

MENSURAÇÃO DA ALTURA TOTAL DE ÁRVORES COM VANT

Geovane Sestari¹, Edileize Holz², Renato Beppler Spohr³, Fábio Marcelo Breunig⁴

¹UFSM *campus* Frederico Westphalen e bolsista PET Engenharia Florestal, Linha 7 de Setembro s/n, geovaneseestari@hotmail.com; ²UFSM *campus* Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro s/n, edileize.holz@gmail.com; ³Prof. na UFSM *campus* Frederico Westphalen, Linha 7 de Setembro s/n, renato.spohr@ufsm.br; ⁴Prof. na UFSM *campus* Frederico Westphalen e do PPGGEO - UFSM e bolsista PQ 2 do CNPq, Linha 7 de Setembro s/n, fabiobreunig@gmail.com

RESUMO

No gerenciamento dos recursos florestais, a utilização de VANTs cresce em diferentes aplicações, sendo a possibilidade de mensurar parâmetros dendrométricos um dos principais interesses. Assim, o trabalho avaliou a efetividade da mensuração da altura total de árvores com produtos gerados com um VANT quadricóptero. A altura de 135 árvores foi medida à campo (método direto) e com imagens de VANT (*Phanton 4*, 80 m de altura). Avaliações qualitativas foram conduzidas. Os resultados mostraram que árvores de grande porte e com copa cheia de folhas, apresentaram ajuste do R^2 de 0,99 (RMSE de 0,54 m). Árvores de pequeno porte e caducifólias apresentaram baixos índices de correlação. As principais causas de erros foram associadas a distorções de bordas da imagem e baixa densidade foliar de algumas árvores.

Palavras-chave — VANTs, dendrometria, biometria, inventário florestal, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

In the forest resources management, the use of UAVs is growing at different applications, and the possibility to measure dendrometric parameters is one of the main interest. Thus, this work evaluated the effectiveness of the measurement of trees total height using UAV derived products. An amount of 135 trees were measured in the field (direct methods) and by UAV images (Phanton 4, 80 m). Qualitative assessments were conducted. The results showed that large trees with a canopy full of leaves presented R^2 adjustment of 0.99 (RMSE of 0.54 m). Deciduous and small trees presented low correlations. The main causes of errors were associated to image boundary distortions and the low leaf density of some trees.

Key words — UAV, dendrometric, biometry, forest inventory, remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas formas de gerenciamento dos recursos ambientais por meio de veículos aéreos não tripulados (VANTs), traz consigo o questionamento referente as possibilidades e a confiabilidade sobre as informações

obtidas, estando assim em fase de testes [1]. A substituição de um processo metodológico de obtenção de dados somente pode ser feita após a certeza da equivalência dos resultados obtidos aos resultantes dos métodos tradicionais.

No gerenciamento dos recursos florestais, os VANTs possuem crescente utilização em diferentes aplicações (i.e.: controle de focos de incêndios, visualização de áreas de difícil acesso, obtenção de medidas desejadas), tendo vantagens e desvantagens de acordo com o interesse de uso e usuário [2].

Os produtos gerados com os VANTs são diversificados, e dependem dos objetivos propostos. Dentre os mais comuns: (i) imageamento aéreo, (ii) ortofotos, (iii) ortomosaico, (iv) modelo digital de terreno (MDT) e (v) modelo digital de superfície (MDS).

Com esses produtos há possibilidade de obter diferentes dados da paisagem. A possibilidade de mensurar parâmetros dendrométricos [1], tais quais utilizados no processo de inventário florestal e de biomassa (i.e., altura total, área de copa, etc.), aumentam o interesse na utilização dos VANTs, haja vista o tempo e as dificuldades na obtenção desses parâmetros à campo, tendo como consequência elevados custos financeiros [3].

Contudo, a precisão e a exatidão nos dados obtidos por VANTs ainda não estão consolidadas para o seu efetivo uso, tal como está, por exemplo, o inventário florestal convencional. Por consequência, frequentemente são divulgados estudos apresentando metodologias e resultados obtidos com os VANTs para esta e outras áreas do conhecimento [4][5].

Nesse contexto, face ao questionamento da efetividade de obtenção de parâmetros dendrométricos por meio de voo aéreo em comparação com dados obtidos à campo, esse trabalho tem como objetivo avaliar a efetividade da mensuração de altura total de árvores com produtos gerados com um voo aéreo feito por um *Phantom 4*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado nos meses de maio e junho de 2018 em uma área pertencente à Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, RS (Figura 1). O clima da região é subtropical úmido com verão quente, tipo Cfa, com máximas iguais ou superiores a 22°C, mínimas entre -3 a 18°C e precipitação média anual entre 1.900 e 2.200 mm [6].

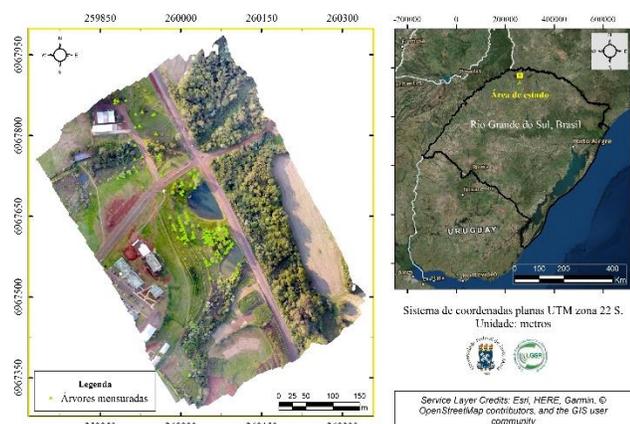


Figura 1. Localização da área de voo e das árvores mensuradas.

2.2. Dados coletados à campo

Foram demarcados 29 pontos de controle (PC) a partir de um marco geodésico, com coordenadas UTM 259675,821 m; 6967325,442 m; 506,780 m de altitude, zona 22 S, com a utilização de um *Global Navigation Satellite System* (GNSS) de dupla frequência e processamento em *real-time kinematic* (RTK), distribuídos ao longo das vias em marcos identificáveis no terreno e na imagem, tais como: cruzamentos de meio fios, postes e tampas de concreto de bueiros.

Três PCs foram determinados como pontos de visada para instalação e mensuração das alturas e coleta das coordenadas das árvores, com estação total *Leica TC-407*, através da função altura remota. Destes três pontos foi possível coletar dados de 135 árvores.

2.3. Dados aéreos

Foi feito um levantamento aéreo com um VANT *Dji Phantom 4*, com câmera RGB, sobre a área de estudo, totalizando 162 ortofotos. As imagens foram adquiridas a 80 m de altura, com sobreposições de 80%, em condições de céu limpo às 15 horas. A câmera utilizada foi o modelo padrão do *Phantom 4*, da fabricante *DJI*, com resolução de 12 Megapixels, distância focal de 20 mm (1/2.3", com f/2.8 e campo de visão de 94°) e dimensões da imagem de 4000 por 3000 pixels. A localização do drone e das fotos é realizada por sistemas GPS e GLONASS.

O georreferenciamento e processamento das ortofotos foi realizado no software *Argisoft PhotoScan*. Inicialmente as ortofotos foram georreferenciadas com a utilização de 12 dos

29 pontos de controle, obtendo-se os valores de erros apresentados na Tabela 1. Não foram testados pontos de validação independentes. Posteriormente seguiu-se os seguintes passos: alinhamento das fotos, construção da malha densa, classificação automática da nuvem de pontos e ajuste manual, construção do MDT e MDS e, por fim, construção do ortomosaico.

Cabe destacar que na geração da malha densa foram utilizados os parâmetros de qualidade e filtro de profundidade: *ultra high* e suave, respectivamente, com objetivo de melhor caracterizar os estrados vegetais. Enquanto que, para a classificação da nuvem de pontos foram mantidos os parâmetros *default* do software.

Em relação a construção do MDT e do MDS, foram considerados os parâmetros *default* do software, sendo o processo realizado somente com os pontos classificados como solo para o MDT, enquanto que, para geração do MDS foi considerada toda malha densa.

Para mensuração das alturas das árvores com os produtos do voo aéreo, foi calculada a diferença entre os modelos de superfície e de terreno [4], padronizando os valores negativos com valor zero e mantendo os valores positivos da subtração, conforme a fórmula (1), no software *ENVI Image Analysis*.

(1) $((b1 - b2) lt 0) * 0 + ((b1 - b2) ge 0) * (b1 - b2)$, onde: $b1$: modelo digital de superfície (MDS); $b2$: modelo digital de terreno (MDT); lt : operador lógico menor do que (<); ge : operador lógico maior ou igual (\geq).

Através do produto gerado com a equação (1), com o auxílio do ortomosaico e das coordenadas coletadas à campo, foram identificadas e extraídas as medidas de altura e área de copa das respectivas árvores mensuradas à campo.

2.4 Análises dos resultados

Inicialmente os dados foram filtrados entre as árvores que puderam ser identificadas somente à campo e as árvores que foram identificadas à campo e nas imagens. Após essa seleção, para estas árvores foram medidas as áreas de copa e feita uma análise gráfica e visual.

Posterior a isso, foram selecionadas as árvores nas quais a diferença de altura entre os dados de campo e voo aéreo diferiram em ± 2 m e que apresentavam boa densidade foliar visual. A partir dos dados selecionados foi feito um ajuste de um modelo linear e avaliado a correlação e a acurácia com os valores do coeficiente de determinação (R^2) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE), respectivamente.

Tabela 1. Precisão obtida com o georreferenciamento das ortofotos com o drone *Dji Phantom 4* nos pontos de controle.

N° de pontos	Erro Total	X_Erro	Y_Erro	Z_Erro
	RMSE - Metros (m)			
12	0.273888	0.120553	0.132951	0.206895

3. RESULTADOS

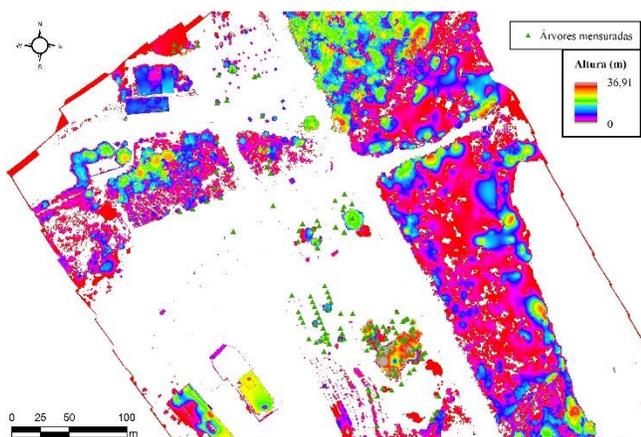


Figura 2. Diferença entre o MDS e o MDT.

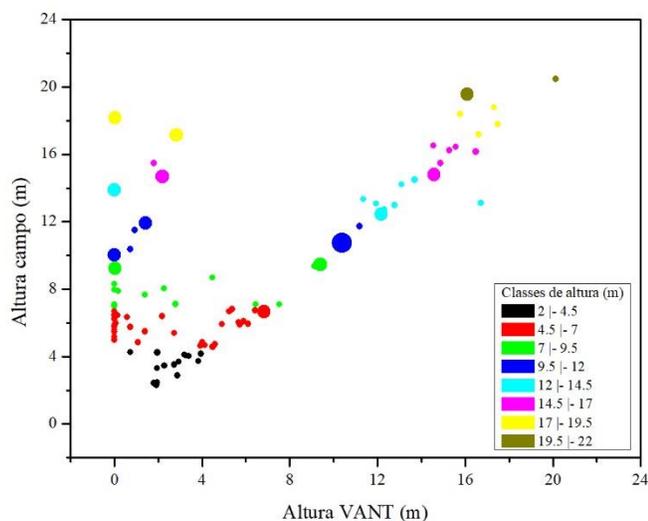


Figura 3. Dispersão das alturas medidas, em relação as classes de altura e tamanho de copas.

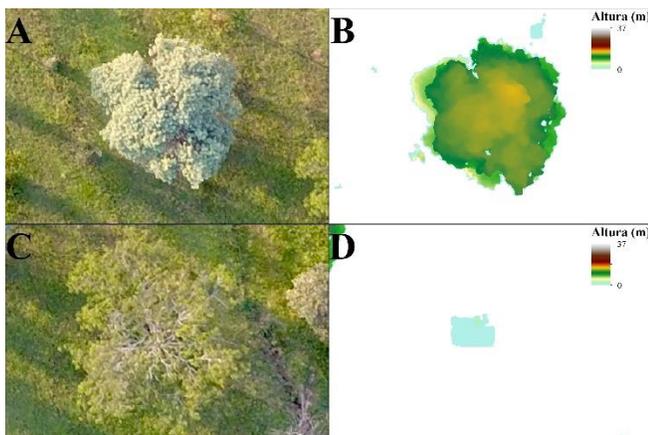


Figura 4. Comparação entre a densidade visual das copas e o resultado obtido na equação (1). (A e B – Copa com boa densidade foliar vista no ortomosaico e na diferença entre MDS e MDT; C e D – Copa com baixa densidade foliar vista no ortomosaico e na diferença entre MDS e MDT)

As alturas das árvores medidas à campo tiveram variação de altura entre 2,30 m e 22,52 m. A variação entre o MDS e o MDT está representado na Figura 2. As mensurações feitas nos pontos de copa das árvores com os modelos tiveram valores entre 0 m e 20,14 m.

A primeira classificação dos dados foi feita de acordo com a possibilidade de identificação das árvores à campo e com o voo aéreo. Das 135 árvores mensuradas, 94 puderam ser identificadas nas imagens. Para estas foram medidas as áreas de copas e classificadas em pequenas (0 - 35 m²), médias (35 < m² ≤ 105) e grandes (> 105 m²) (Figura 3), de acordo com a distribuição de frequência das áreas de copa.

A segunda classificação dos dados foi realizada com o intuito de remover possíveis erros de mensuração de altura à campo, assim como a partir da análise visual da densidade foliar das copas, uma vez que as árvores com menores densidades foliares tiveram maiores erros em relação as medidas de altura coletadas à campo (Figura 4). Nesse processo, foram selecionadas 50 das 94 árvores.

A partir das 50 árvores selecionadas foi realizado o ajuste de um modelo linear (Figura 5), onde obteve-se um R² de 0,99 e um RMSE de 0,54 m.

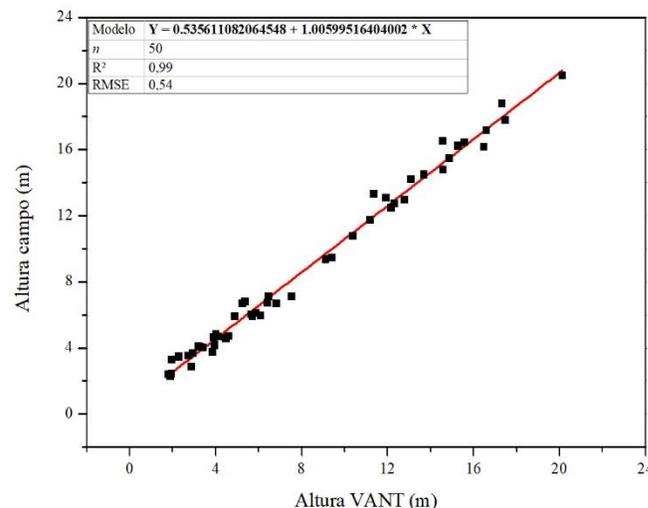


Figura 5. Modelo ajustado e parâmetros obtidos com a regressão linear, a partir de 50 árvores.

4. DISCUSSÃO

Com a análise dos resultados os principais pontos a serem destacados são as relações da altura total, área de copa e as densidades foliares das árvores influenciando na mensuração correta das alturas totais das árvores com o uso de dados do VANT.

No primeiro processo de filtragem dos dados, as árvores que não puderam ser visualizadas nas imagens foram relacionadas à qualidade dos produtos gerados, destacando a presença de áreas com ruídos e distorções principalmente nas bordas do MDS, MDT e ortomosaico. As distorções identificadas em regiões mais centralizadas não interferiram na mensuração da altura das árvores, embora tenham

dificultado, e em alguns casos inviabilizado, a distinção de copas adensadas [7]. Sendo assim, a viabilidade na quantificação das áreas de copas por meio do VANT é maior em áreas onde não se tem o fechamento do dossel completo ou em árvores isoladas.

Conforme a Figura 3, visualmente, as classes que abrangeram as alturas de 2 a 4,5 m e de 12 a 17 m, apresentaram maior número de resultados com elevada correlação aos dados coletados à campo. Em relação a área de copas não foi identificado algum comportamento semelhante.

Embora possa ter maior assertividade em determinadas classes de altura, o principal fator que representa esse resultado está relacionado a densidade foliar das árvores, conforme apresentado na Figura 4. Nas árvores com boa densidade foliar a mensuração da altura apresentou bons resultados. Para estas árvores e para as quais, concomitantemente, não possuíam sobreposição de copas com outras árvores, a determinação das áreas de copa foi facilitada.

Com os dados remanescentes após a segunda seleção, foi realizado o ajuste de um modelo linear devido ao comportamento da dispersão dos dados. O modelo apresentou elevado R^2 , representando que os dados possuem forte correlação, e um baixo RMSE, representando uma boa acurácia da equação (Figura 5) [3]. Contudo, quando comparado os valores do RMSE do georreferenciamento em altitude (RMSE em $z \cong 0,21$ m), Tabela 1, as mensurações feitas foram menos acuradas, podendo representar o erro na precisão dos modelos associados às medições feitas no método direto. Apesar disto, a mensuração da altura total de árvores nesse caso apresentou resultados satisfatórios considerando as árvores com boa densidade foliar visual.

Como último ponto a destacar, em áreas com vegetação nativa ou plantação de espécies caducifólias, fato inerente ao local de estudo, a coleta de dados por meio de VANTs torna-se limitada pela baixa densidade foliar em determinada épocas do ano. Nas demais situações, a limitação pode estar na sobreposição das copas e na qualidade dos produtos, que possui relação com a escala da análise conduzida. A altura do voo deve ser avaliada em estudo mais detalhado.

5. CONCLUSÕES

A mensuração das alturas foi eficaz para 50 das 135 árvores medidas à campo, para quais apresentaram alta correlação com os dados de campo (R^2 de 0,99), representando uma boa perspectiva para utilização dos produtos gerados por meio de

voo com VANTs para mensuração da variável altura total. As principais causas de erros estão associadas a distorções de bordas da imagem, a sobreposição de copas e a baixa densidade foliar de algumas árvores em determinados períodos do ano.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro (processos nº 309030/2017-0 e 113769/2018-0) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), projeto Edital 04/2016 - Programa de Nucleação de Grupos de Pesquisa (Processamento de Imagens aplicado a Agricultura de Precisão utilizando Sistemas Embarcados em Veículos Autônomos Não-Tripulado).

7. REFERÊNCIAS

- [1] TANG, Lina; SHAO, Guofan. Drone remote sensing for forestry research and practices. **Journal Of Forestry Research**, [S.l.], v. 26, n. 4, p.791-797, 21 jun. 2015.
- [2] PANEQUE-GÁLVEZ, Jaime et al. Small drones for community-based forest monitoring: An assessment of their feasibility and potential in tropical areas. **Forests**, [S.l.], v. 5, n. 6, p.1481-1507, 24 jun. 2014.
- [3] LI, Dan et al. Estimation of forest aboveground biomass and leaf area index based on digital aerial photograph data in Northeast China. **Forests**, [S.l.], v. 9, n. 5, p.275-298, mai. 2018.
- [4] JORGE, Lúcio André de Castro; INAMASU, Ricardo Y.. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão. In: BERNADI, Alberto Carlos de Campos et al (1ª Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 8. p. 109-134.
- [5] HOLLER, Wilson Anderson et al. Avaliação de acurácia e precisão de modelos digitais de superfície a partir de diferentes aeronaves remotamente pilotadas. **Revista Técnico-científica do Crea-PR**, Curitiba, PR, v., n. 13, p.1-20, set. 2018.
- [6] ALVARES, Clayton Alcarde. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart. v. 22, n. 6, p. 711 - 728, 2014.
- [7] SOARES, Paula et al. A utilização de veículos aéreos não tripulados no inventário florestal: o caso do montado de sobre. **Ordem dos Engenheiros: Anais da VIII CNCG**, Lisboa, POR, v. 8, n. 1, p.1-8, out. 2015.