

MAPEAMENTO AMBIENTAL COM DRONES DE BAIXO CUSTO

Data de aceite: 01/09/2023

Wilson Araújo da Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, Centro de
Ciências Agrárias
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0000-0003-4549-6815>

Elder Milhomem Mota Filho

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, Centro de
Ciências Agrárias
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0009-0005-2827-1317>

Cristiane Matos da Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão, Centro de
Ciências Agrárias
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-6416-4413>

Aichely Rodrigues da Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz-MA
<https://orcid.org/0000-0001-9447-2380>

se destacando como uma ferramenta que facilita o levantamento de dados e informações, auxiliando nas tomadas de decisões, no planejamento e, no manejo das atividades exercidas no campo. Todavia, por se tratar de uma tecnologia recente, ainda apresenta elevado custo de aquisição. Nesse sentido, objetivou-se estudar o potencial de utilização de drones de baixo custo, aplicado nas atividades ambientais e agrícolas. Para tanto, utilizou-se o drone MINI 2 da DJI e, com o auxílio de aplicativos de automação de voos e aplicativos de processamento de dados, de plataforma livre, obteve-se as imagens aéreas, gerando posteriormente o ortomosaico que permitiu obter diferentes mapas temáticos e estudar a qualidade e acurácia dos produtos gerados. O voo foi realizado em uma propriedade rural no município de Carolina – MA, cobrindo uma área de 2,46 hectares. O processamento e análise dos dados foi feita com base no relatório de qualidade gerado no aplicativo WebODM. Verificou-se o grande potencial desse equipamento e dos produtos gerados, como: ortomosaico, hipsometria, cobertura vegetal por diferentes índices de vegetação etc. obtendo-se uma boa qualidade dos produtos, considerando as

RESUMO: O drone é uma tecnologia que vem sendo aprimorada e explorada com maior intensidade nos últimos anos. Nos setores agrícola e ambiental, vem

condições durante a execução do voo. Entre estes, a distância média de amostragem do solo (GSD) de 1,5 cm/pixel e, uma precisão do posicionamento, tendo como erro total do GPS de 0,77m. Esse resultado não atenderia a norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais do INCRA para vértices situados em limites artificiais. Porém, atenderia para vértices situados em limites naturais. Ressalta-se que, não houve utilização de pontos de controle no terreno, que permitiria corrigir os erros de posicionamento, tanto planimétrico como altimétrico, destacando a importância deste levantamento e processamento de dados com um drone de entrada.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento. Drones. Ambiente.

ENVIRONMENTAL MAPPING WITH LOW COST DRONES

ABSTRACT: The drone is a technology that has been improved and explored with greater intensity in recent years. In the agricultural and environmental sectors, it has stood out as a tool that facilitates the collection of data and information, assisting in decision-making, planning and management of activities carried out in the field. However, as it is a recent technology, it still has a high acquisition cost. In this sense, the objective was to study the potential use of low-cost drones, applied in environmental and agricultural activities. For this purpose, the DJI MINI 2 drone was used and, with the aid of flight automation applications and data processing applications, of free platform, the aerial images were obtained, subsequently generating the orthomosaic that allowed to obtain different thematic maps and to study the quality and accuracy of the generated products. The flight was carried out on a rural property in the municipality of Carolina - MA, covering an area of 2.46 hectares. Data processing and analysis was done based on the quality report generated in the WebODM application. It was verified the great potential of this equipment and the products generated, such as: orthomosaic, hypsometry, vegetation cover by different vegetation indices etc. obtaining a good quality of the products, considering the conditions during the execution of the flight. Among these, the average ground sampling distance (GSD) of 1.5 cm/pixel and a positioning accuracy, with a total GPS error of 0.77m. This result would not meet INCRA's technical standard for georeferencing rural properties for vertices located on artificial boundaries. However, it would meet for vertices located on natural boundaries. It should be noted that no control points were used on the ground, which would allow correcting positioning errors, both planimetric and altimetric, highlighting the importance of this survey and data processing with an input drone.

KEYWORDS: Mapping. Drones. Environment.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de drones no mapeamento agrícola e ambiental tem crescido no Brasil, principalmente nos últimos anos. Os drones são ferramentas que permitem diversas aplicações, como o monitoramento ambiental e de lavouras, possibilitando imagear (fotografar ou filmar) e ter uma análise real e completa da situação dos cultivos em poucas horas ou até mesmo em tempo real, pois esses equipamentos permitem transmissões ao vivo em locais que se dispõe de acesso à internet. Isso permite que se identifique

problemas e se faça a correção necessárias no menor tempo possível. A tecnologia dos drones tem sido considerada disruptiva, pois tem sido utilizada para transformar a forma como diversas atividades são realizadas. Alguns exemplos de tecnologias disruptivas são: a internet, a fotografia digital e a telefonia celular.

Nas ciências agrárias, os usos mais comuns têm sido no mapeamento das fazendas, alocação de curvas de nível, a partir da modelagem 3D do terreno, monitoramento de safras e análise de sanidade das lavouras, a partir de índices como o *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI (Araujo *et al.*, 2017). Dentre as principais aplicações na agricultura tem-se: a identificação de problemas como a falta ou o excesso de água nos cultivos (irrigação e drenagem agrícola), problemas relacionados ao perfil químico do solo (Fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas) seja pela falta ou excesso de nutrientes, pH inadequado, presença de pragas e doenças nas lavouras, dentre outros.

Os drones auxiliam na diagnose visual e análise dos cultivos, uma vez que permitem uma melhor visualização dos problemas nas lavouras e que não seriam identificados por caminhamentos terrestres, ou seja, a observação e registro de imagens a partir de grandes alturas, permite identificar problemas nos cultivos que não seria possível com observações de solo. Uma vez identificados os problemas a partir de imagens capturadas pelas câmeras dos drones é possível a construção de mapas temáticos e outros produtos cartográficos, permitindo, dessa maneira, aplicações de técnicas agrônômicas localizadas, como adubação, calagem, aplicação de herbicidas, drenagem e irrigação em pontos específicos e em taxa variável e não mais em área total, permitindo grande economia e ganhos ambientais.

Estudiosos dessa ferramenta como por exemplo Calderon (2019), da Universidade Federal do Acre, que trabalha com drones, principalmente nas áreas de agronomia e engenharia florestal desde o ano de 2014 diz que: “*É como ter um satélite de monitoramento agrícola portátil, o que amplia em muito as possibilidades da Agricultura de Precisão*”. Segundo ele, embora alguns drones profissionais que já vem com câmeras multiespectrais, capazes de produzir imagens para a geração de mapas NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sejam o equipamento mais indicado para o monitoramento de lavouras, mesmo drones com câmeras comuns, RGB, como os da linha Phantom e MAVIC, têm sido largamente utilizados. Isso se deve ao rápido crescimento do número de empresas que se dedicam a desenvolver soluções para o uso de drones para o agronegócio. Estas empresas desenvolveram e continuam a desenvolver métodos de análise de lavouras a partir de imagens RGB. Polotto (2019) comenta que, o verdadeiro potencial dos drones são obtidos com a utilização dos conceitos de fotogrametria junto ao uso de softwares, que analisam todas as características e imagens gerando um mapa com as informações coletadas. Autores como Perin *et al.* (2016) comentam que, para utilização de todas essas informações de forma a contribuir nos trabalhos periciais e de avaliação de forma além de simples fotografias aéreas, é necessário a utilização de softwares de fotogrametria digital

para construção das ortofotos.

Os mapas temáticos das lavouras obtidos a partir do ortomosaico associados à simples técnicas de classificação de imagens aéreas obtidas por drones com câmeras RGB permitem rápidas análises e decisões de intervenção em tempo mínimo, contribuindo na correção do problema identificado e no aumento da produtividade dos cultivos (SENAR, 2018). Por tudo acima demonstrado fica claro que, o investimento nessa tecnologia, drone/vant, câmera profissional, pacotes computacionais necessários ao voo automatizado ou para o processamento das imagens, ainda se constitui um alto valor de investimento, muito distante da capacidade financeira da maioria dos técnicos, principalmente para aqueles em início de carreira. Portanto, objetiva-se propor a utilização de drones de baixo custo e pacotes computacionais livres aplicados no mapeamento agrícola e ambiental e discutir a qualidade dos produtos obtidos.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi realizado numa propriedade agrícola localizada na Cidade de Carolina – MA. A escolha do local de realização do mapeamento foi devido à maior segurança (baixíssimo tráfego aéreo) e facilidade de liberação dos voos pelos órgãos de controle (DECEA/SARPAS), por se tratar de zona rural distante de aeroportos ou heliportos. Além disso, a propriedade escolhida apresenta áreas de pastagem com histórico conhecido, o que permite estudar, discutir e validar os mapas temáticos obtidos com a tecnologia proposta nesse estudo.

A Figura 1 apresenta a localização da área agrícola onde os voos automatizados foram realizados objetivando a captura de imagens e posterior processamento para a construção do ortomosaico e mapas temáticos a partir da classificação de imagens. A localização da área apresenta como ponto de referência a coordenada geográfica -6,8937° de latitude sul e - 47,4297° de longitude Oeste.



Figura 1. Localização da propriedade agrícola utilizada na realização do estudo.

Fonte: Google Earth (2023).

A obtenção das imagens foi realizada de forma automatizada utilizando o módulo livre do aplicativo DH mobile, que permite fazer o mapeamento automatizado utilizando o drone MINI 2 da DJI. Para isso, faz-se o planejamento do voo no aplicativo onde configura-se vários parâmetros do voo e das imagens, como a delimitação da área de interesse, largura e altura da imagem, altura do voo, sobreposição lateral, sobreposição frontal, direção do voo, dentre outras configurações. A Figura 2 apresenta um modelo dos principais parâmetros a serem configurados antes do drone levantar voo, necessários ao mapeamento automatizado e melhoria na qualidade das imagens obtidas em função dos objetivos pretendidos.

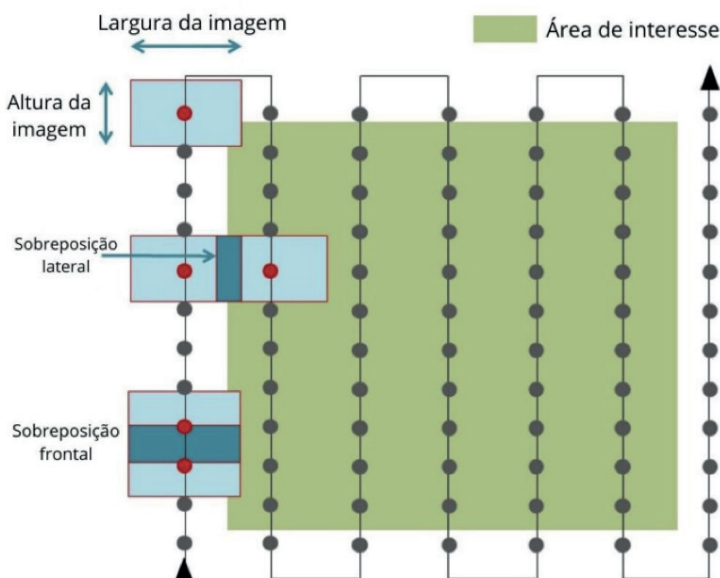


Figura 2. Principais parâmetros a serem configurados objetivando o mapeamento automatizado.

Fonte: Mappa (2020).

É recomendado no mínimo que o plano de voo deva prever uma sobreposição longitudinal de 70% e lateral de 60%, para realização de um mosaico (Polotto, 2019). O processamento das imagens objetivando a construção do ortofotomosaico e posterior classificação das imagens para a obtenção dos mapas temáticos, foi realizado utilizando o módulo livre do aplicativo open drone map que permite obter vários produtos a partir do levantamento aerofotográfico, como nuvens de pontos, modelo digital de superfície, modelo digital de terreno, ortofotomosaico. Esse aplicativo é bastante recomendado para uso acadêmico e para incentivar os primeiros contatos com o processamento fotogramétrico, conforme Droneng (2021).

A análise da qualidade das imagens e produtos gerados será realizada por

manipulação digital e comparação com outros produtos obtidos a partir de imagens livres do Google Earth. Dessa forma, será possível comparar e compreender se há ganho na qualidade de imagens e produtos obtidos com a tecnologia proposta. Para uma melhor visualização da metodologia proposta nesse estudo apresenta-se na Figura 3 um fluxograma dos passos a serem executados para obtenção dos resultados a partir da metodologia aqui proposta.



Figura 3. Fluxograma da metodologia utilizada na obtenção dos mapas temáticos

Fonte: Autores (2022).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa pesquisa fora proposta com o objetivo de reduzir custos operacionais e de aquisição para profissionais recém-formados que desejam atuar no mapeamento agrícola e ambiental, bem como, consolidar o estudo dessa tecnologia na região, visto que, trata-se de uma tecnologia recente e com um grande potencial. Uma vez que, parâmetros como: Índice de vegetação, modelagem 3D do terreno e mapeamento de fazendas são alguns dos objetivos buscados nesta pesquisa e são exemplos de mapas temáticos que podem ser obtidos com a utilização de drones de baixo custo, os chamados drones de entrada. O trabalho foi realizado em uma propriedade rural no município de Carolina – MA. O tamanho da área utilizada na pesquisa foi de 2,46 hectares, a análise dos resultados foi realizada com base no relatório técnico de qualidade gerado por meio do *WebODM*, *software* de processamento de imagens capturadas pelo drone.

O voo foi realizado a 50 metros de altura, 80% de sobreposição lateral e 80% de sobreposição frontal. O formato da imagem foi 3:4 (12 milhões de pixels) e parâmetros das fotos no modo automático. Na Figura 4, apresenta-se um resumo do processamento com as definições das imagens processadas. Nessa área foram capturadas 110 imagens, com uma nuvem de 14.783.309 pontos, obtendo um GSD de 1,5 cm/pixel. O sistema de posicionamento utilizado foi o GPS do drone, com erro de 0,77m, sem a utilização de pontos de controle.

Imagens reconstruídas	110 sobre 110 tiros (100,0%)
Pontos reconstruídos (esparcos)	210576 sobre 216652 pontos (97,2%)
Pontos Reconstruídos (Denso)	14.783.309 pontos
Distância Média de Amostragem do Solo (GSD)	1,5 cm
Recursos detectados	25.141 recursos
Recursos reconstruídos	5.735 recursos
Referência geográfica	GPS
Erros de GPS	0,77 metros

Figura 4. Resumo dos dados do processamento.

Fonte: Autores (2022).

A Figura 5, mostra um mapa com os parâmetros do voo: direção do voo, pontos de captura das imagens, bem como, a nuvem de pontos de referência.

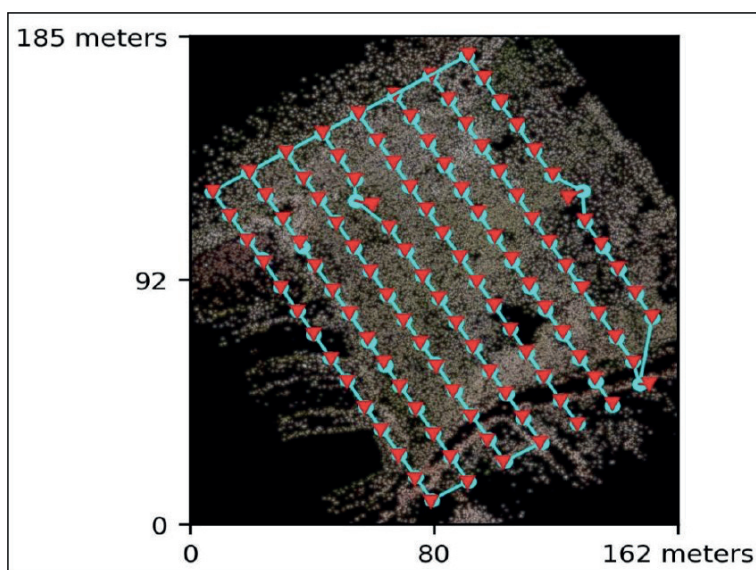


Figura 5. Mapa com parâmetros do voo e imagens.

Fonte: Autor (2022).

As Figuras 6 e 7, apresentam o ortomosaico e o modelo digital de superfície, respectivamente, gerados com as fotografias obtidas pelo drone. A ortofoto, por se tratar de

uma imagem livre de distorções, é uma ferramenta imprescindível para uma visualização clara da área em questão. O modelo digital de superfície é um conjunto de pontos com coordenadas conhecidas em um determinado sistema de referência cartográfica, equidistantes ou não e com elevação conhecida, é necessário principalmente para o estudo de volumes de massa de vegetação etc.



Figura 6. Ortomosaico das aerofotografias obtidas pelo drone.

Fonte: Autores (2022).

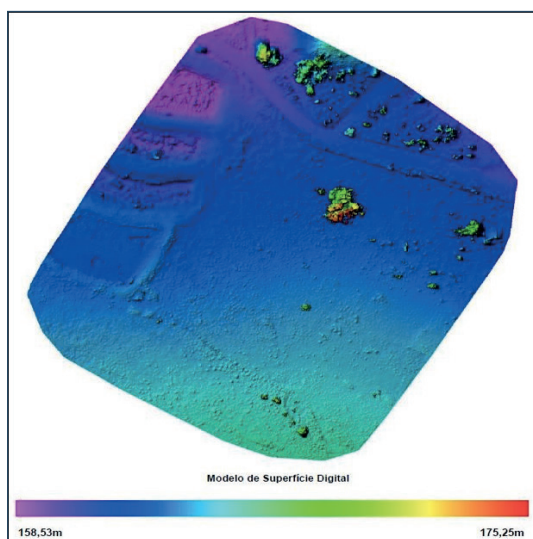


Figura 7. Modelo digital de superfície (MDS).

Fonte: Autores (2022).

Nas Figuras 8, 9 e 10, apresentam-se as tabelas de detalhamento dos erros de GPS, 3D e a precisão, respectivamente. Com relação as coordenadas referenciadas a três eixos ortogonais com origem no centro de massa da terra, sendo o eixo “Z” orientado na direção do *Conventional Terrestrial Pole* (Polo Terrestre Convencional), o eixo “X” na direção média do meridiano de Greenwich e o eixo “Y” de modo a tornar o sistema dextrogiro. Na parte do GPS o erro RMS no eixo X foi de 0,796 metros, no eixo Y 0,562 metros e no eixo Z 1,010 metros, totalizando 0,766 metros. No mapeamento 3D, os erros RMS nos eixos X, Y e Z são 0,020 metros, 0,016 metros e 0,053 metros respectivamente.

Na Figura 10, tem-se a tabela de precisão, onde mostra alguns parâmetros, como a precisão métrica horizontal, sendo a precisão absoluta de 1,002 metros (CE90), e a precisão vertical (LE90) 0,652 metros.

GPS	Significa	Sigma	Erro RMS
Erro X (metros)	-0,002	0,796	0,796
Erro Y (metros)	-0,001	0,562	0,562
Erro Z (metros)	-0,001	1,010	1,010
Total			0,766

Figura 8. Tabela de detalhamento do erro de GPS.

Fonte: Autor (2022).

3D	Significa	Sigma	Erro RMS
Erro X (metros)	0,010	0,018	0,020
Erro Y (metros)	0,009	0,014	0,016
Erro Z (metros)	0,027	0,045	0,053
Total			0,032

Figura 9. Tabela de detalhamento do erro 3D

Fonte: Autores (2022).

GPS	Absoluto	Relativo
Precisão horizontal CE90 (metros)	1,002	0,029
Precisão vertical LE90 (metros)	0,652	0,061

Figura 10. Tabela de precisão

Fonte: Autores (2022).

Os resultados encontrados permitem verificar que as imagens obtidas por esse modelo de drone de baixo custo, utilizado nesse mapeamento experimental, apresentou excelente qualidade sendo possível identificar alvos muito pequenos na área mapeada. Além disso a distância média de amostragem do solo (GSD) calculada pelo software drone

Harmony como parâmetro de orientação e não como geometria real, foi de apenas 1,5cm/pixel. Vale lembrar que se o objetivo do levantamento fosse exatidão seria melhor calcular o GSD, utilizando-se as fórmulas matemáticas existentes ou até mesmo calcular o valor do pixel do produto.

Por se tratar de um mapeamento experimental, utilizando um drone de entrada, optou-se por mapear uma área pequena, uma vez que para o processamento das imagens exige hardwares poderosos com grande capacidade de processamento. Nesse estudo utilizou-se um Notebook com 16gb de memória Ram e placa de vídeo dedicada. Mesmo assim o tempo de processamento das 110 imagens foi de quase uma hora. Se a área mapeada fosse maior, por exemplo, 50 hectares, a duração do vôo e o número de imagens seria grande, inviabilizando o tempo de processamento. Nesse caso, a solução seria fazer um vôo mais alto e fazer o processamento em nuvem por empresas especializadas. Se o vôo for mais alto, 120m por exemplo, uma fotografia consegue cobrir uma área maior, porém o GSD provavelmente também iria ser maior.

O erro total de posicionamento obtido nesse mapeamento experimental utilizando o drone de baixo custo, foi de 0,77m. A solução para diminuir o erro de posicionamento seria trabalhar com pontos de controle obtidos em terra utilizando-se estação total por exemplo. Os pontos de controle seriam utilizados para corrigir o erro total de posicionamento podendo-se obter resultados milimétricos. Alguns drones já estão incorporando o RTK, que permitirão essa correção em tempo real a partir da base mais próxima do IBGE.

Com base no erro de posicionamento obtido nesse estudo, percebe-se que os levantamentos com drones de baixo custo apresentam grandes possibilidades, principalmente para os produtos que não exigem grande acurácia. Para os produtos onde se necessita grande acurácia deve-se trabalhar, atualmente, com pontos de controle no terreno, até que os drones com tecnologia de correção em tempo real se tornem populares.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Maranhão – FAPEMA. À Universidade Estadual da Região Tocantina do Estado do Maranhão - UEMASUL

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de drones de baixo custo, implica em bons resultados em relação a mapas temáticos e geração de produtos que permitem erro maior na precisão dos dados, porém, para elaboração de mapas mais precisos, não atende esse propósito. A Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, por exemplo, define diferentes padrões de precisão para vértices limites de acordo com os tipos de limites: artificiais

(melhor ou igual a 0,50 metros), naturais (melhor ou igual a 3,00 metros) e inacessíveis (melhor ou igual a 7,50 metros). Logo, como o erro de GPS obtido pelo drone é de 0,77 metros, se torna inviável sua utilização no georreferenciamento de imóveis rurais com limites artificiais, necessitando de pontos de controle no terreno para correção do erro de posicionamento.

Sugere-se que, novos estudos de mapeamento com drones de baixo custo, devem ser realizados utilizando pontos de controle no terreno, obtidos por estação total ou GPS geodésico para melhorar a acurácia máxima nos levantamentos ambientais e/ou com fins agrícolas que se podem obter com esses equipamentos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, U.C.; CALDERON, R.A.; CALDERON, C, C.M.A. DRONES PARA FINS PROFISSIONAIS.

Anais: III Semana Florestal da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta - ISBN: 978-85-5722-031-7 pg. 75-75. 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/iiisefflor/52779-uso-de-drones-para-fins-profissionais/>. Acesso em: setembro/2021.

DRONENG -Drones & Engenharia. **Tudo sobre mapeamento aéreo com drones.** 2021 Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/open-drone-map-conheca-o-software/> Acessado em: setembro/2021.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico para georreferenciamento de imóveis rurais.** 2022. Disponível em: https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manual_geo_imoveis.pdf. Acesso em: Julho/2023.

MAPPA – Mapeamento com drones. **Sobreposição de imagens:** por que ela é importante?. 2020. Disponível em: Acesso em <https://mappa.ag/blog/sobreposicao-de-imagens-por-que-ela-e-importante/> . Acesso: outubro/2021.

PERIN, G.; GERKE, T.; LACERDA, V. S.; DA ROSA, J. Z.; CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. Análise de Acurácia de Georreferenciamento de Mosaicos de Imagens Obtidas por RPA. Anais do EATI, v. 193, p. 193-199, nov. 2016. **Anais:** Encontro anual de tecnologia da informação e VII simpósio de tecnologia da informação da região noroeste do RS.

POLOTTO, J.P.L.S; Drones, uma importante ferramenta em perícias de engenharia. **Anais...** COBREAP, 2019. Salvador – BA. Disponível em: <http://www.mrcl.com.br/AO-31-DronesUma-Importante-Ferramenta-em-Per%C3%ADcias-de-Engenharia.pdf>. Acesso em: setembro/2021.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agricultura de precisão:** operação de drones / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2018. 84 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 249)

ALLISON BEZERRA OLIVEIRA - é graduado em Geografia e especialista em planejamento ambiental pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. É Mestre e Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, possui pós-doutorado na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. É professor Adjunto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL.

MARCELO FRANCISCO DA SILVA - é graduado em Ciências/Biologia e especialista em Metodologia do Ensino em Geografia Aplicado ao Planejamento Ambiental pela Universidade Estadual do Maranhão-UEMA. Mestre em aquicultura e recursos aquáticos tropicais pela Universidade Federal da Amazônia - UFRA e Doutor em Biologia de agentes infecciosos e parasitários pela Universidade Federal do Pará. É professor Adjunto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL.

JOSÉ FÁBIO FRANÇA ORLANDA - é graduado em Química Industrial para Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa - UFV e doutor em Química pela Universidade Federal da Paraíba. É professor Adjunto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL.

JORGE DINIZ DE OLIVEIRA - é graduado em Química industrial pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Mestre em Química Inorgânica pela Universidade do Ceará – UFC e Doutor em Química pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP. É professor Adjunto da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL. Membro da Academia de Ciências, Letras e Artes de João Lisboa-MA

AICHELY RODRIGUES DA SILVA - é graduada em Geografia e especialista em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. É mestre e doutora em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. É professora adjunta da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL.