



## AVALIAÇÃO DE ACURÁCIA EM LEVANTAMENTO AÉREO REALIZADO POR VANT COM AUXÍLIO DE PONTOS DE CONTROLE NO SOLO

Gabriel Paes Marangon<sup>1</sup>, Bruna Denardin da Silveira<sup>1</sup>, Carolina de Souza Lopes<sup>1</sup>,  
Matheus Teixeira Martins<sup>1</sup>, Rita de Cassia Machado Rodrigues<sup>1</sup>, Patricia Ferreira Oliveira<sup>1</sup>  
, Juan Douglas dos Santos Souza<sup>1</sup>, Adilberto Vieira Romero<sup>1</sup>

1 Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, RS, Brasil. E-mail: gabrielmarangon@unipampa.edu.br; brunasilveira@unipampa.edu.br; carolinalopes.aluno@unipampa.edu.br; mteixeiramartins@gmail.com; ritarodrigues.aluno@unipampa.edu.br; patriciaferreira.aluno@unipampa.edu.br; juansouza.aluno@unipampa.edu.br; adilbertoromero.aluno@unipampa.edu.br

Autor correspondente: Gabriel Paes Marangon. E-mail: gabrielmarangon@unipampa.edu.br.

### RESUMO

Os veículos aéreos não tripulados (VANTs), são aeronaves controladas remotamente, utilizadas em diversas áreas, como agricultura de precisão e manejo florestal. Essas aeronaves dependem de pontos de apoio, que são referências no solo para melhorar a qualidade das imagens e dos produtos gerados. O presente estudo buscou otimizar a distribuição de pontos de controle em uma área de tamanho reduzido na Universidade Federal do Pampa. Foram utilizados receptores GNSS e um VANT para coletar dados aéreos. O processamento das imagens foi realizado com um software específico, gerando produtos como ortomosaico e modelos digitais de superfície. Os resultados mostraram que os erros médios foram centimétricos, permitindo o uso desses modelos para coleta de dados de árvores e medições de terrenos. Conclui-se que os modelos gerados são adequados para diversas aplicações.

**Palavras-chave:** Drone; erros posicionais; pontos de apoio; pontos de verificação

### *ACCURACY ASSESSMENT OF AERIAL SURVEY UNDERTAKEN BY UAV WITH GROUND CONTROL POINTS ASSISTANCE*

#### *ABSTRACT*

*Unmanned aerial vehicles (UAVs), also known as drones, are remotely controlled aircraft widely used in precision agriculture and forest management. These aircraft rely on ground control points to improve the quality of images and generated products. The present study aimed to optimize the distribution of control points in a small-sized area at the Federal University of Pampa. GNSS receivers and a UAV were used to collect aerial data. The image processing was performed using specific software, resulting in products such as orthomosaics and digital surface models. The results showed that the average errors were in the centimeter range, allowing for the use of these models in tree data collection and land measurements. It can be concluded that the generated models are suitable for various applications.*

**Key words:** Drone; positional errors; ground control points; checkpoints

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



### INTRODUÇÃO

As aeronaves não tripuladas são operadas sem piloto a bordo e, dentre as não tripuladas, aquelas que são pilotadas por meio de uma estação de pilotagem Remota (RPS) são as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), conforme descrito na ICA 100-40 “Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro” (Brasil, 2023).

Exemplos de aplicações do uso da tecnologia VANT na agricultura e manejo florestal de precisão são: pulverização agrícola; na semeadura direta de espécies florestais em sítios de difícil acesso; identificação de locais de estresse fisiológico de culturas agrícolas ou florestais; mapeamento de precisão da propriedade por meio da construção de ortofotos; perfilamento com LiDAR da propriedade rural, dentre muitas outras aplicações que podem ser consideradas (Figueiredo *et al.*, 2018).

Os pontos de apoio são considerados pontos foto identificáveis, sendo constituídos por objetos, alvos, detalhes no terreno e que irão aparecer nas imagens aéreas para desta forma fazerem a relação entre o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno. Em áreas rurais são utilizados alvos artificiais que são implantados no terreno e que aparecem nas imagens, este tipo de levantamento é chamado de “voo pré-sinalizado”, geralmente os alvos são espalhados pelo terreno e logo em seguida é feito o voo. Os parâmetros iniciais ou de entrada são as informações do GPS embarcado, a maioria das aeronaves utiliza um receptor GNSS de navegação no qual apresenta um erro posicional em média de 5 a 10 metros.

A diferença entre os pontos de apoio e pontos de verificação seria que este segundo ocorre no processamento dos dados na aerotriangulação (processamento estatístico), onde os pontos de verificação não são utilizados, a sua utilização como o próprio nome sugere é verificar (atestar) a acurácia (qualidade posicional) dos produtos cartográficos gerados.

Diante do exposto, o presente estudo buscou otimizar a distribuição de pontos de controle em áreas a serem aerolevantadas na Unipampa (Universidade Federal do Pampa), *campus* São Gabriel, e determinando o número ideal de pontos de controle a serem distribuídos em área de tamanho reduzido, atestando um menor erro possível.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

A área de estudo é localizada na região centro-oeste do Rio Grande do Sul (RS), com aproximados 19,3 ha e localiza-se dentro do *campus* da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), distante em torno de 5 km do centro do município de São Gabriel, RS, Brasil. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen, com precipitação total média anual de 1424 mm e temperatura média anual de 19,5 °C (Alvares *et al.*, 2013). O solo da área apresenta característica de ser mal drenado e é classificado em sua maioria como Planossolo Háplico Eutrófico típico (Santos *et al.*, 2018).

### Dados de campo

Para a obtenção dos pontos de apoio em campo foram utilizados dois receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) de dupla frequência (L1/L2) da marca Spectra Precision modelo Epoch. A distribuição dos pontos de controle em campo foi realizada de forma a contemplar a área como um todo. Foram determinados 11 pontos no *software Google Earth Pro*, conforme Figura 1A. Os pontos de apoio foram inseridos no GPS de navegação para localização em campo. Foram instalados piquetes na área e após, realizada a coleta com o receptor GNSS (*rover*), enquanto o outro receptor com a função de base, estava instalado da forma fixa.



**Figura 1.** Distribuição dos pontos de apoio no campus da Unipampa e alvos artificiais usados nos vértices das parcelas e nos pontos de apoio (A), confecção dos alvos (B) Imagem obtida pelo VANT a 120 m de altura com detalhe do alvo em São Gabriel, RS, Brasil (C)

Foram usados alvos artificiais em campo a fim de visualizar os pontos de apoio nas imagens obtidas pelo VANT. Foi utilizado um TNT na cor branca, com a dimensão de 1 m<sup>2</sup>, onde foi pintado um alvo centralizado na cor vermelha e foi instalado o equipamento *Rover* para coleta das coordenadas, sendo o ponto central o de interesse (Figura 1B e 1C).

No levantamento aéreo realizado utilizando o VANT da marca DJI modelo Mavic 2 Zoom, o voo automatizado foi planejado no aplicativo DroneDeploy versão 4.1.0. Os voos ocorreram no dia 21/07/2022 entre 11:30 e 13:30, buscando evitar problemas com sombras. Antes do voo, os pontos de controle foram distribuídos em campo para posterior processamento dos dados e obtenção dos erros posicionais das coordenadas X, Y e Z.

### Processamento dos dados

O processamento das imagens foi realizado no software Agisoft Metashape Professional Edition 1.6.0, onde foi verificada a qualidade das imagens usando a ferramenta Estimate Image Quality. Após a primeira retificação das imagens, foram identificados os pontos de apoio e realizado um novo alinhamento com qualidade elevada. Em seguida, foram gerados o modelo de nuvem de pontos esparsos e o modelo de nuvem de pontos densos com qualidade elevada.

Com base nesses dados, foi gerado o modelo digital de superfície (MDS) e o ortomosaico, ambos com qualidade elevada. Também foi realizado o processo de filtragem da nuvem de pontos densos para obter o modelo digital de terreno (MDT). Ao final do processamento, o ortomosaico e o MDS foram exportados em formato TIF.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidas 229 imagens com GSD de 2,19 cm/pixel. Como pressuposto inicial para escolha do número ótimo de pontos de controle e pontos de verificação utilizou-se os erros referentes as coordenadas X, Y, Z e total para os diferentes processamentos realizados (Tabela 1). Todos os erros apresentados foram obtidos nos relatórios de processamento das imagens no *software Agisoft Metashape*. Os erros foram considerados baixos e isto é um fator importante para levantamentos topográficos.

Além disso, os produtos gerados a partir das imagens de VANT com esses erros baixos, podem ser utilizados para diversas finalidades, como: detecção automática de árvores em florestas; cálculos de índices de vegetação, que possibilitam localizar áreas menos vigorosas em florestas; geração de mapas para aplicação localizada de herbicidas e nutrientes, que poderão ser utilizados em GPS de máquinas modernas e para criar planos de voos automatizados para VANTs pulverizadores; localização de falhas de plantio, entre outras.

**Tabela 1.** Raiz quadrada dos erros médios (RMSE) das coordenadas X, Y, Z e total dos pontos de apoio e pontos de verificação usados no processamento das imagens obtidas por VANT em área de estudo na Unipampa em São Gabriel, RS, Brasil

Processamento	Pontos	RMSE (cm)			
		X	Y	Z	Total
1	4 pontos de controle	5,60	6,36	0,08	8,47
	4 pontos de verificação	8,97	20,41	36,02	47,86
2	6 pontos de controle	6,24	6,76	0,33	9,21
	4 pontos de verificação	16,71	24,15	37,79	47,86
3	7 pontos de controle	6,36	7,37	0,75	9,76
	4 pontos de verificação	14,82	22,67	36,46	45,42

De uma forma geral, ao se avaliar os resultados da Tabela 1, percebe-se que qualquer um dos processamentos poderia ser escolhido, afinal os erros foram considerados baixos e muitos próximos em relação aos valores, entretanto, considerando que o processamento 1 apresentou os menores erros médios referente as coordenadas X, Y e Z, optou-se pela escolha desta metodologia para áreas com até aproximadamente 20 ha, haja vista, que desta forma seriam distribuídos em campo uma menor quantidade de alvos, acarretando em menor gasto de tempo. Alguns dos produtos exportados como o ortomosaico e modelo digital de superfície, são demonstrados na Figura 2.

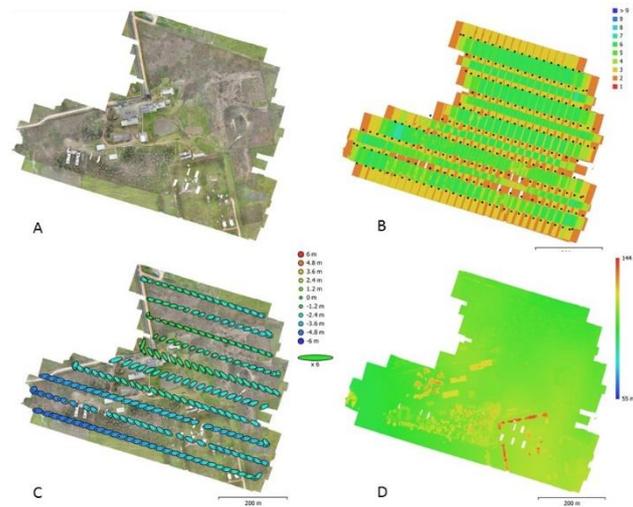
Produtos gerados como o ortomosaico e modelos digitais de superfície que podem, por meio dos pontos de controle e verificação coletados, serem utilizados para diversos fins e aplicações na área florestal. Os mosaicos controlados possibilitam a orientação do modelo fotogramétrico em relação à vertical permitindo uma melhor qualidade no mosaico.

### CONCLUSÃO

Os erros encontrados na casa dos centímetros e até milímetros nas coordenadas avaliadas, tornam os modelos gerados passíveis de uso para coleta de variáveis de árvores (área de copa, altura total e diâmetro a altura do peito), além de medições de terrenos, cálculos de volumes de pilhas de madeira, carvão, corte e aterro, dentre outros. Ademais, salienta-se que este estudo prevê

## VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

a quantidade de pontos de controle e verificação, distribuídos de forma homogênea, ideal para pequenas áreas (20 ha) e com pouca declividade, assim, outros estudos devem ser realizados em diferentes tamanhos de áreas para atender as variações e peculiaridades de cada local.



**Figura 2.** Produtos gerados a partir do processamento das imagens de VANT em área da Unipampa, localizado em São Gabriel, RS, Brasil. Em que: ortomosaico (A), mapa de sobreposição das imagens (B), localização da câmera e estimativa de erro (C), modelo digital de superfície (D)

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Brasil. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro: ICA 100-40.** Rio de Janeiro: Ministério da Defesa, 2023. 55p. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 15 Jul. 2023.

Figueiredo, E. O.; Figueiredo, S. M. M.; D'Oliveira, M. V. N.; Santos, E. K. M. **Manejo florestal 4.0: calendário preliminar de inventário florestal com aeronaves remotamente pilotadas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2018. 56p. (Embrapa Acre. Documentos, 155). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189962/1/26758.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2023.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberas, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Araujo Filho, J. C.; Oliveira, J. B.; Cunha, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5.ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 12 Jun. 2023.