



Comparação do uso de Hipsômetro Haglof e RPA na estimativa de altura de povoamento de *Toona ciliata* M. Roem.

Marcelo Nunes Vilas Boas¹
Anthonny Vitória dos Santos Silva¹
Eric Bastos Görgens¹
Marcio Leles Romarco de Oliveira¹
Pedro Alves Marques¹
Juliana Fonseca Cardoso¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
(boas.marcelo@ufvjm.edu.br; anthoinny.silva@ufvjm.edu.br; eric.gorgens@ufvjm.edu.br;
marcioromarco@ufvjm.edu.br; alves.marques@ufvjm.edu.br; juliana.cardoso@ufvjm.edu.br)

RESUMO: *A medição de altura no inventário florestal é uma atividade demorada se comparada à medição do diâmetro. Métodos fotogramétricos aplicados a imagens coletadas por aeronaves remotamente pilotadas (RPA) podem ser uma alternativa para a medição da altura. A área de plantio de *Toona ciliata* M. Roem está localizada no município de Curvelo-MG, ocupando uma área de 5,62 ha. Neste trabalho, foram comparadas as estimativas de altura pelos métodos fotogramétricos e hipsômetros. O Teste F de Graybill indicou que os métodos foram estatisticamente distintos. A diferença entre métodos foi de 7,40m³ para toda a área. A utilização de RPA's para obtenção da variável altura dentro de um inventário volumétrico se apresenta como promissora.*

Palavras-chave: drone, vant, inventário, teste f, cedro africano.

Introdução

As alturas em florestas equiâneas são comumente obtidas por meio de hipsômetros. Deseja-se que o instrumento seja de boa precisão, fácil manuseio e possa ser aplicado em áreas com declividades (Wink et al., 2022). Porém, na prática, a medição de altura é uma das atividades mais lentas no processo de inventário, além de frequentemente resultar em erros de não amostragem.

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA) tem se mostrado com poderosas ferramentas para auxiliar no processo de inventário florestal e coleta de informações importantes sobre o povoamento florestal (Sousa, 2017, Vituriano & Rodrigues, 2021). Por meio de imagens coletadas por RPA, aplicadas a métodos fotogramétricos, em conjunto com o inventário florestal, há possibilidade de melhorar a quantificação da biomassa florestal (Sequeira, 2022).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a aplicação de métodos fotogramétricos, por meio de fotografias obtidas por RPA, para a obtenção da variável altura em plantios de cedro africano (*Toona ciliata* M.Roem.) em Curvelo, Minas Gerais, Brasil.



Material e métodos

Situada na bacia do rio São Francisco, a área de estudo está localizada em área privada denominada Fazenda das Pedras (19°3' S; 44°35' O), próximo ao vilarejo denominado Buriti da Cachoeira, no município de Curvelo – MG. A área do plantio de cedro australiano (*Toona ciliata* M.Roem.) ocupa 5,62 ha. O povoamento florestal foi implantado em fevereiro de 2016, em arranjo de 7,2 m x 4,5 m.

Foi realizado o inventário 100% (censo) dos indivíduos, em agosto de 2022. Todos os indivíduos do povoamento tiveram a circunferência à 1,30 m de altura (CAP) medida com fita métrica e a altura total (H) estimada por meio de um hipsômetro Haglof. Em fevereiro de 2022 a área foi sobrevoada com uma RPA DJI, modelo MAVIC 2 PRO com quatro motores, uma unidade de medição inercial (IMU) e um sistema de navegação global por satélite (GNSS). Foram capturadas imagens RGB, com uma câmera embarcada de modelo L1D-20c e lente de 10,26 mm. A missão de voo foi programada com sobreposição frontal de 75% e lateral de 65%, em esquema de grade dupla e altura de 60 m.

O processamento das imagens do RPA foi feito no software Agisoft MetashapePro versão 1.0.0.1 visando obter o modelo digital de elevação (MDE), o modelo digital de terreno (MDT) e o ortomosaico. Os parâmetros utilizados no processamento de imagens, se diferiram entre as etapas, de forma que, para realização do alinhamento das imagens, utilizou-se precisão elevada com pré seleção referenciada; Na densificação da nuvem de pontos, foi utilizada a qualidade elevada de construção, com filtro de profundidade moderado, evidenciando objetos médios e grandes; A classificação da nuvem de pontos, consistiu na determinação dos pontos referentes ao solo, outliers, pontos corroídos e não solo; O modelo digital de elevação (MDE) foi produzido sobre a nuvem de pontos, visando obter maior diferenciação possível entre os pixels, todos os pontos da nuvem foram utilizados, exceto os outliers e pontos corroídos, foi utilizada a interpolação entre vazios; De maneira semelhante ao (MDE), o modelo digital de terreno (MDT), também foi produzido sobre a nuvem de pontos, visando obter maior diferenciação possível entre os pixels, entretanto utilizou-se somente os pontos classificados como pontos de solo, a interpolação entre vazios também foi utilizada. A resolução foi de 2,41 cm no ortomosaico, 4,23 cm no modelo digital de elevação e no modelo digital de terreno. Os erros de geolocalização X (Leste/Oeste), Y (Norte/Sul) e Z (Altitude) foram estimados em 1,12; 1,27; e 1,85 metros respectivamente.

Utilizando o software QGIS versão 3.22.6, todos os indivíduos foram vetorizados de forma semiautomatizada, utilizando o complemento *Tree Density*, com uma janela de busca de 4m, seguida pela vetorização manual de indivíduos não identificados, retirada de vetorizações duplicadas e



indivíduos vetorizados equivocadamente. A camada vetorial com os indivíduos localizados foi sobreposta ao DEM e os valores de elevação em relação ao nível do mar foram extraídos para cada um dos indivíduos. Sobrepondo o mesmo arquivo vetorial ao DTM foi obtido a elevação do terreno para cada indivíduo. A altura total (H) de cada indivíduo foi obtida subtraindo o valor de elevação pelo valor do terreno.

Utilizando o software RStudio versão 4.2.2, foram avaliadas somente árvores normais, ou seja, retirou-se todos os indivíduos suprimidos, com tortuosidade e falhas. A comparação entre os métodos de amostragem, foi realizada mediante o teste F de Graybill (1976), como proposto por Leite & Oliveira (2002). Além disso, foi determinada a diferença entre os métodos na volumetria final do povoamento. Para obtenção do volume, foi utilizado o fator de forma de 0,541286 (Kalil Filho, 2019).

Resultados e discussão

Teste F de Graybill, a 95% de significância, indicou diferenças estatísticas entre os dois métodos (F crítico = 4,74; F calculado = 21,64). Avaliando os efeitos ocasionados pelas diferenças entre os dois aparelhos, verificou-se que as alturas médias coletadas através do processamento de imagens de RPA, foram em média menores que as alturas médias coletadas pelo hipsômetro de haglof, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Alturas médias/classe e estatísticas descritivas.

CC	Hipsômetro (m)	RPA (m)	Diferença (m)	Desvio Padrão (m)	Diferença (%)
11	8,17	6,73	-1,44	1,74	15,59
13	8,24	7,66	-0,58	0,53	6,78
15	9,27	8,61	-0,67	0,46	7,07
17	10,10	9,50	-0,60	0,61	5,54
19	10,80	10,22	-0,58	0,64	5,07
21	11,51	10,76	-0,74	0,69	6,22
23	12,13	11,08	-1,05	0,75	8,38
25	12,07	11,66	-0,42	0,56	3,24
27	12,60	12,30	-0,30	1,77	1,15

É possível observar, que a classe que apresentou maior diferença percentual foi a de menor estatura diamétrica, e de menor volume. A classe diamétrica que apresentou menor diferença foi a de maior estatura diamétrica e de maior volume. A diferença pode ser explicada pela limitação do método fotogramétrico em identificar objetos de dimensões menores (Brandalize, 2001).



Tabela 2. Volumes calculados por classe e total, por ambos os métodos.

CC	V Hipsômetro (mt)	V RPA (mt)	Diferença (mt)
11	0,25	0,2	-0,042
13	0,98	0,92	-0,068
15	5,31	4,93	-0,384
17	25,37	23,88	-1,491
19	47,01	44,51	-2,507
21	30,32	28,36	-1,958
23	9,81	8,95	-0,854
25	2,18	2,11	-0,077
27	0,75	0,73	-0,018
Total	121,99	114,59	-7,4

Visando avaliar os efeitos das diferenças entre as alturas encontradas pelos dois métodos sobre a estimativa de volume, foram calculados os volumes por classe e total (Tabela 2). Desta forma, verificou-se que a subestimativa de altura no método fotogramétrico acarretou em uma diferença de 7,40 m³, nos 5 ha estudados.

Conclusões

Houve diferenças estatísticas entre as alturas para o plantio de Cedro, embora o hipsômetro seja o tradicionalmente aplicado e possua precisão considerável, a fotogrametria se apresentou como um método promissor de aplicação em povoamentos equiâneos, pois os erros médios ficaram dentro da margem (Z), apontada pelo software pós processamento das imagens coletadas pela RPA, de 1,85m. Melhorias metodológicas com a finalidade de minimizar o erro Z, como a utilização de pontos de controle coletados em solo, através de aparelho GNSS, se apresenta como um ponto promissor a assegurar maior exatidão ao levantamento.

Referências bibliográficas

- BRANDALIZE, A. A. Perfilamento a LASER: comparação com métodos Fotogramétricos. In: XX congresso Brasileiro de Cartografia, Rio Grande do Sul, Brasil. 2001.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas (636 p.). Viçosa: Editora UFV, 2017.
- KALIL FILHO, A. N. et al. Determinação do fator de forma do cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. Muell.) Bahadur). 2019.
- GRAYBILL, F. A. Theory and application of the linear model. Massachusetts: Ouxburg Press, 1976. 704 p.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test identity between analytical methods. Communications in soil science and plant analysis, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002. DOI:<https://doi.org/10.1081/CSS-120003875>



SEQUEIRA, M. C. Estimativas dendrométricas obtidas por vant para *Swietenia macrophylla* king em um sistema agroflorestal. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

SOUSA, H. L. Sensoriamento Remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações. Revista Brasileira de Geomática, v. 5, n. 3, p. 326-342, 2017.

VITURIANO, V. S.; Rodrigues, Y. D. Estimativa da área basal de povoamento de *Khaya* spp imagens aéreas no município de Curionópolis - PA. 2021. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, 2021.

WINK, C.; LIMA, S. B.; CURTO, R. D. A.; ARAUJO, E. J. G. Celulares, aplicativos e operadores na mensuração florestal. BIOFIX Scientific Journal, v.7, n.1, p.46-52, 2022.

