

# APLICAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADAS EM AUXÍLIO ÀS PERÍCIAS AMBIENTAIS DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS

*Paulo César Silva Maia, Manuel Eduardo Ferreira e João Vitor Silva Costa*

<sup>2</sup>Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG)/Pro-Vant - Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia - GO  
 maiapaulo311@gmail.com; mferreira.geo@gmail.com; joaovsc17@gmail.com

## RESUMO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) são hoje considerados uma revolução na cartografia e no sensoriamento remoto, por viabilizarem o registro rápido e preciso da superfície terrestre. Este instrumento vem sendo empregado no monitoramento ambiental, sobretudo no mapeamento do uso e cobertura do solo. Frente a este potencial, a referida pesquisa foi realizada no âmbito de uma parceria entre a UFG/LAPIG e o Ministério Público do Estado de Goiás (MP-GO), visando apoiar a realização de perícias ambientais por meio de VANT (no caso, asa-fixa eBee Plus RTK / SenseFly) embarcado com câmeras RGB e multiespectral, garantindo maior recobrimento e acurácia em escala de detalhe. Os resultados indicam elevado custo-benefício na perícia de crimes ambientais, agilizando o mapeamento de áreas degradadas, segundo o Código Florestal, o cálculo de infrações e o acompanhamento das áreas em recuperação.

**Palavras-chave** — Perícia ambiental, Cerrado, Rio Araguaia, VANT asa-fixa.

## ABSTRACT

*The Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are now considered a revolution in cartography and remote sensing, for promoting rapid and accurate record of the earth's surface. This instrument has been used in environmental monitoring, especially in the mapping of land use and land cover. In view of this potential, this research was carried out in the framework of a partnership between UFG/LAPIG and the Public Ministry of the State of Goiás (MP-GO), aiming to support environmental surveys through UAV (in this case, fixed-wing eBee Plus RTK / SenseFly) shipped with RGB and multispectral cameras, ensuring greater coverage and accuracy on a detailed scale. The results indicate high cost-effectiveness in environmental crime, speeding up the mapping of degraded areas, according to the Forest Code, the calculation of infractions and the monitoring of areas in recovery.*

**Keywords** — Environmental analysis, Brazilian Savanna, Araguaia River, UAV fixed-wing

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de dados sobre a superfície terrestre cada vez mais dinâmicos e detalhados, a custos também acessíveis, vem estimulando o desenvolvimento de tecnologias de mapeamento flexíveis. Tal fato tem motivado a criação de dispositivos aéreos capazes de realizar análises diversas com maior precisão, e de forma autônoma, como uma alternativa viável à aerofotogrametria tradicional. Surgem assim os *drones*, tecnicamente conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados [1].

No Brasil, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) define VANT como uma “aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, de caráter não recreativo e com carga útil embarcada”. Um aeromodelo, por exemplo, não se enquadra nesta terminologia.

O VANT trouxe uma evolução na obtenção de imagens aéreas, ao transportar câmeras ópticas e/ou termais (além de outros sensores ambientais), podendo atuar em monitoramentos e investigações em áreas urbanas e rurais, sobretudo no mapeamento do uso e cobertura do solo. Por outro lado, apesar dos avanços constantes, na perícia ambiental ainda tem-se uma lacuna no levantamento de dados georreferenciados, em especial de imagens de alta resolução espacial [2].

Numa cooperação inédita firmada no final do ano de 2016 entre o Ministério Público do Estado de Goiás (MP-GO) e a Universidade Federal de Goiás (UFG), em especial com seu Laboratório de processamento de imagens e geoprocessamento (LAPIG), foi previsto o uso desses dispositivos para auxiliar os peritos ambientais na criação de laudos e diretrizes, com maior rapidez e precisão.

Este estudo, realizado no âmbito desta cooperação, teve como objetivo principal pautar as principais funcionalidades de um VANT na perícia ambiental, avaliando-se o custo-benefício desses equipamentos, além de testar a metodologia em levantamentos do MP-GO na região do Rio Araguaia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o exercício da Lei número 9.605 em 1998, Lei de Crimes Ambientais, surgiu a necessidade de um profissional que atuasse na área de perícia, avaliando os danos cometidos no meio ambiente e elaborando laudos periciais mais

técnicos para documentar tais crimes. Assim, na perícia ambiental [2], normalmente inicia-se com o levantamento do caso por meio de documentos e imagens de satélite do local em questão. *In loco*, o perito deve conseguir informações da área com o proprietário rural, e se for necessário, confronta-lo com documentos; em seguida, é importante iniciar o processo pericial com a descrição do terreno, descrevendo as suas características, como solo, bioma, uso e ocupação, espécies nativas, clima, etc. É imprescindível o levantamento fotográfico do local, para a realização do laudo pericial posteriormente [2].

A pesquisa em questão foi realizada em duas propriedades rurais em Jussara, estado de Goiás, região próxima ao Rio Araguaia (Figura 1), onde havia uma denúncia de irrigação irregular com água captada deste rio.

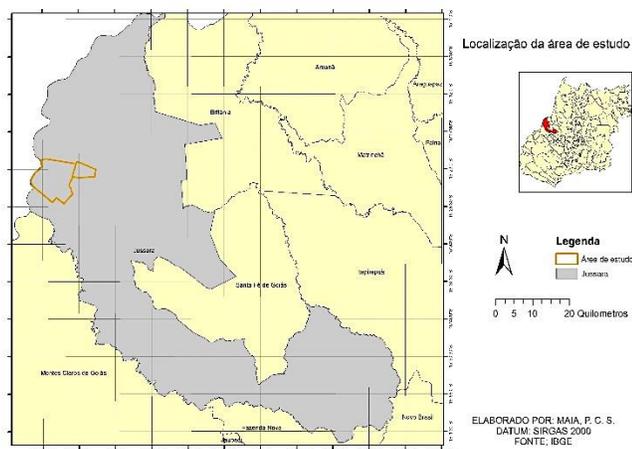


Figura 1 - Localização da área de estudo, em Jussara - GO.

O Rio Araguaia é um divisor natural dos estados de Mato Grosso, Goiás e Tocantins. Contando com aproximadamente 2.000 km de extensão, o Rio Araguaia é fundamental para o equilíbrio ambiental em uma das regiões com maior biodiversidade animal e vegetal do planeta, o Cerrado.

Os equipamentos utilizados em campo foram o GPS de navegação, o VANT eBee Plus RTK, aparelhos de rádio comunicação e um notebook. O eBee é um modelo de asa fixa produzido pela Sensefly, com sensores de velocidade do vento, GNSS PPK/RTK (correção do posicionamento em tempo real), sensores fotográficos RGB e multiespectral, com uma autonomia de voo de 50 minutos. A figura 2 ilustra o eBee utilizado na pesquisa e o sensor fotográfico empregado nestes levantamentos (S.O.D.A).

Todos os planos de voos foram feitos com bastante antecedência ao campo, visando otimizar as áreas de estudo, com um recobrimento da maior área possível em menor tempo.



Figura 2 – VANT eBee, com detalhes do sensor óptico S.O.D.A. (a bordo da plataforma aérea), e tablet com exemplo de plano de voo / telemetria.

Foi utilizado o *software* Emotion 3 para criação dos planos de voos e monitoramento da atividade em tempo real. O Emotion emprega uma imagem de satélite ao fundo para facilitar a etapa de preparação e telemetria. Ao todo, foram realizados 16 voos na fazenda, totalizando uma área de 1.326 ha, como demonstrado na figura 3.

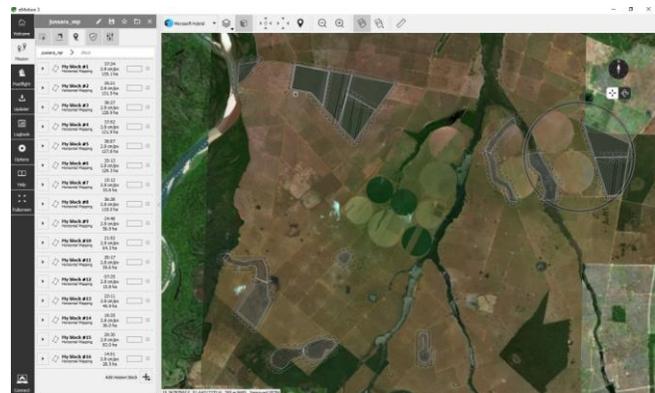


Figura 3 – Tela do *software* Emotion 3, empregado para os planos de voo do eBee, centralizando a área de estudo.

O imageamento foi realizado com o sensor S.O.D.A. (Sensor Optimised for Drone Applications), fabricado pela Sensefly (mesma fabricante do eBee), com uma resolução de 24 MP. Esse sensor nos permite alcançar uma resolução espacial (também conhecido por GSD – Ground Sampling Distance) de 2,8 cm, a 120 metros de altura. Todas as fotos já saem georreferenciadas, prontas para o processamento/mosaicagem.

O programa utilizado para fazer o processamento dessas imagens foi o Pix4D Mapper, o qual permite a entrada de fotos georreferenciadas, visando a geração de ortomosaicos, Modelos Digitais de Superfície (MDS) e Modelos Digitais de Terreno (MDT). O programa trabalha com a triangulação de pontos nas imagens, obtidos pela sobreposição das fotos no sentido longitudinal e lateral. Esta sobreposição deve ser de no mínimo 60%, para que haja resultados satisfatórios

nos levantamentos planimétricos e altimétricos (incluindo os mosaicos ortoretificados).

Os sobrevoos foram realizados entre 05 e 08 de setembro de 2016, numa janela temporal das 09h00m às 17h00m, a uma altura de 120 metros, com uma sobreposição longitudinal e lateral das fotos de 70%. A imagem resultante obteve resolução espacial de 2,8 cm.

### 3. RESULTADOS

O uso do VANT proporcionou um amplo registro fotográfico da área em análise, em menor tempo, e a possibilidade de se investigar aquilo que o olho humano não detecta em solo (características da vegetação e/ou do solo, por exemplo, que indicam graus de contaminação ou degradação ambiental).

Em termos de comparação, num levantamento semelhante utilizando o método tradicional de caminhada com GPS e registro fotográfico, o mesmo trabalho levaria de 7 a 10 dias para ser finalizado; com o VANT, esta missão foi realizada em apenas 3 dias (para uma área aproximada de 4000 ha, em duas fazendas), trazendo economia de tempo e de recursos financeiros ao MP-GO. Além disso, a utilização desta geotecnologia proporcionou maior comodidade e segurança aos peritos, levando-se em conta áreas de difícil acesso, em que o perito estaria correndo riscos, inclusive com um possível contato físico (nestes casos, indesejável) com os responsáveis pelos crimes ambientais.

Neste quesito, obteve-se um ganho considerável com o VANT *asa-fixa*, tendo em vista a sua duração de bateria de 50 minutos, e melhor performance aerodinâmica em alturas superiores a 100 metros.

Com voos realizados a uma altura de 120 metros, alcançou-se um *pixel* (GSD) de 2,8 cm, algo considerado excelente, já que usualmente os peritos possuem acesso a imagens de satélite com resolução espacial de 10 e 30 metros (ex. satélites Sentinel 2 e Landsat 8, respectivamente). Com esses mosaicos georreferenciados, a análise dos peritos nas áreas degradadas foi bem embasada. No total, foram 16 voos em áreas específicas, gerando-se um agregado de mosaicos, como ilustrado na figura 4.

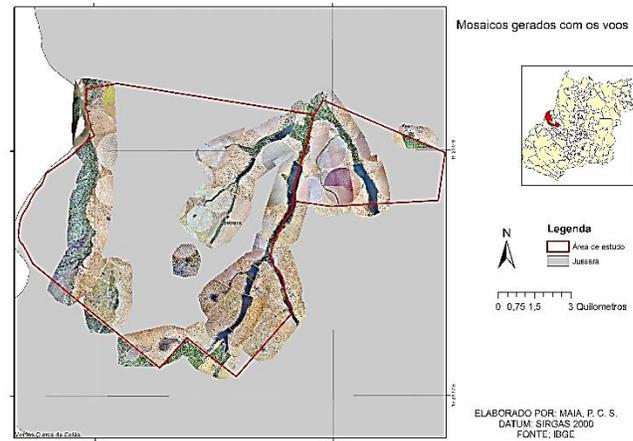


Figura 4 - mosaicos aerofotogramétricos gerados a partir das fotos aéreas obtidas com o eBee.

Nesta pesquisa também se avaliou as áreas úmidas drenadas ilegalmente na propriedade agrícola, com vistas a estimar uma valoração do dano ambiental causado pelo produtor; devido à alta resolução das imagens, foi possível observar claramente manchas de áreas úmidas dentro de pivôs, que foram drenadas para dar espaço ao cultivo (Figura 5).

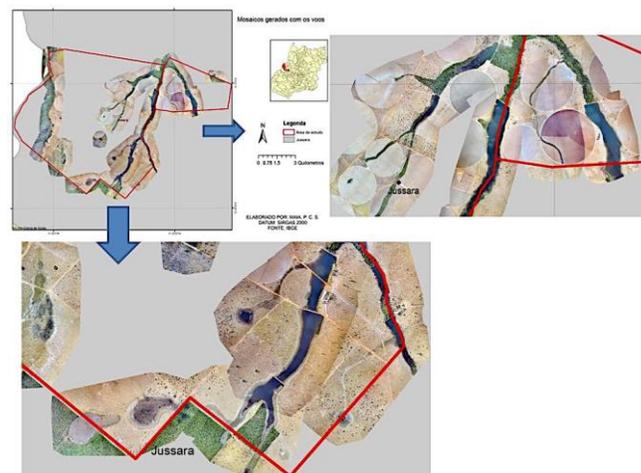


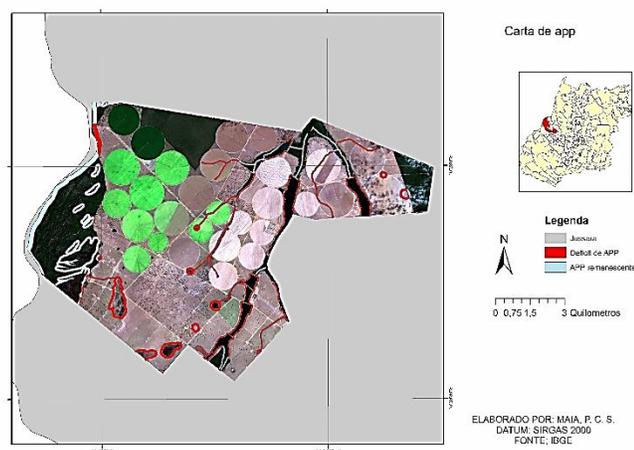
Figura 5 - Detalhe dos ortomosaicos, em especial nas áreas úmidas drenadas na propriedade agrícola periciada, demonstrando o potencial do VANT nesta aplicação.

Os mapas gerados com o VANT (sobretudo das áreas úmidas) foram validados em visita de campo *in loco*, para constatar as interferências antrópicas nas áreas de preservação permanente (APPs), materializadas pelas tentativas de cultivo em áreas legalmente inapropriadas. A figura 6 ilustra parte deste local.



**Figura 6 – Constatação *in loco* de área úmida drenada, visando passagem de um pivô de irrigação e incorporação da área de plantio.**

Com esses mosaicos gerados pós-campo, foi elaborada uma rede de drenagem em escala cartográfica de detalhe (1:500) a fim de se gerar um buffer das APPs para o local. Após mapeamento das APPs, realizou-se o processo de vetorização dos remanescentes de Cerrado, para então se calcular o déficit ambiental. Ao término dessas etapas, todas as APPs degradadas ao longo dos rios (ou em áreas úmidas/veredas) estavam mapeadas, de forma precisa, conforme ilustrado na figura 7.



**Figura 7 - Mapa de deficit de APPs na propriedade periciada, gerado com o VANT eBee.**

A partir desses levantamentos, materializados por mosaicos, mapas e relatórios técnicos, o MP-GO recebeu um conjunto de informações para embasar a valoração dos danos ambientais sofridos naquela localidade.

#### 4. DISCUSSÃO

Especificamente sobre a tecnologia, o VANT empregado nesta pesquisa gerou imagens capazes de distinguir área úmida de seca, auxiliando no cálculo das áreas de preservação permanentes, degradadas ou não, com um custo

muito inferior aos métodos tradicionais. Em termos de praticidade de voo, o asa-fixa possui operação mais complexa, já que é necessário uma área aberta para sua decolagem e, principalmente, aterrissagem; estas fases da missão são mais arriscadas, com possíveis choques do equipamento contra obstáculos naturais (árvores, arbustos, etc.).

Outra dificuldade percebida são os sobrevoos em áreas com matas altas e densa, devido a uma possível queda de sinal do rádio entre o VANT e a central de controle (computador). A interrupção do sinal superior a 30 segundos traz preocupações, devido ao fato do equipamento suspender a missão (por segurança), e retornar ao ponto de decolagem (*home point*). Em alguns momentos, o VANT chegou a retornar para este ponto, atrasando um pouco o levantamento, porém sem prejuízos relevantes.

Levando-se em consideração estes aspectos, é importante uma boa preparação dos planos de voos, considerando as melhores áreas para o início e fim da operação (preferência por áreas abertas e planas); outra questão é a escolha do tipo de equipamentos, entre multi-rotor e asa-fixa. Para áreas pequenas (de até 100 ha), com voos de 15 a 20 minutos, é indicado um pequeno multi-rotor, como o Phantom 4 (DJI), significativamente mais barato e fácil de operar.

#### 5. CONCLUSÕES

Com base neste estudo, foi possível constatar a agilidade, precisão, economia e segurança que o VANT traz aos levantamentos ambientais. A tecnologia proporciona imagens de altíssima resolução espacial e temporal, necessárias para uma perícia ambiental adequada. O que antes era feito por dois ou mais peritos, com instrumentos de campo tradicionais, hoje pode ser realizado em poucos minutos de voo, com pós-processamento e interpretação em laboratório, empregando plataformas do tipo asa-fixa ou multi-rotor, com sensores RGB e/ou multiespectrais.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Ao Ministério Público do Estado de Goiás, pelo suporte com equipamentos e logística concedidos ao LAPIG/Pro-Vant. À Santiago & Cintra e SenseFly, pela parceria com a UFG/LAPIG.

#### 7. REFERÊNCIAS

[1] O uso de drones e vants como tecnologia de apoio a perícia: possibilidades e soluções. Disponível em: <http://geofisicabrasil.com/artigos/8234-o-uso-de-drones-e-vants-como-tecnologia-de-apoio-a-pericia.html>. Acesso em: 23 jul. 2018.

[2] ANDREASSA, Angela; DIAS FILHO, Claudemir Rodrigues. Introdução às Perícias Ambientais. In: DIAS FILHO, Claudemir Rodrigues (Org.). Introdução à Biologia Forense. São Paulo: Millennium, 2016. p. 318.