

UTILIZAÇÃO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS EM ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DOS CULTIVARES EXPERIMENTAIS DE EUCALIPTO

Christopher Horvath Scheibel¹; Lucas Galdino da Silva²; Gabriel Paes Marangon³;
Vania Aparecida de Sá⁴; Jhonathan Gomes dos Santos⁵

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias de Alagoas (CECA), BR 104, Km 85, s/n, Rio Largo – AL, CEP 57.100-000. e-mail: chsa889a@gmail.com.

⁽²⁾ Graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias de Alagoas (CECA), BR 104, Km 85, s/n, Rio Largo – AL, CEP 57.100-000.

⁽³⁾ Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria (2015), Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa, Av. Antônio Trilha, 1847 - Centro - São Gabriel, RS - 97300-162.

⁽⁴⁾ Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras (2014), Professora Classe 4 da Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias de Alagoas (CECA), BR 104, Km 85, s/n, Rio Largo – AL, CEP 57.100-000.

⁽⁵⁾ Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação pela Universidade Federal de Pernambuco (2012), Professor da Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias de Alagoas (CECA), BR 104, Km 85, s/n, Rio Largo – AL, CEP 57.100-000.

Identificação do evento: IV Congresso Brasileiro de Eucalipto, de 07 a 08 de agosto de 2019, Salvador – Bahia.

RESUMO: Objetivou-se a realização de um levantamento aéreo em áreas experimentais quanto a resolução espacial e temporal em cultivares de clones de eucalipto, sendo observado a espacialização, sua vitalidade e seus tratamentos. Localizados no Centro de Ciências Agrárias de Alagoas – UFAL, por meio do uso de uma RPA (veículo aéreo remotamente pilotado). Para o presente estudo, contou-se com o auxílio de geotecnologias como posicionamento por satélites - *GNSS e INS* (embarcado), aerofotogrametria digital, onde utiliza-se do processamento de imagens aéreas digitais e sensoriamento remoto para geração de modelos digitais de superfícies (MDS) e ortofoto. Avaliando-se a área experimental dos clones de eucalipto a partir dos produtos gerados (ortofoto e MDS), foi dirigida observações do grau de sobrevivência, falhas de plantio, possíveis ataques de pragas e o desenvolvimento da área, neste, foi observado uma taxa de mortalidade inferior a 2% de indivíduos na área total do experimento; e áreas com depreciabilidade quanto ao desenvolvimento dos clones. Outro aspecto com grande relevância foi uma maior celeridade no nível de obtenção de informações preliminares em plantios florestais com o uso de tecnologia VANT, que permitiu a diminuição da equipe em campo, com avaliações amplas e bom grau de detalhamento dados (imagens) quase que em tempo real, com resultados consistentes quando comparados aos observados em campo.

Palavras-chave: Drone; *Eucalyptus spp.*; Sensoriamento Remoto; RPA.

INTRODUÇÃO

Diante do desenvolvimento tecnológico de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) - sendo a sigla em inglês RPA - ganharam notoriedade nas mais diversas aplicações nas ciências agrárias, sobretudo na agricultura e manejo florestal de precisão. Dentre os sistemas que compõem esses veículos, com ênfase no monitoramento de culturas, destacam-se dois: os sistemas de navegação, constituído de GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e INS (*Inertial Navigation System*), responsáveis pelo posicionamento e direcionamento da plataforma e dos sistemas de sensores, cuja incumbência é a captação de dados espaciais, espectrais, temporais, dentre outros.

Os VANTs, enquanto plataforma imageadora, permite mapear e caracterizar a cobertura de solo na extração de métricas por imagens e fotografias, na atribuição da fotogrametria que foi igualmente impulsionada pelos recentes desenvolvimentos, incluído a automação de processos em coleta e processamento de dados espaciais. Destacam-se por exemplo, a coleta automática de pontos de passagem ou de ligação, a obtenção dos parâmetros de orientação exterior de forma direta, a geração automática de modelos tridimensional de representação de superfície, a geração de ortofotografias, bem como a geração do mosaico fotogramétrico. Muitos desses procedimentos já são realizados de forma totalmente automática ou necessitando de intervenção humana mínima. Os modelos digitais de superfície e de terreno MDS e MDT, associam a componente altitude à representação bidimensional do relevo. O MDS traz consigo a representação do relevo da cobertura do solo, incluindo edificações, árvores, dentre outros; já MDT, por sua vez, representa o terreno exposto (HIRT, 2014). Utilizados para sobrevoos abaixo das nuvens (ideal para áreas úmidas) permitindo a ocorrência de maior resolução espacial e temporal à custos acessíveis.

Apresentando características edafoclimáticas condizentes com as exigências, a eucaliptocultura no Estado de Alagoas surge como alternativa para plantios em áreas de encostas da zona da mata do estado onde o corte mecanizado da cana faz-se inviável. Pesquisas relacionadas ao melhoramento, crescimento, produção florestal e qualidade tecnológica de espécies do gênero *Eucalyptus* para o Estado ainda são incipientes e denotam um lento desenvolvimento. Sendo assim, as novas ferramentas tecnológicas surgem como um suporte para obtenção de informações e extração de variáveis de interesse sobre a referida espécie. E, através do uso desta tecnologia cada vez mais presente em nosso cotidiano, esse

trabalho objetivou a realização de um levantamento aéreo de uma área experimental com clones de eucalipto, espacialização de seus tratamentos e o inventário de sobrevivência das plantas localizadas no Centro de Ciências Agrárias por meio de um VANT.

MATERIAIS E MÉTODOS

As imagens foram obtidas no Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas que possui tamanho aproximado de 150 hectares, situado na região de Rio Largo - AL (9° 29' 45" S, 35° 49' 54" O e altitude de 127m), o clima da região, pela classificação climática de Köppen, é "As", ou seja, tropical chuvoso, com verão seco e inverno chuvoso (Cruz et al., 2008) com temperatura média anual de 25,3° C e precipitação de 1441mm. O solo do local é classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso Argissólico, de textura média/argilosa e declividade inferior a 2% (ALMEIDA et al., 2008).

A implantação da área experimental foi realizada em 24/08/2017, consistindo em subsolagem por meio de trator de pneus para o preparo de solo com distanciamento de 3 metros entre linha. Este experimento subsidiou as diferentes relações de crescimento e propriedades tecnológicas da madeira das árvores ao longo do tempo de acordo com os diferentes materiais genéticos empregados (VE 41, I 144, TP 361 e VCC 865), todos referentes ao híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, testados em diferentes espaçamentos (3x2, 3x3 e 3x4) e em diferentes níveis de adubação de cobertura (NPK, UHF e Eucafós).

Foi utilizado um total de 2.058 mudas distribuídas em dois experimentos que abrangem um total 45 unidades amostrais, utilizando-se o plantio de substituição. Após a verificação em campo das plântulas jovens que morreram com 15 dias da implementação do experimento, substituindo-as por novas mudas da mesma variedade, o erro experimental foi reduzido.

O experimento 1 obedeceu ao delineamento estatístico inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 (clones) x 3 (espaçamentos), com 3 repetições com adubação de cobertura NPK 06-30-10 com doses de 250g por plântula na época do plantio, por tratamento num total de 18 unidades amostrais a serem analisadas. Cada unidade amostral contabilizou 25 árvores mensuráveis para análise descontando as bordaduras. Já o experimento 2, obedeceu também ao delineamento estatístico inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 (clones) x 3 (níveis de adubação de cobertura com doses de 250g por plântula para todos os 3 tipos de adubação utilizada neste experimento, NPK 06-30-10, NPK+UHF 06-30-10 0,3% B+1% Cu+1% Zn e Eucafós P-04), com 3 repetições por tratamento num total de 27 unidades amostrais a serem analisadas. Considerou-se também para o experimento 2, as 25 árvores mensuráveis para análise descontando as bordaduras. A área experimental apresentada, possui aproximadamente 2,18 hectares e perímetro de 588 metros.

A Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) utilizada no estudo foi um veículo de asa fixa com envergadura de 1,45m, construído em poliestireno expandido (EPS). Embarcado com uma câmera digital Sony DSC-3000 10,1 mp e distancia focal de 16mm e posteriormente foi utilizado uma Sony HX60V de 20 mp e distancia focal de 16mm, com uma autonomia de voo entre 14 a 18 minutos dependentes de condições meteorológicas.

Em janeiro de 2018, foram utilizadas 20 imagens, obtidas em um único voo realizado em janeiro de 2018, com uma resolução espacial de aproximadamente de 5.68 cm por pixel utilizando-se a câmera DSC-3000 com um *Ground Sample Distance* (GSD) de 5.68. Mais tarde, utilizou-se 42 imagens, obtidas em levantamento realizado em junho, utilizando-se uma câmera (Sony HX60V) com uma resolução espacial de 3.31 cm por pixel com GSD de 3.31, na tomada de fotos a 120 metros de altitude. Sendo o processamento das imagens realizada por meio do software *Agisoft PhotoScan Professional Edition* Versão 1.3.5 com licença trial de 30 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados coletados, foi possível a geração de mosaico digitais (Figuras 1.A e 1.C) e dos modelos digitais de superfícies (Figuras 1.B e 1.D). Para se chegar ao mosaico de imagens, realiza-se a seguinte sequência de etapas: alinhamento das imagens, construção da nuvem densa de pontos, construção do modelo tridimensional por meio de triangulação, e, por fim, associação com o ortomosaico gerado. Podemos observar entre as figuras 1.A e 1.C diferente grau de desenvolvimento da copa dos indivíduos jovens de *Eucalyptus spp.* no intervalo de 5 meses. Ademais, observa-se facilmente a diferença entre a cobertura do solo na área do plantio e as áreas adjacentes, baseado em elementos de fotointerpretação como: cor, tonalidade, textura, formato, sombra, contexto, dentre outros.

É importante salientar que este trabalho não teve em seu escopo o objetivo de tratar a acurácia posicional nas imagens, mas evidenciar por meio da resolução espacial e temporal a aplicabilidade para avaliação visual de jovens florestas plantadas. Percebe-se, portanto, visualmente uma maior qualidade da imagem obtidas pelo VANT do que, por exemplo, pelas imagens disponibilizadas pelo Google Earth. Essa melhor resolução temporal deve-se, em parte, à baixa altitude de voo na qual o levantamento é realizado, bem como aos efeitos atmosféricos sobre a luz.

O mosaico gerado em TIFF, foi ainda processado no software QGIS (Figura 2.A, 2.B e 2.C), possibilitando fazer uma série de inferências relacionadas às medições de áreas e monitoramento de áreas de interesse. Desta forma, os VANTs viabilizam ainda outras aplicabilidades como o embarque com sensores infravermelho próximo (NIR) e multiespectrais que ampliam os resultados. Além de um banco de dados que fornecerão distintos processamentos e aplicabilidades nos aspectos agrícola e florestal de precisão como: índice de área foliar (IAF), índice normalizado da diferença vegetativa (NDVI), índice vegetativo ajustado ao solo (SAVI), índice verde vegetativo (GVI), sendo estes três últimos alcançados com câmeras NIR.

Figura 1 - Esquema representativo do processamento das imagens coletadas no Centro de Ciências Agrárias de Alagoas - UFAL por um sistema VANT, embarcado com uma câmera digital não métrica e GNSS para a navegação da RPA e da geração dos produtos finais pelo *software Agisoft PhotoScan Professional Edition 1.3.5 trial*, em que: **A** representa o modelo digital – mosaico de fotos em janeiro de 2018, **B** o mapa de elevação com modelagem de superfície (MDS) para janeiro de 2018 **C** representa o modelo digital – mosaico de fotos em junho de 2018, **D** o mapa de elevação com modelagem de superfície (MDS) para junho de 2018.

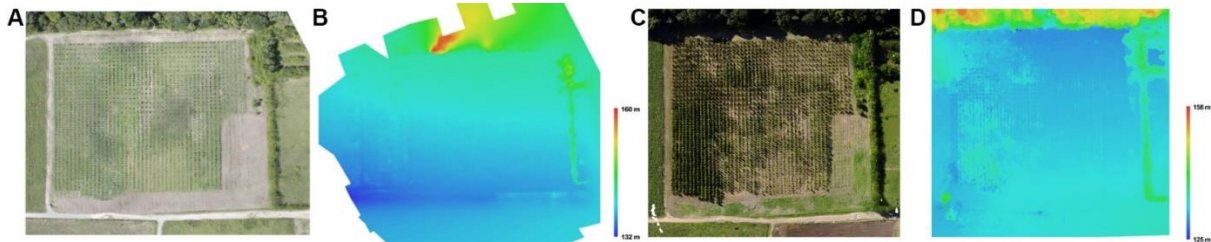
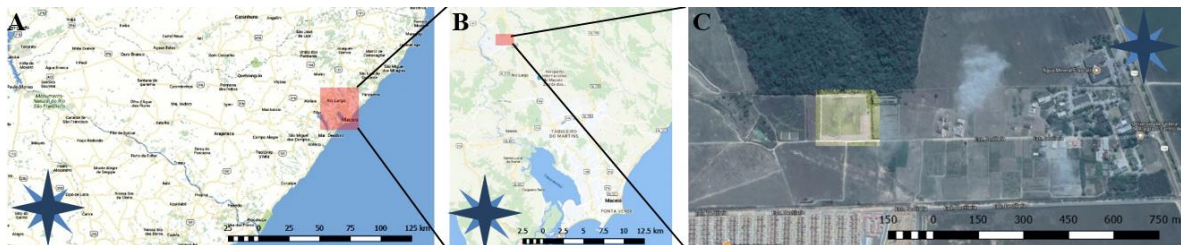
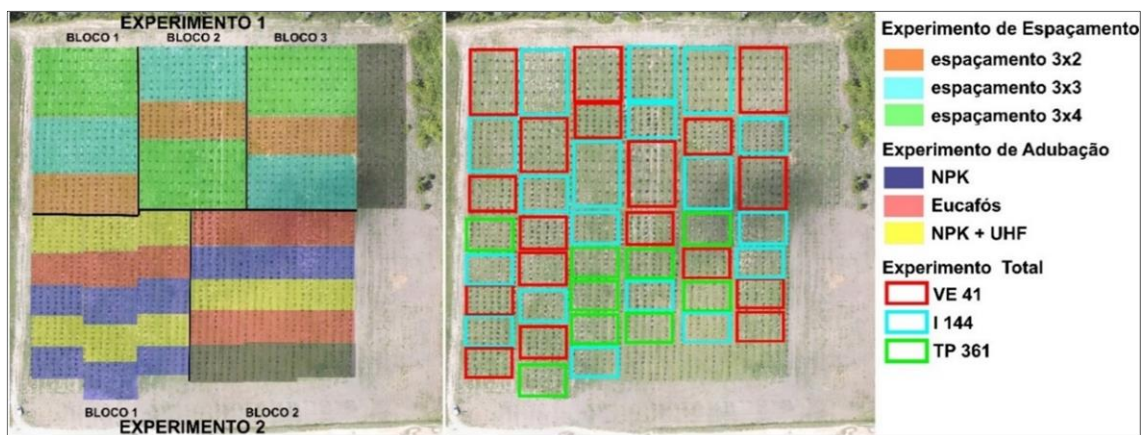


Figura 2 - Representividade da localização da área imageada no município de Rio Largo-AL, do Estado de Alagoas (A), área metropolitana intermunicipal Maceió - Rio Largo ampliada (B) e da ortofoto alocada em formato KMZ do Google Earth Pro localizando a área do experimento no Centro de Ciências Agrárias de Alagoas (C).



Na figura 3.B, podemos observar a distribuição efetivada durante a implementação dos experimentos de espaçamento e de adubação divididas em blocos distintos dos clones, tanto no experimento 1 quanto no experimento 2. No tratamento de espaçamento apenas os clones VE41 e I144 foram utilizados, enquanto no experimento 2 de adubação, foram utilizados os 3 clones (VE41, I144 e TP361) (Figura 3.A). Ainda observando a Figura 3.A, tanto nas unidades amostrais (25 árvores, descontadas as bordas) quanto nas áreas externas não mensuráveis do experimento, podemos visualizar o grau de falhas por linha de plantio, mortalidade por indivíduo, alinhamento de plantio de cada tratamento sendo estes contrastados na Figura 3.A. Sendo que na Figura 3.B fica explicitado as variedades utilizadas neste experimento.

Figura 3 - Espacialização do experimento e seus respectivos tratamentos diferenciados em **A** – experimento 1 - bloco 1, 2 e 3, dois tipos de clone e três diferentes espaçamentos; experimento 2 – bloco 1 e 2, três tipos de clone e três diferentes níveis de adubação e **B** – espacialização dos tratamentos por clone (VE 41, I 144 e TP 361) referentes aos dois experimentos, estes localizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.



No experimento 1 referente aos espaçamentos, nos blocos 1, 2 e 3 o clone I144 apresentou cinco mortes no espaçamento 3x4, duas mortes no espaçamento 3x3 e uma morte no espaçamento 3x2, totalizando oito mortes nas áreas correspondentes as unidades amostrais para janeiro de 2018 e dentro dos parâmetros utilizados, foi observado o revigoramento de um indivíduo jovem no espaçamento 3x4 para o clone I144 no mês de junho do mesmo ano. Foi detectado um problema na recontagem dos indivíduos a partir das ortofotos geradas em janeiro de 2018, que, devido ao

replante destes indivíduos durante a primeira etapa do experimento, estes passaram a impressão que estariam iniciando o processo de morte (diminuição quanto ao volume das copas e redução da área foliar) dos indivíduos apresentando na Figura 1.A.

No clone VE41, ainda em relação ao mesmo experimento, blocos 1, 2 e 3 foi constatado duas mortes no espaçamento 3x3, duas mortes no espaçamento 3x2, e uma morte no espaçamento 3x4, totalizando 5 mortes nas unidades amostrais, sendo estes dados confirmados posteriormente com os novos dados obtidos na ortofoto da figura 1.C relativo ao mês de junho do mesmo ano. No experimento 2 de adubação, para o período de janeiro de 2018, no bloco 1 e 2, foi observado a morte de 22 indivíduos, havendo uma concentração maior de mortes no lado sul de toda área do experimento que além de um ataque de pragas (*Atta laevigata*) ocorrido durante este período, nesta localidade não existe a presença de um quebra vento biológico (cerca viva) e de plantas tipo arbóreas adultas, o que em teoria pode-se aumentar a temperatura em até 0,5°C e aumentar a velocidade da evaporação foliar devido ao vento constante no local (difusão molecular e difusão turbulenta). Já na área não útil do experimento total na parte de bordadura externa, foi constatada a morte de 32 indivíduos, sendo o número maior de mortes no lado sul corroborando com as informações já mencionadas sobre a provável falta de uma cerca viva, e um total de 68 mortes de indivíduos fora da área útil do experimento (bordadura e parte interna do experimento).

Tabela 1 - Avaliação da mortalidade realizada por análise das imagens de drone nos experimentos 1 e 2 expressa por clones de eucalipto aos 6 meses de idade e seus respectivos tratamentos de espaçamento e adubação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas contadas visualmente na ortofoto após separar graficamente a parte útil do experimento.

Experimento 1	Janeiro de 2018				Junho de 2018			
	Mortalidade / Espaçamento			Total (%)	Mortalidade / Espaçamento			Total (%)
	3 x 2	3 x 3	3 x 4		3 x 2	3 x 3	3 x 4	
Clone VE 41	2	2	1	5 (0,57)	2	2	1	5 (0,57)
Clone I 144	1	2	5	8 (0,91)	1	2	4	7 (0,79)
Total	3	4	6	13 (1,47)	3	4	5	12 (1,36)

Experimento 2	Mortalidade / Adubação				Mortalidade / Adubação			
	Mortalidade / Adubação			Total (%)	Mortalidade / Adubação			Total (%)
	NPK	Eucafós - P04	NPK + UHF		NPK	Eucafós - P04	NPK + UHF	
Clone VE 41	1	3	1	5 (0,43)	1	3	1	5 (0,43)
Clone I 144	3	2	2	7 (0,60)	3	2	2	7 (0,60)
Clone TP 361	7	2	1	10 (0,85)	6	2	1	9 (0,77)
Total	11	7	4	22 (1,87)	10	7	4	21 (1,79)

CONCLUSÕES

Percebeu-se com o uso da tecnologia VANT, a confirmação de um grande potencial nas imagens obtidas, com maior detalhamento na obtenção de informações preliminares em aplicações de plantios florestais. Estas informações podem ser em níveis experimentais como no presente estudo, em que ocorreu uma diminuição no tempo de execução necessário para medições e inventários de campo, inclusive com a exclusão do pessoal de campo para a contagem manual. Desta forma, reduzindo a necessidade de pessoal quanto ao uso de ferramentas e diagnósticos. E, quando aplicados a nível comercial em grandes áreas florestais, há uma grande diminuição nos custos operacionais, substituindo o tradicional uso de aerolevantamentos com aeronaves “maiores”, reduzindo a equipe em duas ou três pessoas, uma RPA e seus acessórios de bordo na execução e criação do inventário florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. C. S; SOUZA, J. L; TEODORO, I; BARBOSA, G. V. S; FILHO, G. M; JÚNIOR, R. A. F. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Rio Largo, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.
- HAKAMADA, R. E. **Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em povoamento clonais de *Eucalyptus***. 2012. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”. Piracicaba – SP.
- HIRT, C. (2016). Digital Terrain Models. Encyclopedia of Geodesy. 10.1007/978-3-319-02370-0_31-1. Definition Digital Terrain Model. Digital description of the terrain surface using a set of heights over 2D points residing on a reference surface. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278683672_Digital_Terrain_Models>. Acesso em 26 de abril. 2019.
- SILVA, P. H. M.; ANGELI, A. **Implantação e manejo de florestas comerciais**. IPEF – Documentos florestais n. 18. Mai. 2006.