



Dimensionamento da área de impacto na exploração florestal na Amazônia, a partir da fotogrametria com Aeronaves Remotamente Pilotada (RPA), Classe III

Evandro Orfanó Figueiredo¹, Marcus Vinício Neves d'Oliveira², Symone Maria de Melo Figueiredo³, Renato Mesquita da Cunha⁴

¹Doutor em Ciências Florestais e pesquisador da Embrapa Acre (evandro.figueiredo@embrapa.br),

²Doutor em Manejo Florestal e pesquisador da Embrapa Acre (marcus.oliveira@embrapa.br),

³Doutora em Ciências Florestais e professora de geoprocessamento da Universidade Federal do Acre (symone.figueiredo@ufac.br), ⁴Mestrando no curso de Ciências Florestais da Universidade Federal do Acre - UFAC (renatomc28@gmail.com).

RESUMO: O monitoramento da degradação florestal causada pela exploração madeireira ilegal, ainda é um desafio a ser vencido pelo poder público. Os órgãos de controle ambiental carecem de informações precisas e atualizadas. O trabalho de coleta de dados em campo não consegue representar a realidade da atividade que gerou a degradação. Nesse contexto, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), também conhecidas por "drones", surgem como uma importante ferramenta de coleta de informações. Foram estudados na Floresta Estadual do Antimary, os resultados de fotogrametria com RPA (classe III) para o mapeamento da degradação florestal, considerando três distintas alturas de voo (100, 110 e 120 metros). Para a mensuração da área impactada pela exploração florestal, a ortofoto obtida a 100 m de altura, alcançou o melhor resultado com erro médio de 9,09% e para medidas lineares, as ortofotos de 100 e 110 metros podem ser empregadas, com desvio padrão dos objetos medidos de $\pm 2,6$ cm e $\pm 4,7$ cm, respectivamente. O uso de RPAs para o monitoramento da degradação florestal em exploração seletiva na Amazônia, permite reduzir o esforço de campo e ganhar qualidade nas avaliações realizadas

Palavras-chave: drones, ortofotos, monitoramento ambiental

1. Introdução

A localização em tempo real da degradação florestal feita pela exploração seletiva ainda é um desafio da ciência para o monitoramento dos recursos florestais do planeta. Quando se trata da avaliação "in loco" da atividade florestal, o desafio é ainda maior, requerendo vários dias de trabalho em regiões inóspitas e envolvendo grandes somas de recursos para a coleta de dados. Uma demanda dos órgãos de controle ambiental é a disponibilidade de imagem de sensores de alta resolução (oriundas de satélites), que possibilitem mensurações precisas e na sequência temporal da exploração florestal, o que nem sempre na Amazônia é possível, em decorrência da grande quantidade de nuvens



presentes na região. O uso da fotogrametria digital a partir de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) surge como uma alternativa viável para o monitoramento florestal. O objetivo desse estudo foi comparar a precisão de mapeamento da abertura de dossel e medidas lineares a partir de ortofotos de três diferentes planos de voo autônomos para RPA (multirrotor - classe III) (Anac, 2017).

2. Material e Métodos

A área de estudo foi em uma unidade de produção anual regular de um manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary, Acre, Brasil. Foi escolhido um RPA (classe III) de grande popularidade de uso, denominado de multirrotor *DJI Phantom 3 Advanced* (P3A). O RPA é equipado com sistema GNSS (GPS e Glonass) de alta sensibilidade, barômetro, acelerômetro, giroscópio, bússola e câmera RGB Sony EXMOR de 12,4 megapixel, com lente de 20 mm (equivalente 35 mm), acoplada a um gimbal eletrônico 3 eixos (Figueiredo et al., 2016b). Para projetar o plano de voo, foram calculados os parâmetros considerando as informações descritas na Tabela 1. Posteriormente, os dados da missão de voo foram transferidos para o aplicativo Litchi em sistema *Android*, com limitador da velocidade máxima de cruzeiro de 12 m.s^{-1} .

TABELA 1. Parâmetros de planejamento de voo por fotogrametria com RPA (DJI P3A), visando estimar a área de degradação florestal.

Altura de voo a partir do dossel (m)	Cobertura horizontal da foto (m)	Área de cobertura da foto (ha)	GSD (cm.pixel ⁻¹)	Overlap longitudinal	Overlap lateral
(T1) 100	259,5	5,0505	6,49	87,67%	80,73%
(T2) 110	276,8	5,7463	6,92	88,44%	81,94%
(T3) 120	294,1	6,4871	7,35	89,12%	83,00%

GSD = *Ground Sampling Distance*; e, (T1, T2 e T3) = Tratamentos 1, 2 e 3.

Observação: o equipamento multirrotor é homologado junto a ANATEL e ao FCC (*Federal Communications Commission*). E as missões de voo aprovadas junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Foram instalados 6 pontos de controle com GPS L2 (60 min de apropriação) e pós-processados com a estação de referência RIOB 93911 da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). As ortofotos foram processadas no *software PIX4D Mapper* (Figueiredo et al. 2016b) pelo procedimento SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) (Lowe, 2004). Para checagem da precisão foram considerados a mensuração de



oito objetos invariantes nos três planos de voo considerando a mensuração linear e de área em metros quadrados. As áreas de degradação florestal foram medidas em campo e seus valores estimados foram obtidas nas ortofotos dos três planos de voo pelo software *eCognition*, com o algoritmo de segmentação de multirresolução (parâmetro de escala 100 e composição de homogeneidade de *shape* 0,3). O emprego desses parâmetros de segmentação é devido serem os melhores resultados em teste prévio. Os erros de medidas de áreas de degradação florestal e lineares foram submetidas a ANOVA e os contratos comparados pelo teste de Fisher (5% de significância) (Statgraphics, 2006).

3. Resultados e Discussão

As áreas com degradação florestal mensuradas na ortofoto de 100 m de altura (GSD de 6,49 cm) obteve erro médio de 9,09% (Figura 1); para as mensuradas na ortofoto de 110 m (GSD de 6,92 cm) o erro médio foi de 23,32% e na ortofoto de 120 m (GSD de 7,35 cm) o erro médio foi de 23,59%. O teste de Fischer (5%) aponta que a ortofoto de 100 m, apresenta melhores resultados, que as demais. As ortofotos obtidas a partir de 110 m, não apresentaram boa definição dos detalhes de borda dos objetos (clareiras, copas etc.), o que acarretou numa maior dificuldade do algoritmo de segmentar e determinar o que era área impactada pela exploração florestal e o que era dossel. Outro aspecto relevante para estimativa da área degradada, está em decorrência que áreas sob as copas das árvores não são identificadas, mesmo em imagem de alta resolução.

FIGURA 1. a) Parte de uma ortofoto (com superfície total de 55 ha) obtida com voo semiautônomo de RPA (multirrotor) na altura de 100 metros com GSD de 6,49 cm; e b) resultado do processo automático de identificação da degradação florestal por meio da segmentação de multirresolução de imagem (software *eCognition*).

a)



b)





Para as medidas lineares dos alvos fixos, os equívocos foram na escala centimétrica para as ortofotos de 100, 110 e 120 m, com erros médios de 0,61%, 2,20% e 3,77%, respectivamente. No teste de médias (Fischer) as ortofotos de 100 e 110 m constituíram um primeiro grupo homogêneo, com desvio padrão dos objetos medidos de $\pm 2,6$ cm para a ortofoto de 100 m e de $\pm 4,7$ cm para a imagem obtida a 110 m. Na prática da rotina operacional de monitoramento ambiental é plausível mapear com precisão centimétrica, cerca de $1,5 \text{ ha} \cdot \text{min}^{-1}$ de trabalho de campo, possibilitando reduzir sensivelmente o esforço de coleta de dados.

A operação de RPAs em ambiente florestal nativo, ainda apresenta uma série de restrições, principalmente, na região Amazônica, onde na maioria dos casos somente é possível trabalhar com multirrotores (Figueiredo et al., 2016a), cujo alcance é limitado a um raio de apenas 4000 m de distância do ponto de decolagem, assim para mapear extensas áreas se faz necessário a presença de uma via de acesso (rio ou estrada) para servir de base de apoio para distintos pontos de decolagem e pouso.

4. Conclusão

O emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) para o mapeamento da degradação florestal decorrente da exploração florestal seletiva, constitui numa importante ferramenta que possibilita a redução do esforço de trabalho de campo e as melhores precisões de medidas de abertura do dossel foram alcançadas nos planos de voo para as alturas de 100 e 110 m.

5. Literatura citada

Agência Nacional de Aviação Civil – Anac. Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial, RBAC-E nº 94. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 03 de maio de 2017, seção 1, p. 52.

Figueiredo, E.O.; Oliveira, M.V.N.; Figueiredo, S.M.M. Uso de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) no planejamento florestal. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 8^a; International



Conference on Sustainable Agriculture, 5^a, 2016, Sinop, MT. Anais das palestras... Sinop: UFMT; Embrapa: UFV, 2016a.

Figueiredo, E.O.; Oliveira, M.V.N.; Locks, C.J.; Papa, D.A. Estimativa do volume de madeira em pátios de estocagem de toras por meio de câmeras RGB instaladas em aeronaves remotamente pilotadas (ARP). Boletim de Pesquisa, Rio Branco, AC: Embrapa Acre, ed.1, 2016b, 39p.

Lowe, D.G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International journal of computer vision, v.60, n.2, p.91-110, 2004.

Statgraphics. Statgraphics Centurion XV: User's guide. StatPoint Inc. EUA, ed.1, 2006. 299 p.