos, R. L., Chaves, J. M. 2011. Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo no Município de Jeremoabo-Ba: Uso do Algoritmo Máxima Verossimilhança (Maxver). In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011, Curitiba. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*. São Paulo: MCT/INPE, p. 7255-7262
- Alves, J. D. G.; Pereira, H. C. Populações tradicionais e os efeitos das mudanças climáticas no Mosaico de Áreas Protegidas do Baixo Rio Negro (MBRN). In: *Autogestão e desenvolvimento territorial sustentável de áreas protegidas: diálogos, aprendizagens e resiliência* / Susy Rodrigues Simonetti, Henrique dos Santos Pereira, Danilo Egle Santos Barbosa (org.). - Manaus, AM: EDUA, 2023. 340 p
- Alves Júnior, L. R. et al. 2015. Validação de ortomosaicos e modelos digitais de terreno utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT. *Revista Brasileira de Cartografia (Online)*, v. 67, p. 1453-1466
- Andrade, L. M. S. et al. 2023. Tecnologia Social e Tecnologia Convencional pela preservação comunitária dos recursos hídricos no planejamento do Território do Quilombo Mesquita-GO contra o racismo ambiental.
- Anhai, A. A. 2022. Gerador de rotas customizadas para inspeção de barragens e estruturas com drone. Trabalho de Conclusão de curso. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Ávila, J.V.C. et al. 2021. Mudanças climáticas na Amazônia: impactos e estratégias de ribeirinhos de várzea e paleovárzea. 1. ed. Tefé, 48p.
- Braz, A. M. et al. 2021a. Classificação e identificação de lagoas utilizando GEOBIA e mineração de dados: um exemplo aplicado ao Pantanal da Nhecolândia (MS). *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 2, p. 97-120,
- Braz, A. M. et al. 2021b. GEOBIA e mineração de dados para classificação de imagens de altíssima resolução espacial. *Estudos Geográficos (UNESP)*, v. 19, p. 209-224
- Câmara, G., Valeriano, D. M., Soares, J. V. 2006. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
- Cardoso, J. S., Queiroz, W. S. 2018 A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) como ferramenta na conservação e no monitoramento ambiental da Amazônia Brasileira. In: *XV encontro nacional de engenharia e desenvolvimento social, bahia*
- Casemiro, G. H. M., Pinto, H. B. 2014. Composição e Processamento de Imagens Aéreas em Alta Resolução Obtidas com Drone. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasília. Universidade de Brasília.
- Carrasco-Escobar G. et al. 2019. High-accuracy detection of malaria vector larval habitats using drone-based multispectral imagery. *PLoS Negl Trop Dis* 13(1): e0007105. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007105>
- Chen, X., Shen, X., Cao, L. 2023. Tree Species Classification in Subtropical Natural Forests Using High-Resolution UAV RGB and SuperView-1 Multispectral Imageries Based on Deep Learning Network Approaches: A Case Study within the Baima Snow Mountain National Nature Reserve, China. *Remote Sensing*, 15(10), 2697.
- Coutinho, A. D. S., Lee, L. L. 2014. Filtragem do ruído “speckle” em componentes de intensidade de imagens SAR polarimétricas. In: *5º Simpósio*

- de Processamento de Sinais da UNICAMP, 2014, Campinas. Anais do 5º Simpósio de Processamento de Sinais da UNICAMP.
- Crósta, A. P. 1992. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas, SP:IG/UNICAMP 170p
- Delavarpour, N. et al. 2021. A technical study on UAV characteristics for precision agriculture applications and associated practical challenges. *Remote Sensing*, 13(6), 1204.
- DJI. 2023. Especificações. Disponível: [emhttps://www.dji.com/br/mini-2/specs](https://www.dji.com/br/mini-2/specs). Acesso em: 07/05/2023
- Dronova, I. 2015. "Object-Based Image Analysis in Wetland Research: A Review." *Remote Sensing*. doi:10.3390/rs70506380.
- Duffy, J. P. et al. 2020. Drone Technologies for Conservation. *WWF Conservation Technology Series* 1(5)
- Gaffey, C., Bhardwaj, A. 2020. Applications of Unmanned Aerial Vehicles in Cryosphere: Latest Advances and Prospects. *Remote Sensing*. 12, 948. <https://doi.org/10.3390/rs12060948>
- Guimarães, N. et al. 2020. Forestry Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: A Review Focusing on the Data, Processing and Potentialities. *Remote Sensing*.12(6):1046. <https://doi.org/10.3390/rs12061046>
- Huang, Y. et al. 2023. Tree Species Classification in UAV Remote Sensing Images Based on Super-Resolution Reconstruction and Deep Learning. *Remote Sensing*, 15(11), 2942.
- Inguaggiato, F. F., Olivatto, T. F., Stanganini, F. N. 2022. Uso de Aeronave Remotamente Pilotada como ferramenta para análise e gestão territorial: um estudo para Regularização Fundiária Urbana. *Engenharia Urbana em Debate*, v. 3, p. 5-21, 2022 <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v3i1/2.39>
- Jorge, L. A. C., Inamasu, R. Y. 2014. Uso de veículos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. São Carlos
- Karila, K., et al. 2022. E. Estimating Grass Sward Quality and Quantity Parameters Using Drone Remote Sensing with Deep Neural Networks. *Remote Sensing*.14(11):2692. <https://doi.org/10.3390/rs14112692>
- Longhitano, G. A. 2010. VANTs para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. Dissertação (Mestrado). São Paulo, Universidade de São Paulo (USP).
- Macedo, F., Schettini, C. A., Arigony-Neto, J. Obtaining surface current field from drone imaging. *Ocean and Coastal Research*, 2023+
- Meneses, P. R., Almeida, T. M. 2012. Introdução ao processamento de imagens digitais de sensoriamento remoto. 1. ed. Brasília, DF: Editora UNB, 2012. 276 p
- MMA. Ministério do Meio Ambiente e Mudança Climática. 2018. Concessões florestais serão monitoradas por drones. Brasília
- Moras Filho, L. O. et al. 2017. Classificador de máxima verossimilhança aplicado à identificação de espécies nativas na Floresta Amazônica. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, p. 1605-1610
- Morelli, F. et al. 2019. Procedimentos no uso de drones para validar a detecção de queimadas por satélites. In: Wildfire - 7a Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais, 2019, Campo Grande. Anais do 7a Conferência Internacional sobre Incêndios Florestais. Brasília: Biodiversidade Brasileira, v. 1. p. 229
- Moura, M. M et al. 2021. Towards amazon forest restoration: Automatic detection of species from UAV imagery. *Remote Sensing*, 13(13), 2627.
- Novo, E. M. L. M. 1998. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher,308p
- Oliveira, G. C. 2021. Geração automática de ortomosaicos de fotos aéreas de arquivo e o seu potencial como tema de informação geográfica. Dissertação. (Mestrado). Lisboa. Universidade do Porto.
- Oliveira, T. F. 2022. O papel dos povos indígenas na pecuária de baixo carbono e na conservação da savana de Roraima. Dissertação. (Mestrado). Brasília. Universidade de Brasília (UnB)
- Pereira., P. R. M. et al. 2023. Comparação Da Classificação Do Uso E Cobertura Da Terra Em Imagens Landsat-8 E Sentinel-2 No Cerrado Maranhense. *GEO UERJ*, v. 42, p. 1
- Pilz, H., Strobl, J. 2007. Análise da impermeabilização com base em ortofotografias aéreas coloridas digitais através de processamento de imagens orientadas a objeto. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (Org.). Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores. Traduzido por Hermann Johann Heinrich Kux. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. p. 162-171
- Rejeb, A. et al. 2022. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers*

- and Electronics in Agriculture. Volume 198, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>
- Ribeiro, G., Araújo, R. S., Caldeira, C. R. T. 2023. Imagens de Aeronave Remotamente Pilotada na Análise da Cobertura Florestal em um Lote de Assentamento com Área Degradada na Amazônia. GEOGRAFIA (Londrina), 32(2), 163–176. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2023v32n2p163>
- Ribeiro, R. M. P. 2004. Avaliação de métodos de classificação de imagens IKONOS-II para o mapeamento da cobertura terrestre. Dissertação (Mestrado). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa (UFV).
- Rodrigues, M. T. 2015. Comportamento de Sistemas de Informações Geográficas por meio de classificação supervisionada em diferentes bacias hidrográficas. Tese (Doutorado). Botucatu. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Rosalen, D., Amazonas, D. M. 2019. Mapeamento com aeronave remotamente pilotada de navegação precisa em tempo real. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19., 2019, Santos. Anais.... São José dos Campos: INPE.
- Silva, K. G. 2022. Estudo do impacto sonoro no uso de drone em campo livre. Trabalho de Conclusão. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
- Silva, P. F. P. 2017 Desenvolvimento de um plugin em ambiente SIG open source (QGIS) para obter parâmetros e métricas de copas de árvores, através de imagens adquiridas por VANT. Dissertação (Mestrado). Lisboa. Universidade do Porto.
- Simões, R. S. et al. 2019. Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 12, p. 622-640.
- Tagliarini, F. S. N. 2020. Imagens de Drone e Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada (Ndvi) para Classificação Segmentada em Áreas de Preservação Permanente (App). Tese (Doutorado). Botucatu. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- Torres, M. S. S., Patriota, R. C. 2020. Aquisição de dados espaciais e análise da qualidade de produtos cartográficos obtidos através de RPA. Revista Geociências, 39(2), 505–515, <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i2.13763>
- Vanvalkenburgh, P. et al. 2020. Lasers Without Lost Cities: Using Drone Lidar to Capture Architectural Complexity at Kuelap, Amazonas, Peru. Journal of Field Archaeologia, DOI: 10.1080/00934690.2020.171328
- Vieira Junior, J. A. 2011. Análise comparativa dos métodos de classificação de imagem de alta resolução para mapeamento da cobertura do solo. Trabalho de Conclusão. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Zardo, M.; Reis, C. E. R; Webber, C. G. 2021 Como um drone voa? Descubra na aula de física! Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 292–301. DOI: 10.22456/1679-1916.121229.