

# USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NO MONITORAMENTO DE PÁTIOS DE CARVÃO

*Alessandra Morais Melo<sup>1</sup>, Raquel Pereira<sup>1</sup>, Daniel Silveira<sup>2</sup>, Eric Bastos Gorgens<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Departamento de Engenharia Florestal, Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000 - Alto do Jacuba -39100-000 - Diamantina, MG - Brasil, mmelo.alessandra@gmail.com; raquelpereiraengflorestal@gmail.com; e.gorgens@gmail.com; <sup>2</sup>ArcelorMittal BioFlorestas - Planejamento e Inventário Florestal, Rodovia LMG 706 - Km 19 – Zona Rural - 38780-000 – Vazante, MG – Brasil, daniel.d.silveira@arcelormittal.com

## RESUMO

O uso de câmeras fotográficas acopladas a veículos aéreos não tripulados (VANT's) consiste em alternativa de baixo custo para mapeamento de modelagem 3D por meio de nuvens de pontos produzidas por processamento estereoscópico de ortofotos obtidas durante um voo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar uma estratégia de plano de voo semiautônomo para fotogrametria utilizando uma câmera RGB acoplado a um VANT. O produto é uma nuvem de pontos de alta densidade, visando à estimativa do volume de pilhas de carvão em uma unidade de produção. Foi testado a acurácia da estimativa de volume de uma pilha, produzida pelo processamento da nuvem de pontos de imagens obtidas de um voo com altitude de 80 metros e *overlap* lateral de 70%, com e sem pontos de controle. Os volumes encontrados foram contrastados com o valor obtido pela técnica tradicional com o uso de um sistema *Real Time Kinematic* (RTK).

**Palavras-chave** — Drone, sistema de informação geográfica, sensoriamento remoto, fotogrametria digital, manejo florestal.

## ABSTRACT

*The use of photographic cameras coupled to unmanned aerial vehicles (UAV's) consists of a low cost alternative for mapping 3D modeling through clouds of points produced by stereoscopic processing of orthophotos taken during a flight. The objective of this work was to develop and evaluate a semiautonomous flight plan strategy for photogrammetry using an RGB camera coupled to a UAV. The product is a cloud of high-density points, aimed at estimating the volume of coal piles in a production unit. It was tested the accuracy of the estimated volume of a pile, produced by the cloud processing of image points obtained from a flight with altitude of 80 meters and 70% lateral overlap, with and without control points. The volumes found were contrasted with the value obtained by the traditional technique with the use of a Real Time Kinematic (RTK) system.*

**Key words** — *Drone, geographic information system, remote sensing, digital photogrammetry, forest management.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico dos veículos aéreos não tripulados (VANTs) e software de processamento têm viabilizado avanços importantes no monitoramentos de eventos espacialmente explícitos [1]. A utilização da fotogrametria digital se destaca, quando comparado à outras técnicas de sensoriamento remoto, na aquisição de imagens de alta resolução [2]. A fotogrametria com o uso de VANT aparece como uma alternativa viável, com sua popularização no Brasil a partir de equipamentos conhecidos como drones, termo popularmente usado [3].

Os VANT's têm sido usados em diversas aplicações, como monitoramento de queimadas e na vigilância de recursos naturais [4]. Dentro da engenharia florestal, estudos têm demonstrado a sua aplicação para silvicultura de precisão [2] e planejamento de uso e cobertura do solo [5].

Apesar de equipados com receptores de sinais GNSS e sistema inercial, é comum a obtenção de fotografias com algum problema causado pela instabilidade da altitude [8]. O uso de pontos de apoio ou controle (*Ground Control Points* - GCP) busca melhorar a etapa de obtenção de pontos comuns e construção dos pares estereoscópicos com as fotos [9].

O carvão vegetal é um insumo utilizado pelas siderúrgicas brasileiras como agente redutor, principalmente por se tratar de matéria-prima renovável [6]. Ele aparece como destaque na economia brasileira, especialmente no estado de Minas Gerais [7]. Sua produção é feita em fornos de alvenaria, e sua volumetria é geralmente acompanhada por meio da expedição de caminhões com volume conhecido. Existem casos em que o controle é feito a partir do levantamento direto de pilhas montadas no pátio das

unidades de produção (UP), utilizando equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de alta precisão.

O objetivo deste trabalho é comparar métodos diferentes de processamento de imagens para obtenção de volume de uma pilha de carvão, com e sem o uso de pontos de controle georreferenciados em campo. A acurácia dos métodos será comparada com o volume obtido pela técnica tradicionalmente empregada pelas empresas utilizando GNSS do tipo *Real Time Kinematic* (RTK).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na UP pertencente à uma empresa florestal localizada no noroeste de Minas Gerais. O VANT utilizado foi o modelo quadricóptero DJI *Phantom 3 Standard* (P3S), com a câmera padrão obtendo fotos de 12 megapixels JPEG, sensor de 1/2,3" com distância focal fixa de f/2,8. As fotos foram tomadas por volta das 09 horas da manhã, em condição de céu claro, sem nuvens.

O plano de voo foi construído no aplicativo *Pix4D Capture* considerando um levantamento em *Double Grid* (Passada dupla), com altitude de 80 metros e *overlap* lateral de 72% e frontal de 80%. O ângulo da câmera foi ajustado em 70°.

Os pontos de controle (GCP) foram adquiridos com GPS de navegação Garmin e-trex 35, e consistiram em pontos fixos de alvenaria, correspondendo às torres das extremidades dos fornos de carbonização.

O processamento das imagens foi feito no software *Agisoft PhotoScan Professional*, versão 1.4.2. As etapas são apresentadas no fluxograma da Fig. 1.

O levantamento pelo GNSS-RTK e o volume da pilha foram realizados e obtidos pela própria empresa e fornecido para efeitos de comparação. O processamento dos pontos coletados pelo RTK foi realizado no software AutoCAD.

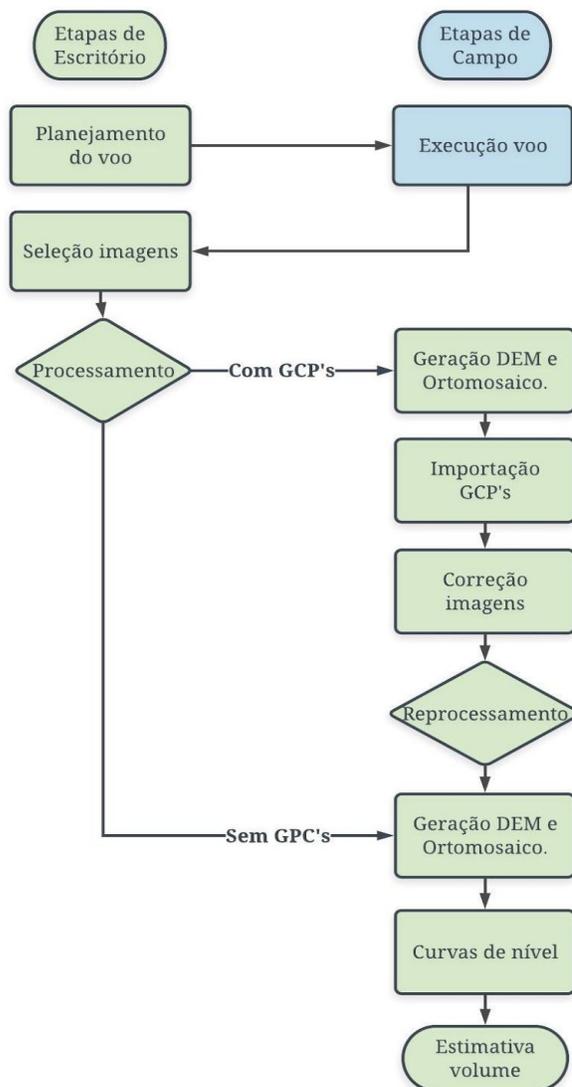


Figura 1. Fluxograma de etapas do processamento das imagens no software Agisoft.

## 3. RESULTADOS

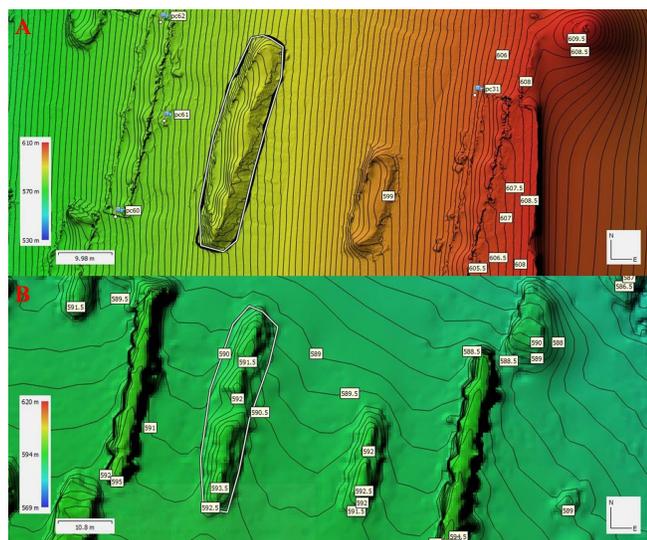
Ambos os processamentos foram concluídos com sucesso pelo Agisoft. No total foram utilizadas 225 fotos, e 22 pontos de controle. Os resultados são apresentados na Tab. 1 e já comparados com o método tradicional do RTK.

Tabela 1. Valores de volume pelos métodos avaliados.

Método	Volume Estimado (m <sup>3</sup> )
Sem uso de GCP's	372,395
Com uso de GCP's	336,797
RTK	353,921

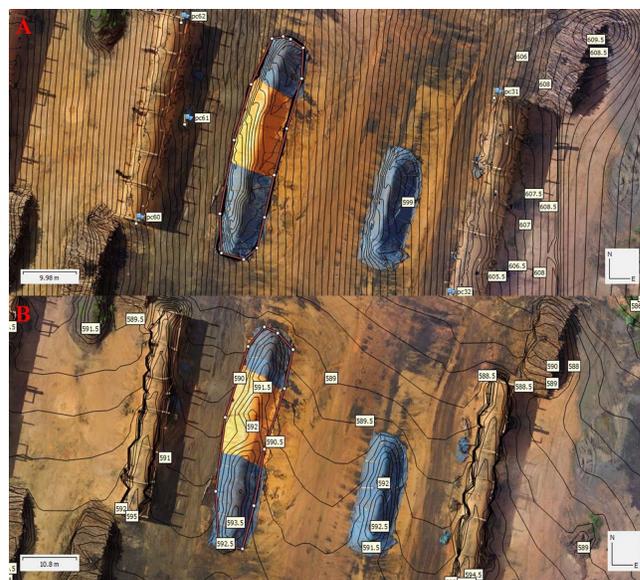
O valor encontrado com o uso de GCP's se aproximou mais do valor encontrado no método tradicional, com diferença de 4,83%, enquanto que o valor sem o uso de GCP's obteve uma diferença de 5,22%.

A Fig. 2a apresenta um maior detalhamento e refinamento do modelo digital de terreno, conforme apresentado pelas curvas de nível. Isto pode ser observado pela distância das curvas entre a Fig. 2a e 2b.



**Figura 2. Modelo Digital de Terreno com curvas de níveis das área de estudo a) com pontos de controle b) sem pontos de controle.**

As curvas de nível geradas pela reconstrução tridimensional do ortomosaico a partir do modelo digital de terreno apresentam variação visual forte entre o resultado com o uso de GCP's (Fig. 3a) e sem o uso de GCP's (Fig. 3b).



**Figura 3. Ortomosaico com curvas de níveis da área de estudo a) com pontos de controle b) sem pontos de controle.**

#### 4. DISCUSSÃO

Os métodos de estimativa volumétrica baseadas em estereoscopia digital tem apresentado excelentes resultados quando aplicados na área florestal. O volume de madeira em pátios de uma serraria apresentaram erros entre 0,58 a 19,63% quando comparados com a cubagem. As diferenças de estimativa volumétrica estavam relacionadas com os planos de voo testados, e o uso de pontos de controle georreferenciados levou a uma melhor estimativa [3].

Num estudo que buscou avaliar a construção do MDT com e sem os pontos de apoio, o uso dos GPC's reduziu as discrepâncias planialtimétricas [8]. Outro estudo mostra que a utilização dos pontos de apoio minimiza os erros de localização e melhora a precisão posicional no processamento [9].

O uso de VANT no lugar da técnica tradicional tem um grande potencial de gerar ganhos econômicos e de gestão. Geralmente a determinação de estoque de carvão pelo GNSS-RTK é feito apenas duas vezes por ano, e é utilizado apenas para ajustar o estoque de carvão no sistema de controle da empresa. Uma empresa é contratada exclusivamente para realizar a coleta de dados e o processamento, entregando para a empresa um relatório contendo o estoque de cada pilha mensurada.

Com o uso de VANT, a empresa tem a oportunidade de aumentar a frequência de coleta, uma vez que a unidade de produção tem estrutura fixa e permanente, sendo portanto os pontos de controle obtidos uma única vez e re-utilizados em qualquer novo processamento. Outro ponto interessante é que os planos de voo também podem ser reaproveitados. É possível a manutenção de um ponto

fixo de pouso e decolagem de VANT, reduzindo assim o tempo de *setup* do levantamento e agilizando uma coleta mais frequente.

A aquisição de um VANT pela empresa, para realizar o monitoramento da unidade de produção, pode ainda gerar oportunidade de sinergia com outros setores da empresa, como colheita, silvicultura e inventário florestal. A eles também podem interessar a implementação de monitoramentos baseados em VANT.

## 5. CONCLUSÕES

Pelos resultados apresentados, há indicativos de que o uso de pontos de controle tem potencial para melhorar as estimativas volumétricas de pilhas de carvão no pátio de unidades de produção. Mesmo, sem pontos de controle, a diferença ficou abaixo de 10%, o que caso se mantenha num quantitativo maior de pilhar, pode ser considerado baixo.

Espera-se dar continuidade a este trabalho, aumentando o número de pilhas de carvão inventariadas e analisando diferentes métodos de levantamento e processamento.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Cunha, A.; Fernandes, V.; Alixandrini Jr, M.; Elias, E.N.; Dias, J. “Controle de Qualidade Posicional de ortofoto gerado pelo RPA (Remotely Piloted Aircraft) Phantom 3 com receptor GNSS embarcado”. *COBRAC – 12<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Brasil, out. 2016*. Disponível em: <<http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/download/221/3>>. Acesso em: 21 mai. 2018.
- [2] Sobrinho, M. F. O.; Corte, A. P. D.; Vasconcellos, B. N.; Sanquetta, C. R.; Rex, F. E. “Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para mensuração de processos florestais. *Enciclopédia Biosfera*, v.15, n. 27, p. 117 - 129, 2018.
- [3] 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 de RGB instaladas em aeronaves remotamente pilotadas”. *Embrapa Acre-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (INFOTECA-E), 2016.
- [4] Rebert, J.C.B; Botelho, M.F.; Pereira, M. A.; Moreira, L.M.F., Silva, J.M.; Molina, P.C. “Avaliação da influência da altura de voo de um drone na geração de ortofoto utilizando software Photoscan”. *8<sup>a</sup> Jornada Científica e Tecnológica e 5<sup>o</sup> Simpósio da pós graduação do IFSULDEMINAS*. Brasil, set. 2016. Disponível em: <<https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcpas/jspas/paper/viewFile/2342/1668>>. Acesso em: 21 mai. 2018.
- [5] Candido, A. K. A. A.; Silva, N. M.; Paranhos Filho, A. C. “Imagens de alta resolução espacial de veículos aéreos não tripulados (VANT) no planejamento do uso e ocupação do solo”. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 38, n. 1, p. 147-156, 2016.
- [6] Arruda, T. P. M.; Pimenta, A. S.; Vital, B. R.; Lucia, R. M. D.; Costa, F. C. “Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares”. *Revista Árvore*, v. 35, n.4, p. 949-955, 2011.
- [7] Botrel, M. C. G.; Trugilho, F. P.; Rosado, S. C. S.; Silva, J. R. M. “Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus”. *Revista Árvore*, v. 31, n.3, p.391-398, 2007.
- [8] Alves Júnior, L. R. ; Côrtes, J. B. R.; Silva, J. R.; Ferreira, M. E. “Validação de ortomosaicos e modelos digitais de terreno utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um vant”. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.67, n.7, p. 1453-1466, 2015.
- [9] Lemes, I. R.; Amorim, A.; Galo, M.; Camargo, P. O. “Influência do uso de pontos pré-sinalizados na qualidade de ortofotos geradas por imagens obtidas por RPAS”. *COBRAC – 12<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Brasil, out. 2016*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311611578>. Acesso em: 12 out. 2018.