

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA**USE OF DIGITAL IMAGES, PURCHASED WITH REMOTE AIRCRAFT AIRCRAFT, IN ASSESSING THE HEIGHT OF MACAÚBA PLANTS**

Roberto Borges Rodrigues¹, Adley Camargo Ziviani¹, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva¹, Daniel Pena Pereira¹, Fausto Antônio Domingos Junior¹

e2415325

<https://doi.org/10.33947/geociencias.v24i1.5325>

PUBLICADO: 8/2025

RESUMO

Através de técnicas específicas de processamento de imagens digitais obtidas com aeronaves remotamente pilotadas, é possível analisar a morfologia de várias culturas. O sensoriamento remoto se tornou uma ferramenta imprescindível para o monitoramento agrícola, principalmente por propiciar o acompanhamento e o desenvolvimento da cultura ao longo do tempo. A área de estudo pode ser muito promissora por amostrar uma grande quantidade de informações com o mínimo de visitas no campo, podendo as imagens digitais coletadas serem processadas por meio de ferramentas computacionais, como o software Agisoft e o Quantum QGIS. Na metodologia aplicada neste estudo utilizamos a nuvem de pontos tridimensional para determinar as alturas das copas das plantas de macaúba (*Acrocomia aculeata*) cultivadas em sistema de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) em relação ao solo. O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, na cidade de Uberaba, Minas Gerais, utilizando uma área cultivada com macaúba implantado em 2015. Foram comparados o grau de assertividade da análise pelo sensoriamento remoto com os dados amostrados em solo. Os resultados mostraram a viabilidade da metodologia, contribuindo para o monitoramento de forma mais rápida e precisa o desenvolvimento da cultura e o monitoramento da sanidade pluricultural.

PALAVRAS-CHAVE: *Acrocomia aculeata*, Drone, iLPF, Modelo de superfície, Potencial de produção.

ABSTRACT

Through specific techniques of digital image processing obtained with remotely piloted aircraft, it is possible to analyze the morphology of various cultures. Remote sensing has become an essential tool for agricultural monitoring, mainly because it provides monitoring and crop development over time. The study area can be very promising for sampling a large amount of information with a minimum of visits in the field, and the collected digital images can be processed through computational tools such as Agisoft software and Quantum QGIS. The methodology studied in this article used the three-dimensional point cloud to determine the heights of the canopy of macaúba plants planted in a ICLFS in relation to the soil. The experiment was carried out at the Federal Institute of Triângulo Mineiro, city of Uberaba, Minas Gerais, using a macaúba plantation implemented in 2015. The degree of assertiveness of the remote sensing analysis was compared with the data sampled in soil. The results showed the feasibility of the methodology, contributing to the faster and more accurate monitoring of the development of culture and the monitoring of multicultural health.

KEYWORDS: *Acrocomia aculeata*, Drone, ICLFS, Surface model, Production potential.

INTRODUÇÃO

Podendo ser encontrada em todo o território nacional, a palmeira de macaúba (*Acrocomia aculeata* (lacq) Lood. Ex Mart.). É uma espécie nativa das florestas tropicais, resistente à seca, pode alcançar até 25 metros de altura e apresenta espinhos longos e pontiagudos que dificulta o acesso a seus frutos, importantes

¹ Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba.

para fauna nativa. Fonte de renda para pequenos e médios produtores, estima-se que a macaúba produz mais de 5 toneladas de óleo tipo oleico-palmitico por hectare (Mota *et al.*, 2011). Esse óleo pode ser utilizado na fabricação de biodiesel, sabão, sabonete, margarina e cosméticos. O subproduto da extração do óleo pode se transformar em farelo para composição de ração animal, o endocarpo para a produção de carvão e as folhas senescentes para cogeração de energia (Bhering, 2009).

Seus frutos propícios ao consumo humano são ricos em vitamina A, betacaroteno e podem ser usados para fazer suco, sorvete, bolos, pães e doces (Cicocini *et al.*, 2010). As folhas servem para a confecção de redes e linhas de pescaria. Essa diversificação da produção e de renda extra abre possibilidades para o cultivo e estudo da cultura, expandindo pesquisas focadas no desenvolvimento de biocombustível, e seus subprodutos para o desenvolvimento de carvão, cogeração de energia e ração animal (Hiane *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 1998; Cicocini *et al.*, 2010).

Estão sendo desenvolvidos projetos silvipastoris e agroflorestais em parcerias com agricultores familiares no cerrado para explorar a fonte de óleos vegetais sustentáveis provenientes da Macaúba. Essas ações envolvem pesquisa para produção de mudas, novas técnicas de plantio e manejo, bem como o desenvolvimento de maquinário industrial com o objetivo de aumentar a produção humana e animal (MMA, 2020). As plantas de Macaúba apresentam muitas variações de produção e possuem crescimentos e sintomas lentos aos déficits nutricionais dificultando algumas avaliações. Suas características fenológicas dificultam também a avaliação biométrica em campo, elevando muito o risco de acidentes e erros amostrais.

O emprego de geotecnologia na classificação e avaliação dessa cultura pode otimizar o monitoramento dos sistemas produtivos, bem como trazer dados mais confiáveis as pesquisas de campo, diante de tantas dificuldades e risco que a tarefa apresenta. O sensoriamento remoto se tornara ferramenta imprescindível neste monitoramento, principalmente por propiciar o acompanhamento e o desenvolvimento da cultura ao longo do tempo, possibilitando determinar características para construção de um histórico de crescimento das plantas (Rudorff *et al.*, 2010).

Percebe-se, no entanto, limitações das ferramentas orbitais na área florestal, como o baixo nível de detalhamento, visto que as árvores são plantadas a distâncias menores que 5 metros e a maioria dos satélites oferecem uma resolução superior a essa medida. Para determinar as alturas de povoamentos florestais de forma remota, faz-se necessário imagens com maior resolução, que pode ser obtida utilizando um sensor de maior precisão ou capturando as imagens de uma altura menor, ou seja, mais próximo do alvo. Sensores embarcados em pequenas aeronaves remotamente pilotadas (RPA) se tornaram viáveis nos últimos anos (Santi *et al.*, 2016), sendo uma alternativa de baixo custo para o meio agrícola. Com um sensor RGB (Red/Green/Blue), fotos georreferenciadas, pontos de controle e distância ideal do alvo proporcionando alta definição das imagens, é possível obter uma modelagem tridimensional da área de estudo, possibilitando estimar adequadamente a altura das árvores. Basicamente, a RPA trata-se de uma plataforma cujo objetivo é elevar os sensores a uma altura e localização pré-estabelecida para realizar a aquisição das imagens.

A busca por soluções tecnológicas na geração de dados confiáveis torna-se a principal justificativa para desenvolver uma metodologia para obter dados biométricos de plantas de Macaúba, utilizando imagens

digitais adquiridas com aeronaves remotamente pilotadas.

Modelar dados das imagens adquiridas em aeronaves remotamente pilotadas (RPA) para determinar por meio do cálculo do modelo digital do terreno (MDT) e o modelo digital da superfície (MDS), as alturas das plantas previamente georreferenciadas de forma supervisionada ou automática possibilita a redução a exposição humana a riscos imediatos e contribuição para o avanço dos estudos ao desenvolvimento da planta de Macaúba e seu consórcio multicultural e em diferentes sistemas.

O objetivo deste estudo foi determinar a altura das plantas de Macaúbas cultivadas em sistema integrado de produção (iLPF) com o uso de Sensor RGB de alta resolução embarcado em pequena aeronave remotamente pilotada (RPA).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba, utilizando uma área de 3,6 hectares de Macaúba cultivada em sistema de integração lavoura pecuária floresta (iLPF) implantado em 2015 por meio de projeto aprovado no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), processo nº 468599/2014-2.

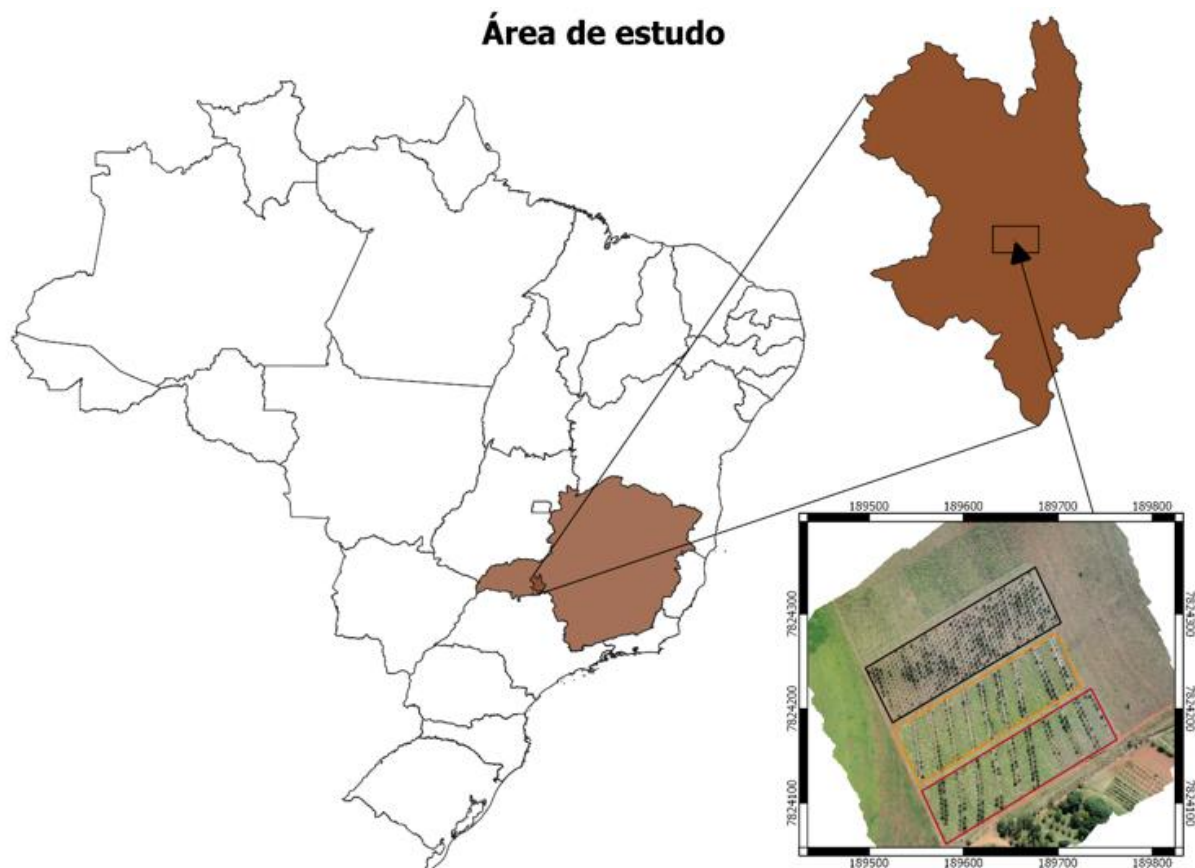
O local de estudo apresenta as coordenadas 19° 39' 19"S, 47° 57' 27" W (Figura 1). A precipitação média anual é de 1.8400 mm; com 22,6 °C e 68% de média anual de temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente (Santos *et al.*, 2018). O clima é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Köppen, com inverno frio e seco. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Beck *et al.*, 2018).

As imagens foram obtidas com o uso de um RPA tipo quadrotor (drone), modelo Phantom 4 PRO da fabricante chinesa DJI®, acoplado com câmera RGB de 20MP de resolução e sistema de estabilização "gimbal".

Para controle do plano de voo na coordenação do posicionamento dos disparos das fotos, foi utilizado o Software Dronedeploy®, instalado a dispositivo móvel do tipo smartphone Android. As imagens foram tratadas inicialmente no Software Agisoft® sob licenciamento (*trial*), dando origem ao mosaico do local. Neste mesmo software as imagens foram ortocorrigidas, gerando o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS). Os três produtos gerados no Agisoft® foram importados no Software QuantumGIS®, onde o georreferenciamento de cada planta, cálculos e comparações deverão alcançar o objetivo do estudo.

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

Figura 1 - Localização da área de estudo
Figure 1 – Location of the study area



Fonte: Os autores

As imagens foram obtidas em duas alturas de voo, 60 e 90 metros, de maneira a obter diferentes resoluções espaciais. Esses voos foram realizados em três datas conforme a tabela 1, coincidindo com as datas de avaliação em solo, ao meio-dia, para mitigar o surgimento de sombras e garantir um melhor processamento das imagens. A altura do voo foi controlada a fim de evitar infringir o espaço aéreo destinado a aeronaves convencionais.

Tabela 1 - Distribuição das datas e alturas de voos
Table 1 – Distribution off light dates and Heights

Datas	Alturas (m)
17/04/2019	60
30/05/2019	60 e 90
17/12/2019	90

Fonte: Os autores

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

Foram imageados os tratamentos descritos abaixo e sumarizados na tabela 2:

T1 - Pomar de palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata*), em espaçamento 5 m x 5 m – e distribuição espacial triangular (faixas de 5 m), consorciada com mandioca nas entrelinhas duplas e pastagem de capim ruziziensis (faixas de 15 m), implantado na safra 2014/2015;

T2 - Pomar de palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata*), em espaçamento 5 m x 5 m – e distribuição espacial triangular (faixas de 5 m), consorciada com pastagem de capim ruziziensis (faixas de 15 m), implantado na safra 2014/2015;

T3 - Pomar de palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata*), em espaçamento 5 m x 5 m – e distribuição espacial triangular (faixas de 5 m), sem consorciação ou “solteiras”, implantado na safra 2014/2015.

Tabela 2 - Tratamentos em iLPF conduzidos nas áreas
Table 2 – iLPF treatments conducted in the áreas

Tratamento	Consoiciada	Contagem <i>in situ</i> de árvores
T1	Mandioca e pastagem de capim ruziziensis	235
T2	Pastagem de capim ruziziensis	229
T3	Macaúbas solteiras	552

Fonte: Os autores

A avaliação *in situ* das alturas das árvores nos três tratamentos, foi realizada em todas as árvores com o uso de nível ótico, no último bimestre de 2019, data próxima dos últimos voos realizados com o drone.

Cada tratamento ocupa uma área retangular de 60 m por 200 m, totalizando 12.000 m² como exibido na figura 2.

Figura 2. Áreas de tratamento, mosaico gerado no voo de 30/05/2019
Figure 2 – Treatment áreas, mosaic generated on the flight on 05/30/2019



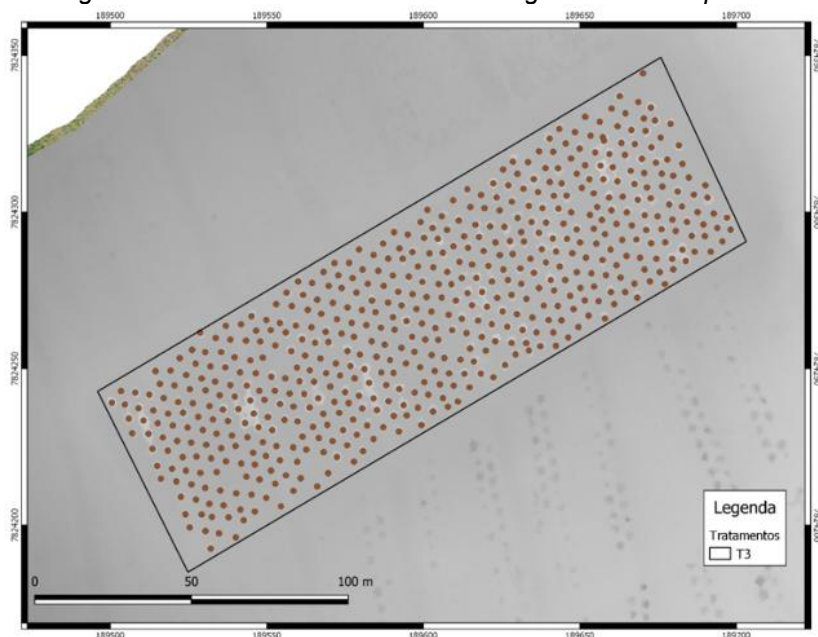
Fonte: Os autores

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

Para cada grupo de tratamento, foram gerados mosaicos e cada planta foi vetorizada através de processos supervisionados ou manuais. A aplicação dos MDTs e os MDSs obtidos em seguida foram base de cálculo para determinar as alturas das plantas.

A figura 3 representa no ponto marrom uma árvore, ao fundo de cada ponto a subtração entre o MDT e MDS.

Figura 3 - Cálculo do raster e pontos georreferenciados
Figure 3 – Calculation of the raster and georeferenced points

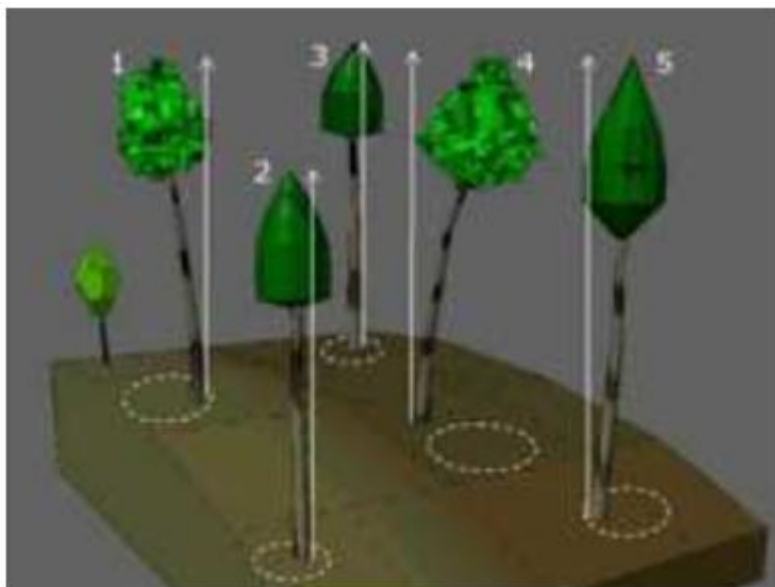


Fonte: Os autores

Didaticamente representado pela figura 4, a individualização das árvores previamente georreferenciadas é obtida pela diferença entre o MDT e MDS, segundo Ribas (2011).

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

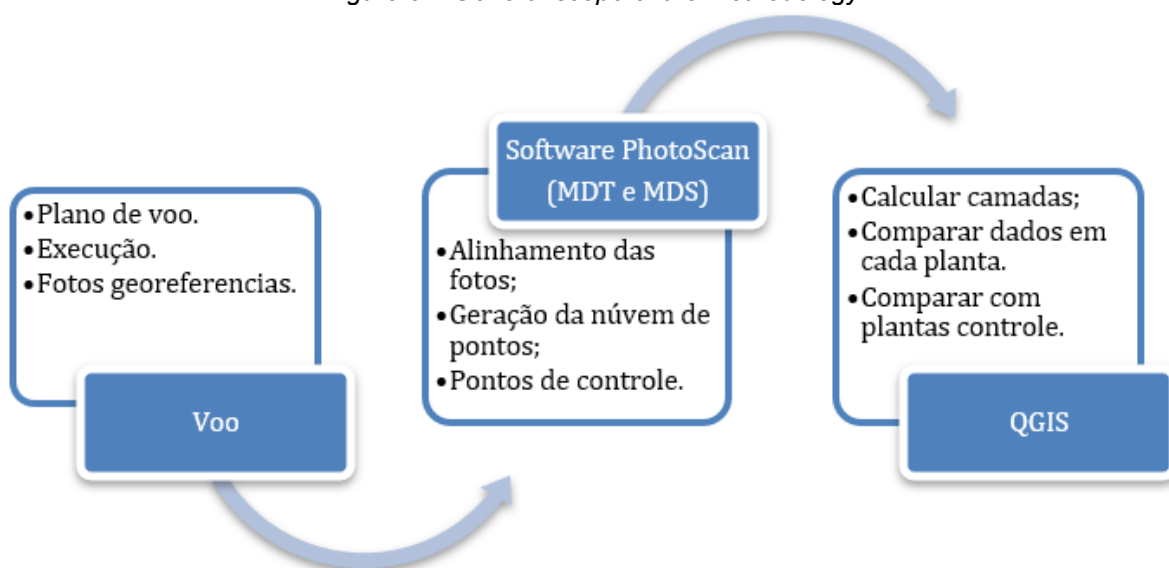
Figura 4 - Detecção e delimitação de copas
Figure 4 – Detection and delimitation of canopies



Fonte: Ribas (2011)

Os dados obtidos com os diferentes MDTs/ MDSs foram comparados com a biometria realizada em campo das plantas denominadas “Plantas Controle” e esses dados serviram de referência para a aferição dos resultados. A metodologia utilizada pode ser sintetizada de acordo com o fluxograma abaixo representado pela figura 5.

Figura 5 - Escopo geral da metodologia
Figure 5 – General scope of the methodology



Fonte: Os autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho atingiu o objetivo de avaliar a técnica de utilização de sensoriamento remoto com câmeras RGB simples para determinar a altura da floresta experimental de Macaúba, baseando-se nas referências biográficas apresentadas neste artigo. Foram identificadas 1016 árvores nos três tratamentos, sendo amostradas todas as árvores em solo com o uso de nível no último bimestre de 2019, data em que se aproxima da data dos últimos voos realizados com o drone.

A aquisição de imagens georreferenciadas da área de estudo utilizando uma câmera RGB simples acoplada um RPA, permitiu identificar dentro de uma faixa de erro conhecida as características da cultura de Macaúba, podendo ser premissa para demais estudos em loco ou até mesmo o aperfeiçoamento dessa metodologia. A técnica se mostra viável, pois em 8 minutos de voos e algumas horas de processamento computacional foi possível estimar a altura de 1016 árvores de macaúba, uma área de 3,6 hectares, consequentemente reduzindo o tempo de amostragem quando comparado com o trabalho manual com outras ferramentas, como nível ou trena, processo que poderia levar várias semanas. Abre também possibilidade de geração de novos mecanismos de avaliação de altura de plantas de macaúbas e outras culturas, em sistemas solteiras e ILPF.

Os mosaicos dos voos resultaram em uma área de estudo observada de 38,8 mil metros quadrados, distribuídos em três tratamentos, T1, T2 e T3, respectivamente com as áreas de 12,8, 12,6 e 13,4 mil metros quadrados incluindo as áreas de carregadores e acesso. Para produção dos mosaicos foram necessárias 70 fotos quando operado o RPA a 60 metros de altura do solo. A resolução espacial apresentada após o processamento das imagens no Agisoft® foi de 2,6 cm. O tempo total de voo de cada missão foi de 8 minutos quando operado a altura de 60 metros. Durante o voo nem sempre foi mantido contato visual com o RPA devido à distância do ponto de decolagem e o ponto mais distante da missão, sendo possível a supervisão apenas pelo software DroneDeploy®.

No primeiro voo realizado em abril de 2019 não foi possível fazer correção com os pontos de controle através do software Agisoft®, descartando-o para a análise. Foi viabilizado para o estudo apenas os voos de maio de 2019 e dezembro de 2019.

Nos voos de maio de 2019 obteve-se uma média aritmética de altura das árvores de 1,10 metros e nos voos de dezembro de 2019 uma média de 1,29 metros considerando os três tratamentos. Destaca-se os tratamentos T1 e T3 que apresentaram uma taxa de crescimento de 19% entre cada voo, enquanto no tratamento T2 apresentou uma supressão de 20%. Durante o estudo não foi avaliado se no período as árvores do tratamento T2 sofreram alguma interferência de fenômenos externos, como doenças, efeitos climáticos, danos por animais ou manejo (Tabela 3).

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

Tabela 3 - Dados obtidos nas avaliações das plantas
Table 3 – Data obtained from plant evaluations

Tratamento	Contagem de Árvore	Média de Altura em 30/05/2019	Média de Altura em 17/12/2019	Crescimento/ Supressão
T1	235	1,29	1,58	19%
T2	229	0,84	0,70	-20%
T3	552	1,14	1,41	19%
	1016	1,10	1,29	

Fonte: Os autores

A média total dos três tratamentos de todas as árvores medidas com o nível ótico foi 1,83 metros, dissonante com o valor médio obtido nos voos de dezembro (1,29 metros) resultando em uma subestimativa de 42%. Quando os valores do T2 são descartados, obtêm-se um percentual de assertividade de 80% em todas as árvores dos tratamentos T1 e T3. A tabela 4 exibe o detalhamento de cada tratamento, seus valores medidos no campo manualmente com uso de trena ou nível ótico, bem como os valores obtidos com o uso da geotecnologia (Tabela 4).

Tabela 4 - Dados amostrados nas áreas com macaúba
Table 4 – Data sampled in áreas with macaúba

Tratamento	Consorticiada	Contagem de Árvore	Altura média (m) dados de campo	Altura média (m) voos RPA	Assertividade
T1	Mandioca e pastagem de capim ruziziensis	235	1,96	1,58	81%
T2	pastagem de capim ruziziensis	229	1,76	0,70	40%
T3	Solteiras	552	1,80	1,41	79%
		1006	1,83	1,29	

Fonte: Os autores

Ao filtrar alguns dados, é possível aproximar das alturas amostradas em solo. No primeiro cenário foram excluídas da média aritmética as árvores com altura inferior a 1 metro, e em um segundo cenário foram excluídas as árvores com altura inferior a 2 metros. A tabela 5 ilustra a quantidade de árvores remanescentes com altura superior a 1 metro na coluna “Contagem de árvore >1m” e na coluna “Contagem de árvore >2m” a quantidade de árvores remanescentes superiores a 2 metros (Tabela 5).

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

Tabela 5 - Resultados e filtros
Table 5 – Results and filters

Rótulos de Linha	Contagem de Árvore >1M	Média de Altura CAMPO >1M	Média de Altura DRONE >1M	Erro Campo/ Drone	Contagem de Árvore >2M	Média de Altura CAMPO >2M	Média de Altura DRONE >2M	Erro Campo/ Drone
T1	217	2,09	1,72	82%	122	2,46	2,60	106%
T2	211	1,86	0,75	41%	80	2,40	1,75	73%
T3	494	1,94	1,55	80%	210	2,40	2,46	103%

Fonte: Os autores

Para discussão da tabela 5, foi ignorado o tratamento T2 devido as possíveis interferências de fenômenos externos, como doenças, climáticas, animais ou manejo, não explorada neste artigo. Os tratamentos T1 e T3 apresentaram uma média aritmética das alturas aferidas no campo de 2,09 e 1,94 metros para árvores com altura superior a 1 metro, e no mesmo critério o valor de 1,72 e 1,55 metro respectivamente com o uso da geotecnologia, esses valores encontrados permitem concluir que houve uma subestimativa média de 20% nas alturas de todas as árvores dos tratamentos T1 e T3, assertividade semelhante a encontrada sem o critério aplicado. Uma nova análise considerando apenas as árvores superiores a 2 metros, obteve-se nos tratamentos T1 e T3 alturas médias aferidas em campo de 2,46 e 2,4 metros, e com o uso da geotecnologia os valores médios de 2,6 e 2,46 metros respectivamente. No segundo cenário observou-se uma proximidade muito grande entre os valores aferidos no campo e geoprocessados, sendo uma superestimativa de 5,6% em T1 e 2,5% em T3.

Ao final desta pesquisa, verificou-se que o esta foi promissora e determina diretrizes para elaboração de novos trabalhos. Bem como estudos para determinação da cultura de Macaúba como eficaz forma de monitoramento da morfologia, sustentável e eficiente em uma grande área de manejo, seja também como ampliar a utilização da metodologia para outras culturas. E este escopo pode se expandir também a seus subprodutos, como a volumetria e o desenvolvimento em altura e sequestro de carbono.

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada possibilitou o monitoramento de forma mais rápida e precisa do que a medição *in situ*.

A aquisição de imagens georreferenciadas da área de estudo utilizando uma câmera RGB simples acoplada um RPA, permitiu identificar dentro de uma faixa de erro conhecida as características da cultura de Macaúba, podendo ser premissa para demais estudos em loco ou até mesmo o aperfeiçoamento dessa metodologia. A técnica se mostra viável, pois em 8 minutos de voos e algumas horas de processamento computacional foi possível estimar a altura de 1016 árvores de macaúba, uma área de 3,6 hectares, consequentemente reduzindo o tempo de amostragem quando comparado com o trabalho manual com outras ferramentas, como nível ou trena, processo que poderia levar várias semanas. Abre também possibilidade de geração de novos mecanismos de avaliação de altura de plantas de macaúbas e outras culturas, em sistemas solteiras e LPF.

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO, ADQUIRIDAS COM AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS, NA AVALIAÇÃO DA ALTURA DE PLANTAS DE MACAÚBA
Roberto Borges Rodrigues, Adley Camargo Ziviani, Maytê Maria Abreu Pires de Melo Silva, Daniel Pena Pereira, Fausto Antônio Domingos Junior

O trabalho atingiu o objetivo de avaliar a técnica de utilização de sensoriamento remoto com câmeras RGB simples para determinar a altura da floresta experimental de Macaúba, baseando-se nas referências biográficas apresentadas neste artigo. O grau de assertividade foi de 93,7% considerando plantas maiores do que 2m de altura, possibilitando monitorar periodicamente o desenvolvimento da cultura e o monitoramento da sanidade pluricultural. Para plantas abaixo de 1m, a assertividade média foi de 67,5%, um pouco menor, mas mesmo assim muito promissora.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 464p. 1998.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, 1: 1-12. 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- BHERING, L. Macaúba: matéria-prima nativa com potencial para a produção de biodiesel. **Embrapa Agroenergia**, p.1-4, 2009.
- CICONINI, C.; FAVARO, S. P.; SOUZA, C. F. T.; MIYAHIRA, M. A. M.; CORRÊA, A.; PLEIN, G. S.; SOUZA, J. L. C.; SANTOS, G. P. Óleo da polpa de macaúba: variabilidade das características físico-químicas em plantas do Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4º E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1º. João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa/PA. 2010.
- HIANE, P. A.; BALDASSO, P. A.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 683-689, 2006.
- MMA -MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Projeto Macaúba. **Produção de óleos vegetais sustentáveis de macaúba a partir da introdução de sistema silvipastoril inovador em parceria com agricultores familiares no cerrado**. 2020. Disponível em <http://fip.mma.gov.br/projeto-macauba/>. Acessado em 03/2021.
- MOTA, C. S.; CORRÊA, T. R.; GROSSI, J. A. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário**, v.32, n.265, p.41-50, 2011.
- RIBAS, R. P. **Individualização de árvores em ambiente florestal nativo utilizando métodos de segmentação em modelos digitais produzidos a partir da tecnologia LIDAR**. 2011. 72f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG UFMG. 2011.
- RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; GOLTZ, E.; AULICINO, T. L. I. N.; CARVALHO, M. A.; BRANDÃO, D.; ARENAS-TOLEDO, J. M. **Uso de imagens de satélites de sensoriamento remoto para mapear a área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo - safra 2009/10**. São José dos Campos: INPE, 46p., 2010.
- SANTI, A. L.; SEBEM, E.; GIOTTO, E.; AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: CRESPOL. 1ª edição. 209p. 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 3.ed., 355p. 2018.