

USO DE IMAGENS DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS NO INVENTÁRIO DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

Roneise de Jesus Lima¹; Aldair Rocha Araujo²; Elton da Silva Leite³; José Ricardo Gonçalves Magalhães³

(1) Mestranda em Solos e Qualidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Estr. p/ A Escola de Agronomia - Bairro Primavera, CEP 44380-000, Cruz das Almas - BA

(2) Professor, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Estr. p/ A Escola de Agronomia - Bairro Primavera, CEP 44380-000, Cruz das Almas - BA
isedelima@gmail.com, aldairrocha1@gmail.com, eltonleite@gmail.com, j.ricardo_magalhaes@hotmail.com

Identificação do evento: Apresentado no IV Congresso Brasileiro de Eucalipto – 07 a 08 de agosto de 2019, Salvador/BA

RESUMO: Veículos aéreos não tripulados (VANT's) estão se tornando uma ferramenta muito popular no cenário florestal, aliado a técnicas de processamento de imagens tem sido foco de muitas pesquisas. O objetivo deste trabalho é apresentar técnicas que possam ser utilizadas imagens obtidas de VANT para inventario florestal de plantações de eucalipto. As imagens do VANT permitiram a geração de produtos, como modelo digital de elevação (MDE), modelo digital do terreno (MDT) e ortomosaico e a partir destes avaliou-se altura e falhas/mortalidades. O MDE apresentou altitude de 179 a 243 m, o MDT variou entre 214 a 230 m e o ortomosaico apresentou-se com uma Distância de Amostra do Solo (GSD) de 3,5 cm/pixel, RMSE de 1,90 m. Os resultados ainda comprovam a identificação e mensuração de 98,22% das árvores do povoamento. Os resultados podem subsidiar estudos que visam aumentar a eficiência dos métodos de medição de inventario florestal.

Palavras chave: Sistemas de informações geográficas, processamento digital de imagens, manejo florestal.

INTRODUÇÃO

O inventário é a principal ferramenta do manejo florestal. Envolve todo um planejamento que diz respeito ao método utilizado e a área em efetuada (CARNEIRO, 2015). Sendo possível obter informações necessárias para subsidiar as tomadas de decisões sobre medidas silviculturais, necessidade de implantar novas florestas, prevenir incêndios, doenças e insetos (ANJOS, 2017).

Tradicionalmente nas empresas florestais, o processamento dos inventários é realizado com base nos conceitos da estatística clássica, onde as variações espaciais de uma determinada característica são tidas como independentes, desconsiderando-se as correlações espaciais que possam existir entre as unidades amostrais, mesmo quando estas estão presentes, necessitando de equipamentos caros e grande quantidade de profissionais, afirmam Guedes et al., (2015).

A obtenção de dados a partir de inventario florestal tradicional de determinado fragmento esbarra na dificuldade de processamento dos dados, nos altos custos e no elevado tempo gasto, sendo o uso de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) aliado ao sensoriamento remoto (SR) podem ser ferramentas úteis e eficazes na mensuração florestal (SANTOS et al. 2017).

Os veículos aéreos não tripulados (VANT's) têm se mostrado excelente ferramenta para o planejamento e obtenção de informações para inventario florestal, pois permitam coletar imagens de alta resolução, e de grandes áreas em um curto espaço de tempo e com maior frequência possibilitando o mapeamento frequente de áreas com um menor custo, principalmente, quando comparado a imagens obtidas por satélite, afirma Silva Neto (2015).

Os plantios florestais com espécies de rápido crescimento, principalmente com a espécie Eucalipto, teve significativa expansão a partir dos anos 60, o que tornou crescente o suprimento de matéria prima pelas florestas plantadas em substituição da extração vegetal de origem nativa (MOREIRA et al. 2017).

A partir da utilização de imagens de VANTs de áreas inventariadas e do processamento delas, seria possível conhecer a altura e mortalidade, por exemplo, e assim a partir de amostragens reduzidas na população, verificar a relação dos parâmetros de obtenção possíveis via sensoriamento remoto com os parâmetros convencionais de altura e mortalidade. O objetivo deste trabalho é demonstrar potenciais utilizações do VANT é técnicas de processamento digital de imagens no inventário de um povoamento de eucalipto como recurso de estimativa de altura e mortalidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução desse estudo foram utilizadas imagens de um voo realizado sobre um plantio de eucaliptos, situado no município de Cruz das Almas – BA. O clima da região segundo Köppen (1948), enquadrar-se como As, tropical com ocorrência de inverno chuvoso. O solo do local é classificado como Latossolo Amarelo álico coeso (ALVES et al, 2010).

O plantio foi realizado em área experimental pertencente à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em

setembro de 2013, com o híbrido de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, utilizando um espaçamento de 3,0 x 3,0 m.

As fotografias aéreas foram obtidas no dia 17 de outubro de 2018 por volta das 13:30h, aos cinco anos de idade do povoamento, utilizando-se o VANT DJI Phantom 4 Pro equipado de uma câmera RGB de 20 megapixel. Para o planejamento do voo, foi utilizado o software DroneDeploy. Na operação foram informados os seguintes parâmetros: altura de voo de 100 metros acima do solo, resultando em uma distância de amostra do solo (GSD) de 3,5 cm/pixel; sobreposição lateral de 80%; recobrimento frontal de 60%.

O processamento das fotografias foi realizado com o software Agisoft PhotoScan, no qual foram realizadas as etapas de inclusão de fotos, inclusão de 4 pontos de controle para correção geométricas de fotos, ajuste dos pontos de controles sobre as fotos, alinhamento das fotos, nuvem densa de pontos, malha de triangulação, modelo digital de elevação, modelo digital do terreno e ortomosaico.

No Sistema de informações Geográficas ArcGIS 10.5, o MDE e o MDT foram utilizados para que pudessem extraídas as diferenças de altitudes da copa das plantas e da superfície do terreno adjacente para o cálculo das alturas utilizando a ferramenta *Raster Calculator*. Às plantas foram identificadas por meio de rotação da malha de pontos obtida pela extensão *Hawth'Tools*, em seguida expandiu o ponto de posicionamento da árvore para a área de ocupação aplicando a ferramenta buffer de um metro de raio (dois metros de diâmetro), extraíndo os valores do MDE e MDT com a ferramenta *extract multi values to point*, e por fim, calculou o ponto de máxima altura nas áreas de cada árvore por meio da ferramenta *field calculator* na tabela de atributos. Estas operações permitiram identificar a maior altura da árvore na área no buffer, aumentando a precisão.

Para validação da metodologia foram utilizados dados de altura obtido no Inventário Florestal realizado a partir do dia 17 de outubro de 2018, através do hipsômetro a laser TruPulse 200B com precisão de $\pm 0,2$ m. Avaliou-se a precisão por meio da análise descritiva da altura, especialmente pelo cálculo do erro quadrático médio (RMSE), equação 1, conforme utilizado no trabalho de Ferreira et al. (2017). O RMSE foi avaliado a partir de seleção sistemática de 250 plantas do ortomosaico (totalizando 37% do experimento), obtendo as medidas de altura destas árvores do inventário e VANT.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N (He - Hi)^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

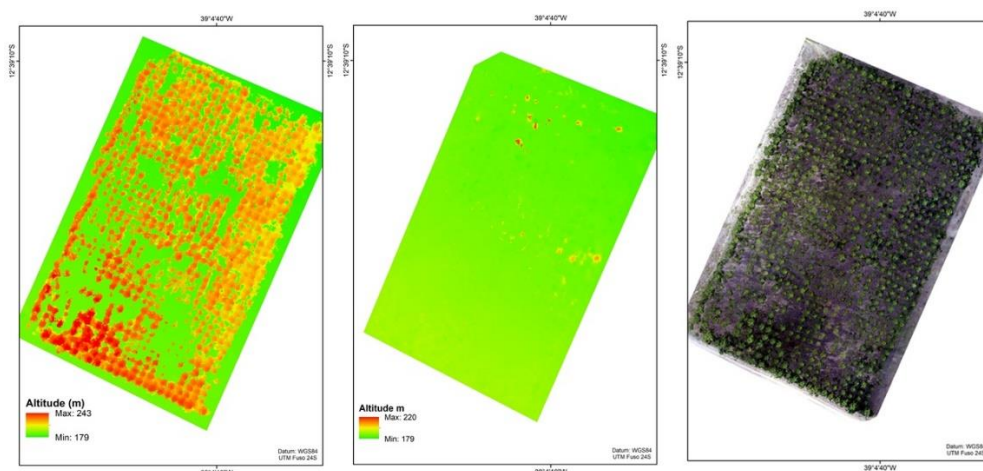
em que: RMSE = erro quadrático médio (m); He = altura estimada pelo VANT (m); e Hi = altura do inventário (m).

As falhas/mortalidade de plantio foram estimadas, de forma automática, utilizada a extensão *Hawth'Tools* e aplicação de máscara. A partir da identificação de ausência de copas das árvores do povoamento ocorreu a extração da máscara de cada parcela estimando as ausências de árvores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo digital de elevação (MDE) variou de 179 a 243m e o modelo digital do terreno (MDT) variou 179 a 220m na área do povoamento de eucalipto (figuras 1A e 1B). O povoamento de eucalipto no MDE está representado pelas áreas mais claras e no MDT as áreas mais claras apresentou maior elevação.

Figura 1: Modelo digital de elevação- A, Modelo digital do terreno-B e Ortomosaico-C do povoamento de eucalipto.



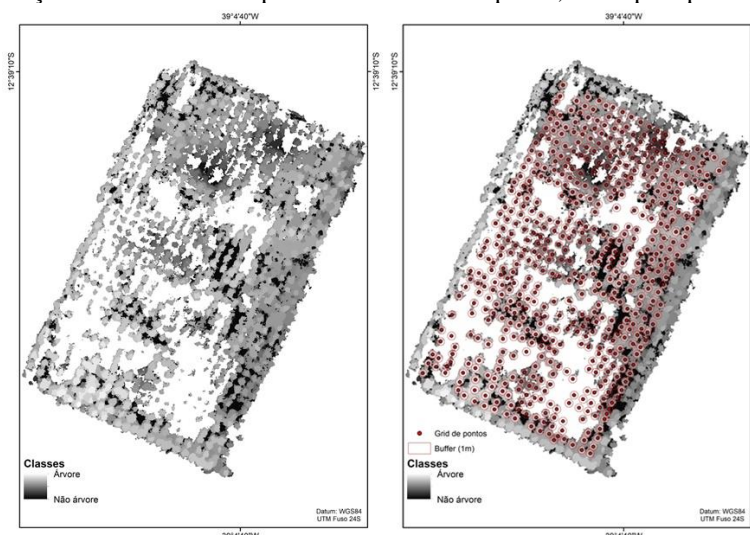
O MDE obtido por imagens de alta resolução, devido ao GSD em cm, apresentou textura mais rugosas, diferenciação entre tonalidades de coloração e formas, evidenciando maior potencial de diferenciação em relação a altitude. A diferença das medias das alturas obtidas no inventário (18,47m) e pela imagem do VANT (17,51m) foi de 0.96m menor para a mensuração do VANT. Desta forma, o modelo digital de altura de árvores extraídos a partir dessa subtração, apresenta tendência de subestimativa, corroborando com o trabalho de Almeida et al. (2014).

O erro quadrático médio (RMSE) foi de 1,90m, representando 10% de erro médio em relação as médias observadas no inventario convencional. O valor de RMSE encontrado é próximo ao observado em trabalho com sensores LIDAR. Corroborando com Silva et al. (2017) que definiu valores de RMSE abaixo ou igual a 10% como satisfatório, quando baseados em inventario convencional, comprovando a eficiência da utilização de VANT's na mensuração de altura para eucalipto devido a resolução desses sensores serem próximas.

O valor de RMSE neste estudo está relacionado a alta resolução espacial do VANT, permitindo obter pequenas feições presentes na superfície como a rugosidade do terreno e do povoamento de eucalipto. Entretanto, ao se considerar o RMSE encontrados, a praticidade do método e a possibilidade de abrangência de 37% da área inventariada. Ademais, as diferenças do RMSE podem ser influenciadas pelo erro do hipsômetro, que neste estudo era de $\pm 0,2$ m e às medições de campo que podem ocorrer sobreposições de galhos dificultando a visualização do ponto mais alto da árvore, podendo superestimar as alturas de inventário tradicional.

O resultado da álgebra subtração de mapas do MDE e MDT pode ser observado na figura 2A. A área segmentada nas duas classes: não árvores em tons mais escuro e árvores em tons mais claros, apresentando as áreas ocupadas pelo povoamento de eucalipto (figura 2B) e a individualização das plantas, ressaltando que o efeito de borda não foi analisado.

Figura 2. Mapa de subtração MDE e MDT do povoamento de eucalipto-A, eucalipto aplicado-B



No ortomosaico foram identificadas 663 plantas, subestimando 1,78% do total de arvores apresentadas no inventário convencional, que foi 675 árvores. Ou seja, segundo análises no ortomosaico, a mortalidade no povoamento foi de 12 plantas. Entretanto, este valor é considerado baixo e este erro pode ser identificado visualmente e manualmente pelo espectro das imagens obtidas pelo VANT podendo avaliar melhor estas áreas. Corroborando a pesquisa de Araújo et al. (2005), que avaliaram a viabilidade das imagens aéreas para levantamento das falhas de plantios onde obtiveram mortalidade de 16,5% em uma amostragem de 1.969 árvores. Esta pesquisa resultou na identificação e mensuração de 98,22% das árvores do povoamento, este valor é muito superior ao número de árvores para determinação do inventário tradicional nas empresas conforme estudos de Binoti et al. (2014), evidenciando o potencial do VANT no inventário floresta.

CONCLUSÕES

O uso de VANT proporcionou a confecção do ortomosaico, MDE e MDT de boa qualidade, possibilitando extrair as informações necessárias para o inventario florestal e permite aplicar técnicas rápidas e precisas para estimar a altura, área foliar, falhas/mortalidade de povoamentos de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. Q. de; MELLO, A. A. de; DÓRIA NETO, A. L.; FERRAZ, R. C. Relações empíricas entre características dendrométricas da Caatinga brasileira e dados TM Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 4, p.306- 315, abr. 2014.

ALVES, M. da S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; ANDRADE NETO, T. M. de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Revista Ceres**, v.57, p.125-131, 2010.

ANJOS, C. S. dos. **O sensoriamento remoto como ferramenta para planejamento de inventários florestais por índice de vegetação**. 2017. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Universidade Federal De Pernambuco. Recife, 2017.

ARAÚJO, M. A.; CHAVIER, F.; DOMINGOS, J.L. Avaliação do Potencial de Produtos Derivados de Aeronaves Não Tripuladas na Atividade Florestal. **Ambiência**, v. 2 Edição Especial 1. 2006

BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. S.; LEITE, H. G. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.125-129, 2014.

CARNEIRO, D. C. **Uso de sensoriamento remoto como ferramenta para estimar características dendrométricas de um povoamento de *Pinus taeda* L.** 2015. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba, 2015.

FERREIRA, R. M. e MARCACINI, R. M. Avaliação de Classificadores para Segmentação de Imagens: Aplicações para Inventário Florestal de Eucalipto. Cornell University, arXiv:1703.09436v1 [cs.CV] 28 Mar 2017.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: **Fondo de Cultura Economica**, 1948. 478 p.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais. cap. 1 In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076130/plantacoes-florestais-geracao-de-beneficios-com-baixo-impacto-ambiental>>. Acesso em: junho/2019.

GUEDES, I. C. de L.; MELLO, J. M. de; SILVEIRA, E. M. de O.; MELLO, C. R. de; REIS, A. A. dos; Gomide, L. R. Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de *eucalyptus sp.* avaliada ao longo do tempo. **CERNE**, v. 21 n. 4, p. 527-534. Lavras, 2015.

SANTOS, M. M.; MACHADO, I. E. S.; CARVALHO, E. V.; VIOLA, M. R.; GIONGO, M. Estimativa de parâmetros florestais em área de cerrado a partir de imagens do sensor oli landsat 8. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 75-83, jan. / mar. 2017.

SILVA NETO, Manoel (Ed.). **Planejamento de Voo e GSD**. 2015.

SILVA, C. A.; KLAUBERG, C.; MENDONÇA, B. A. F. de. E.; CARVALHO, S. P. C. S E. Efeito da densidade de pontos LiDAR na predição da altura em plantações de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 115, p. 481-492, set. 2017