

**VINNÍCIUS VALE DIONÍZIO FRANÇA**

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DRONES NO MAPEAMENTO DE  
ÁREAS DISPONÍVEIS PARA REPOSIÇÃO FLORESTAL**

Trabalho de Conclusão do Curso (Artigo Científico) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto.

NATAL

2024

# VINNÍCIUS VALE DIONÍZIO FRANÇA

## AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DRONES NO MAPEAMENTO DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA REPOSIÇÃO FLORESTAL

Trabalho de Conclusão do Curso (Artigo Científico) apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, na linha de pesquisa em Sustentabilidade e Gestão dos Recursos Naturais.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 25/10/2023, pela seguinte Banca Examinadora:

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Mário Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto. - Presidente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

JULIO CESAR DE

PONTES:36685976420

Assinado de forma digital por JULIO

CESAR DE PONTES:36685976420

Dados: 2024.02.02 16:12:54 -03'00'

---

Prof. Dr. Júlio Cesar de Pontes – Examinador interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente

gov.br

ARIADNE SILVA DE FARIAS

Data: 01/02/2024 17:11:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. A

Instituto Superior de

gov.br

Documento assinado digitalmente

MARIO TAVARES DE OLIVEIRA CAVALCANTI NETO

Data: 05/02/2024 16:45:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

lora Externa

cosul (ISAE/Curitiba)

# AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE DRONES NO MAPEAMENTO DE ÁREAS DISPONÍVEIS PARA REPOSIÇÃO FLORESTAL

## *Evaluation Of the Use of Drones in Mapping Available Areas for Forest Replacement*

Vinnícius Vale Dionízio França<sup>1</sup>

Mario Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto<sup>2</sup>

**RESUMO:** A supressão da vegetação da Caatinga vem se intensificando nos últimos anos devido a evolução do número de empreendimentos de Energia Eólica e Energia Solar. Dentre uma das condicionantes para que seja autorizado a supressão vegetal, está a obrigatoriedade de se realizar uma reposição florestal equivalente aquela área que foi desmatada, com espécies nativas e semelhantes. Como forma de identificar e mapear áreas disponíveis para o plantio, o uso do drone surge como uma alternativa as imagens de satélite, devido a algumas vantagens, como preço e qualidade final. O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade do uso do drone como ferramenta para o mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal. A pesquisa foi de cunho exploratório, se dividindo em levantamento documental referente à legislação acerca da reposição florestal e bibliográfico sobre a utilização de drones. Em um segundo momento, aplicaram-se as etapas de campo com a utilização de um drone, no qual foi realizado um plano de voo para obtenção de um ortomosaico de uma área propensa a um projeto de reposição florestal, e por fim o mapeamento e cálculo das áreas disponíveis para o plantio de mudas. Como resultados foi possível obter por meio dos processos elaborados com drone, o ortomosaico com imagens do drone, a identificação das áreas disponíveis e o cálculo do número de mudas. De modo geral, foi possível constatar a viabilidade técnica e operacional dos drones na identificação, cálculo e mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal.

**Palavras-chave:** Drones; Reposição Florestal; Mapeamento; Ortomosaico;

**ABSTRACT:** The clearing of vegetation in the Caatinga has intensified in recent years due to the increase in the number of wind and solar energy projects. One of the conditions for authorizing the suppression of vegetation is the obligation to replant the forest equivalent to the area that was cleared, with native and similar species. As a way of identifying and mapping areas available for planting, the use of drones has emerged as an alternative to satellite images, due to certain advantages such as price and final quality. The general aim of this work is to analyze the feasibility of using drones as a tool for mapping areas available for forest replacement. The research was exploratory in nature, divided into a documentary survey of legislation on forest replenishment and a bibliographic survey on the use of drones. Secondly, the field stages were carried out using a drone, in which a flight plan was made to obtain an orthomosaic of an area suitable for a forest replacement project, and finally the mapping and calculation of the areas available for planting seedlings. As a result, it was possible to obtain the orthomosaic with drone images, the identification of available areas and the calculation of the number of seedlings. In general, it was possible to verify the technical and operational viability of drones in identifying, calculating and mapping areas available for forest replacement.

**Keywords:** Drones; Forest Replacement; Mapping; Orthomosaic.

<sup>1</sup> Aluno do Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

<sup>2</sup> Professor Doutor do Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

# 1 INTRODUÇÃO

No território brasileiro, cerca de 100 milhões de hectares de vegetação nativa em propriedades particulares não desfrutam da proteção legal estabelecida para Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais ou Unidades de Conservação (FREITAS et al. 2018).

Conforme Lopes et al. (2021), A supressão da vegetação nesses locais, mesmo quando autorizada pela legislação, resulta na redução da biodiversidade e na amplificação das emissões de gases de efeito estufa, exacerbando, assim, os efeitos das alterações do clima.

O Código Florestal (Brasil, 2012) estabelece requisitos para a remoção da cobertura vegetal nesses locais, demandando a obtenção de autorização antecipada do órgão ambiental apropriado, bem como a prática de reflorestamento enquanto um meio de contrapartida pela depleção da vegetação. Nessa perspectiva, a ação de reflorestamento se apresenta como um valioso instrumento de preservação da diversidade biológica, promovendo a recuperação de áreas já desmatadas, pouco exploradas ou danificadas. (BRANCALION et al. 2010).

A supressão da vegetação da Caatinga vem se intensificando nos últimos anos devido a evolução do número de empreendimentos de Energia Eólica e Energia Solar. Através de uma licença de ASV – Autorização de Supressão Vegetal, é realizado a retirada do material lenhoso de áreas de execução do projeto, principalmente de vias de acesso, subestações, aerogeradores e painéis solares.

Dentre uma das condicionantes para que seja autorizado a supressão vegetal está a obrigatoriedade de se realizar uma reposição florestal equivalente aquela área que foi desmatada, com espécies nativas e semelhantes.

No Rio Grande do Norte, a reposição florestal era revertida em pagamento pelo empreendedor causador da supressão vegetal até junho de 2019, quando a Lei 182/2019, definiu que deveria ser realizado o plantio de mudas em área equivalente a área de mata nativa derrubada (PIMENTEL, 2019).

Diante disso, o responsável por atividade de supressão vegetal de mata nativa no estado do RN deverá elaborar e executar o Projeto de Reposição Florestal (PRF) em alguma área degradada ou sem vegetação, com a área do plantio de mudas definindo de acordo com o valor da área suprimida (PIMENTEL, 2019).

Geralmente, a escolha dessa área pode se dar a partir de conhecimentos preestabelecidos pelos moradores, porém, em alguns casos, existe uma dificuldade de encontrar áreas disponíveis, até mesmo visualizando por imagens de satélite.

Nesse contexto, surge um aliado tecnológico que ajuda a identificar e mapear possíveis áreas para o plantio destas mudas, esse aliado é a ARP - Aeronave Remotamente Pilotada, popularmente conhecida como Drone, que dentre as suas várias funções, realiza um mapeamento para obtenção de um ortomosaico.<sup>1</sup>

Nas últimas décadas, com o avanço tecnológico vem crescendo o uso constantemente de drones, apresentando vantagens técnicas e econômicas em relação aos levantamentos convencionais utilizando imagens de satélite (FERREIRA et al., 2013).

A área escolhida para aplicação deste estudo faz parte de um Parque Eólico recém-instalado no município de Caiçara do Norte, estado do Rio Grande do Norte, que precisou realizar um PRF, para recompor parte da vegetação suprimida durante a fase de instalação do empreendimento. Podemos observar na Figura 1, o contexto da área escolhida para o plantio das mudas.

---

<sup>1</sup> Ortomosaico é o resultado gerado a partir da união de várias ortofotos. Enquanto Ortofoto é uma representação fotográfica de uma região da superfície terrestre, no qual todos os elementos apresentam a mesma escala, livre de erros e deformações, com a mesma validade de um plano cartográfico (GEO IMAGE, 2022).

Figura 1 - Fotografias aéreas da área de estudo



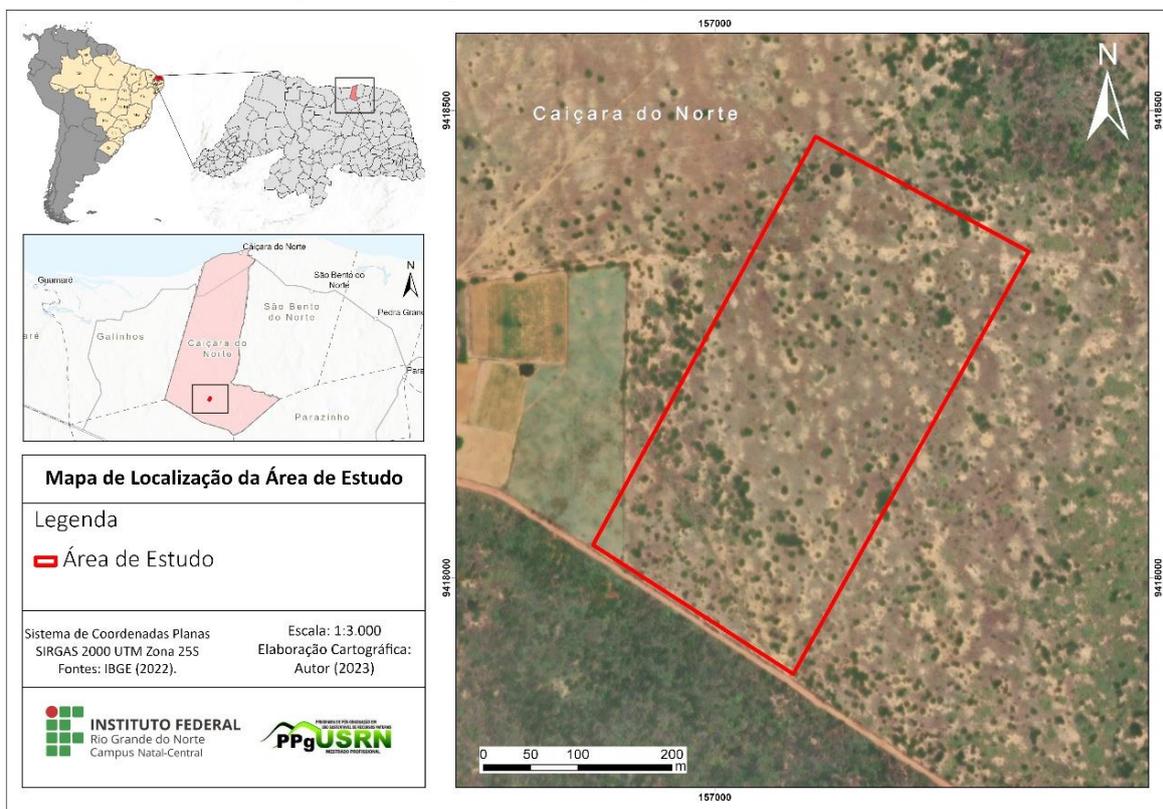
Fonte: Autoria própria.

Como foi possível observar, a área encontra-se parcialmente degradada, apresentando algumas aberturas entre a vegetação existente, com a presença do solo exposto. Esta característica é natural do tipo de vegetação da Caatinga. Desta maneira surge a necessidade de identificar e calcular as áreas que estão disponíveis para o plantio de mudas.

Diante dessa problemática, o objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade do uso do drone como ferramenta para o mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal.

Os objetivos específicos são: a) Aplicar um plano de voo para obtenção de um ortomosaico. b) Classificar as áreas disponíveis para o plantio a partir do ortomosaico. c) Calcular em hectares o quantitativo das áreas disponíveis; d) Espacializar a quantidade de mudas em relação aos hectares calculados.

Figura 2 – Mapa de Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 2 USO DO DRONE COMO UMA ALTERNATIVA AS IMAGENS DE SATÉLITES

Paz et al. (2021) comentam que o alto custo de tecnologias de sensores orbitais de alta resolução espacial pode dificultar ou mesmo inviabilizar o seu uso. Então, o drone surge como uma solução, que apresentando baixo a moderado custo, comparativamente.

A utilização do drone surge como uma alternativa para o mapeamento de áreas de plantio, gerando produtos com uma resolução espacial em centímetros, enquanto imagens de satélites geram em metros (EOS, 2022).

O uso do drone traz ainda outros benefícios como, por exemplo, portabilidade, acessibilidade, fácil manuseio, custo baixo a moderado e altíssima resolução espacial de imagens (MILLER et al. 2020).

Gomes et al. (2021) comentam que o uso dos drones tem sido crescente em monitoramentos ambientais e em estudos agrícolas, proporcionando melhorias na qualidade das informações adquiridas, pois é possível controlar desde a altitude até as repetições dos voos, dependendo das condições ambientais resultando em melhor escala espacial e temporal.

Conforme Prudkin e Breunig (2019), nos últimos anos, tem crescido a utilização dos drones para coletas de dados em florestas. Dentre os benefícios estão os baixos custos operacionais, coleta de dados de alta intensidade, versatilidade dos sensores embarcados e aquisição de dados com alta resolução. Embora imagens de satélite com resoluções de até dezenas de centímetros estejam disponíveis para aquisição, seu custo efetivo ainda é elevado para a maioria dos pesquisadores ou agentes públicos (PRUDKIN; BREUNING, 2019).

Realizando uma comparação entre algumas tecnologias e seus valores respectivos, o Satélite Landsat 8, teve como custo de produção, cerca de 855 milhões de dólares, já os demais valores, como do Avião Cessna 172, Drone SenseFLy eBee, e DJI Phantom 3, são os preços de aquisição dos produtos. Podemos observar que dentre as tecnologias, o drone DJI Phantom 3, possui maior custo-benefício (PIXFORCE, 2016). Vale salientar que a escala de imagens de um satélite é sempre a nível global, enquanto de aviões e drones é regional e local, respectivamente.

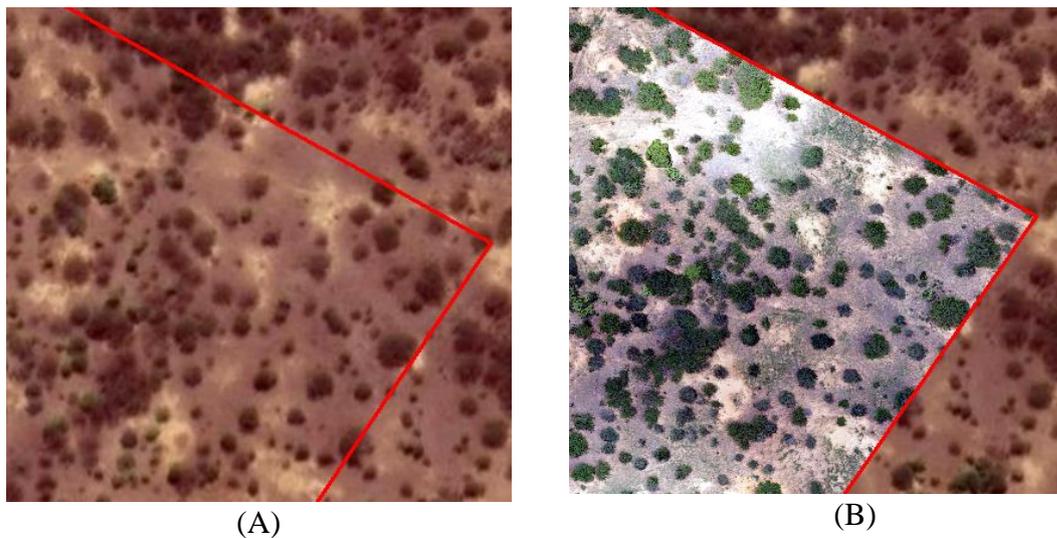
Conforme comenta Ocanã (2019) a distância de Amostragem no Solo, ou GSD, em uma imagem aérea ou espacial, é a medida da distância no solo entre o centro de cada pixel na imagem e o centro do pixel mais próximo. Quanto menor a GSD, mais detalhes podem ser vistos na imagem. É também chamada de "resolução geométrica".

Drones têm uma vantagem tecnológica em relação aos satélites, pois operam em altitudes mais baixas e próximas ao terreno que desejam mapear, resultando em imagens de alta resolução. As regulamentações geralmente limitam os drones a altitudes de até 120 metros, permitindo imagens com uma resolução de até 10 cm, embora alguns drones possam atingir GSD de 2 cm (OCANÃ, 2019).

Por outro lado, os satélites têm uma limitação nesse aspecto. A melhor escolha disponível para o território brasileiro é a constelação RapidEye, que oferece imagens com uma resolução espacial (GSD) de 5 metros. Isso significa que cada pixel nessas imagens é cinquenta vezes maior do que o tamanho típico de pixel em imagens capturadas por drones (OCANÃ, 2019).

Essas características fazem com que os drones sejam a melhor escolha para a obtenção de um maior nível de detalhes, mesmo com um baixo custo. A Figura 3 apresenta um comparativo entre imagem de satélite disponível para a área de estudo, e uma imagem obtida através de ortomosaico com uso de um drone.

Figura 3 - Comparativo entre imagem de satélite (A) e imagem do drone (B) da área de estudo.



Fonte: A) Maxar Technologies; B) Elaborado pelo autor (2022).

Limitações do drone: Dentre as principais limitações para o uso dos drones, estão as condições meteorológicas do local do voo, a capacidade da bateria do drone, que limita o tempo de voo, e a liberação do voo em áreas de aeroportos.

### **3 REPOSIÇÃO FLORESTAL: LEGISLAÇÃO E CONCEITOS**

A Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, traz em seu artigo 2º um entendimento do que seja recuperação e restauração com a seguinte redação:

Recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (BRASIL, 2000).

O Decreto nº 5.975 de 30 de novembro de 2006 traz a seguinte definição para a Reposição Florestal:

A reposição florestal é a compensação do volume de matéria prima extraído de vegetação natural pelo volume de matéria-prima resultante de plantio florestal para geração de estoque ou recuperação de cobertura florestal (BRASIL, 2006).

Já o IBAMA define Reposição Florestal:

Conjunto de ações desenvolvidas que visam estabelecer a continuidade do abastecimento de matéria prima florestal aos diversos segmentos consumidores, através da obrigatoriedade da recomposição do volume explorado, mediante o plantio com espécies florestais adequadas. (IBAMA, 2011).

O Código Florestal, instituído pela Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965 e posteriormente modificado pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal), dispõe sobre a proteção da vegetação nativa definindo dentre as terras rurais privadas, categorias de áreas que são adequadas à produção e aquelas que devem ser conservadas.

As áreas que devem ser conservadas com sua vegetação natural são subdivididas em duas categorias: Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL). Quando ocorre a supressão de vegetação situada em APP ou no caso de imóvel rural com área de RL em extensão inferior ao estabelecido na referida Lei, o proprietário é obrigado a promover a recomposição da vegetação adotando as seguintes alternativas, isolada ou conjuntamente:

- Recompor a vegetação;
- Permitir a regeneração natural da vegetação; e/ou
- Compensar (permitido apenas no caso da RL, e não de APP).

A Resolução CONAMA nº 369/2006 estabelece que:

Art. 5º “O órgão ambiental competente estabelecerá, previamente à emissão da autorização para a intervenção ou supressão de vegetação em APP, as medidas ecológicas, de caráter mitigador e compensatório, previstas no § 4º, do art. 4º, da Lei nº 4.771/65, que deverão ser adotadas pelo requerente” (BRASIL, 2006).

Art. 5º § 1º. “Para os empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental, as medidas ecológicas, de caráter mitigador e compensatório, previstas neste artigo, serão definidas no âmbito do referido processo de licenciamento, sem prejuízo, quando for o caso, do cumprimento das disposições do art. 36, da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000” (BRASIL, 2006).

Art. 5º § 2º “As medidas de caráter compensatório de que trata este artigo consistem na efetiva recuperação ou recomposição de APP e deverão ocorrer na mesma subbacia hidrográfica, e prioritariamente: I - Na área de influência do empreendimento, ou II - Nas cabeceiras dos rios” (BRASIL, 2006).

Para a formulação definitiva de um conceito de Reposição Florestal, precisa-se entender que, ao se executar um desmatamento, deve ser feito primeiro uma solicitação ao órgão responsável. Após isso, o mesmo órgão emitirá a autorização para execução dos trabalhos de supressão vegetal (MAGALHÃES, 2011).

A definição da área para a realização da reposição florestal levou em consideração critérios importantes para que a mesma ocorra de forma satisfatória com o mínimo de perda possível. Foram considerados pontos como: acesso ao local ao projeto, proximidade com áreas de reserva legal, condições de solo e da vegetação já existente, entre outras.

A reposição florestal obrigatória é uma medida legal para mitigação, compensação ou reparação pelo corte de árvores nativas ou recuperação de áreas degradadas, conforme exposto nos artigos 8º e 15 do Capítulo II e no Art. 51 da Lei Estadual nº 9.519/1992 e na Instrução Normativa SEMA nº 01/2018 (BORSA AMBIENTAL, 2021).

O conceito de Reposição Florestal muitas vezes é confundido com o conceito de Recuperação de Área Degradada. São comuns muitas interpretações e distorções sobre a Reposição Florestal, pois as próprias instituições que compõem o governo e as instituições não governamentais que não têm o assunto no seu dia a dia se confundem (MAGALHÃES, 2011).

No estado do Rio Grande do Norte, com a aprovação do projeto de Lei nº 182/2019, a possibilidade de ressarcimento com dinheiro público para a reposição florestal foi revogada.

Agora, a reposição florestal deverá ser efetuada com recursos privados de quem desmatou, onde o plantio pode ocorrer em novas áreas, em terras próprias ou pertencentes a terceiros.

A lei supracitada define ainda que a reposição tem que ser aprovada através de projetos técnicos definidos por entidade estadual responsável, no caso de órgãos ambientais estaduais. Já no caso de recuperação de áreas de preservação permanente e/ou reserva legal, o plantio deverá ser efetuada em terras próprias.

O projeto de Lei nº 182/2019 alterou o parágrafo único do artigo 27-B, acrescido pela Lei Complementar nº 380, de 26 de dezembro de 2008, na Lei Complementar nº 272, de 03 de março de 2004, que passa a vigorar com a seguinte redação:

Parágrafo único – A reposição florestal será efetuada por recursos próprios com plantio em novas áreas, em terras próprias ou pertencentes a terceiros, para suprimento das necessidades do empreendimento, através de projetos técnicos aprovados pela Entidade Executora, e no caso da recuperação de áreas de preservação permanente e/ou reserva legal, o plantio deverá ser efetuada em terras próprias. (LEI Nº 380/2008, ART. 2º).

### 3 MATERIAIS E METÓDOS

A pesquisa foi de cunho exploratório, se dividindo em levantamento documental referente a legislação acerca da reposição florestal e bibliográfico sobre a utilização de drones. Além disso, foi respaldada principalmente em trabalhos já produzidos de autores como Ferreira (2013), Buffon; Sampaio (2018), Prudkin (2019) e Borges (2022). Vale salientar, no entanto, que nenhum trabalho foi encontrado abordando a utilização do drone no mapeamento de áreas para reposição florestal.

Em um segundo momento, aplicaram-se as etapas de campo com a utilização de um drone, no qual foi realizado um plano de voo para obtenção de um ortomosaico de uma área propensa a um projeto de reposição florestal, e por fim o mapeamento e cálculo das áreas disponíveis.

A Figura 4 ilustra o fluxograma da pesquisa:

Figura 4 - Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para utilização do drone foram seguidos os procedimentos descritos por Buffon (2018).

O modelo utilizado foi Mavic Air 2 da fabricante DJI (Da-Jiang Innovations), pesando cerca de 570g e com alcance de até 5km de distância do transmissor. A autonomia da bateria é cerca de 30 minutos, com possibilidade de transmissão de vídeo da sua câmera em tempo real, observada durante o tempo todo através de um tablet ou smartphone conectado ao seu controle, que é também um transmissor de sinal de rádio. A coleta de dados foi realizada no dia 25 de maio de 2022 e a Figura 5 mostra o modelo utilizado.

Figura 5 - Drone modelo Mavic Air 2.



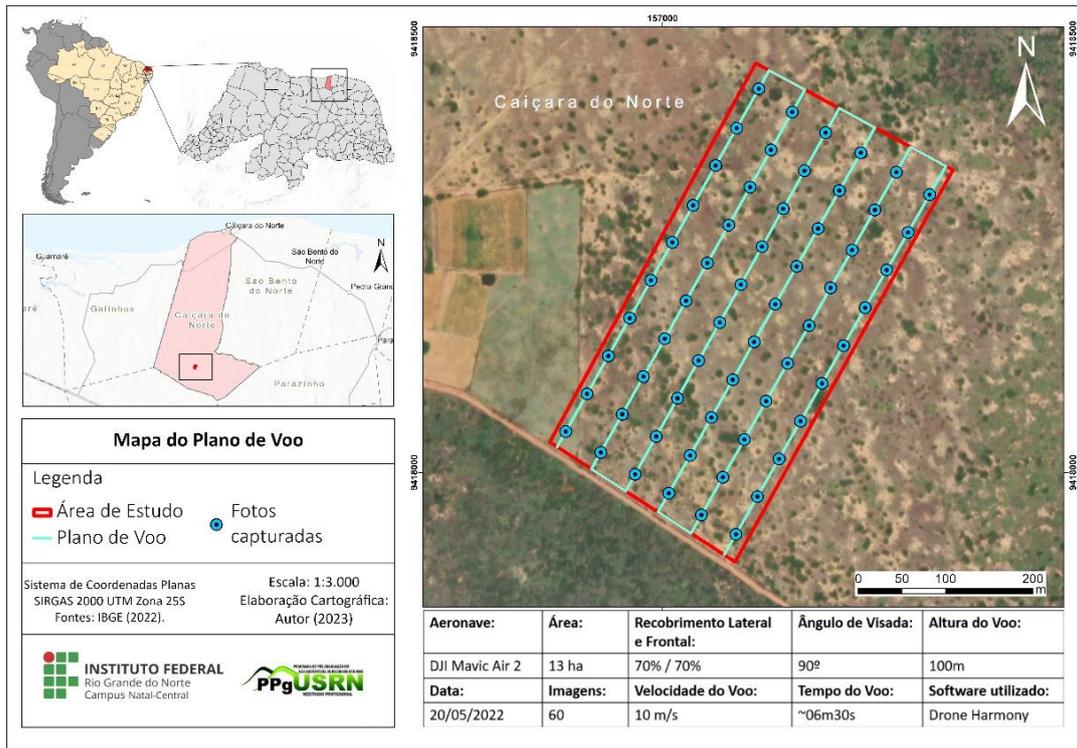
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A tecnologia embarcada favorece uma prática de voo intuitiva e segura, destacando-se o conjunto de sensores anticollisão que mapeiam o ambiente ao redor do aparelho para detectar e impedir um eventual impacto. O controle é conectado a um dispositivo móvel e com um aplicativo específico, se dá início aos procedimentos de decolagem (NETO et. al, 2021).

Para que seja possível a realização do voo, é preciso antes elaborar um pré-levantamento, consistindo na elaboração de um plano de voo em um *software* gratuito chamado *Drone Harmony*, onde é estipulado a área a ser mapeada, tempo de voo, altura, números de fotos a serem tiradas, a porcentagem de recobrimento lateral etc. Esta etapa pode ser realizada tanto em previamente em gabinete como em campo, momento antes da decolagem.

Após a definição do plano de voo, a aeronave sobrevoa de maneira autônoma e remota, realizando a captura das imagens seguindo um recobrimento de pelo menos 70% evitando falhas entre as imagens no ortomosaico. O ângulo de visada de 90° fornece as imagens uma visão vertical, necessária para este tipo de mapeamento. A altura do voo foi definida em 100m (dentro das normas), garantindo um GSD de 4cm. Foram obtidas 60 imagens ao longo de aproximadamente 6 minutos de voo, em uma velocidade de 10 m/s. A Figura 6 apresenta o mapa do plano de voo elaborado com os pontos de captura e demais características do voo executado.

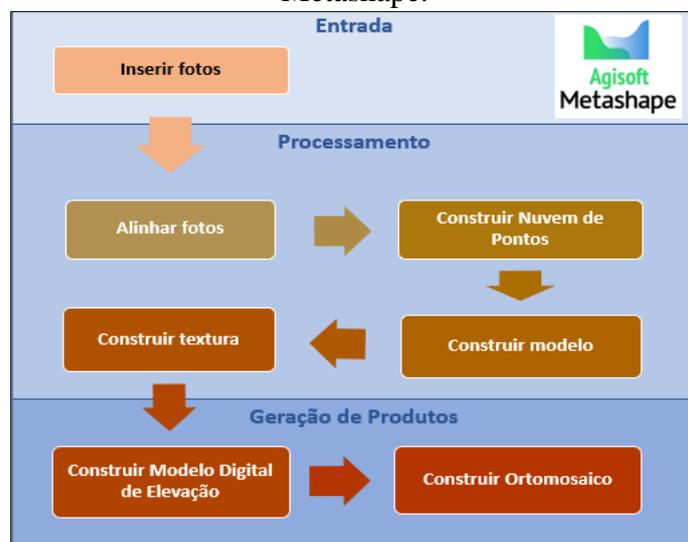
Figura 6 - Mapa do plano de voo elaborado pelo drone.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

As próximas etapas foram realizadas em gabinete, seguindo a metodologia elaborada por Buffon; Sampaio (2018), as imagens dos voos foram tratadas no software *Agisoft Metashape®*, onde o primeiro estágio do processo é o alinhamento das fotografias. Após essa etapa, é construída a Nuvem de Pontos, em seguida a construção de modelos, textura e por fim o Modelo Digital de Elevação. Após essas etapas de processamento, é gerado o produto Modelo Digital de Elevação, a partir dele é possível gerar o ortomosaico, o produto que será utilizado na análise deste trabalho. O fluxograma da Figura 7 ilustra essa sequência elaborada no *software*.

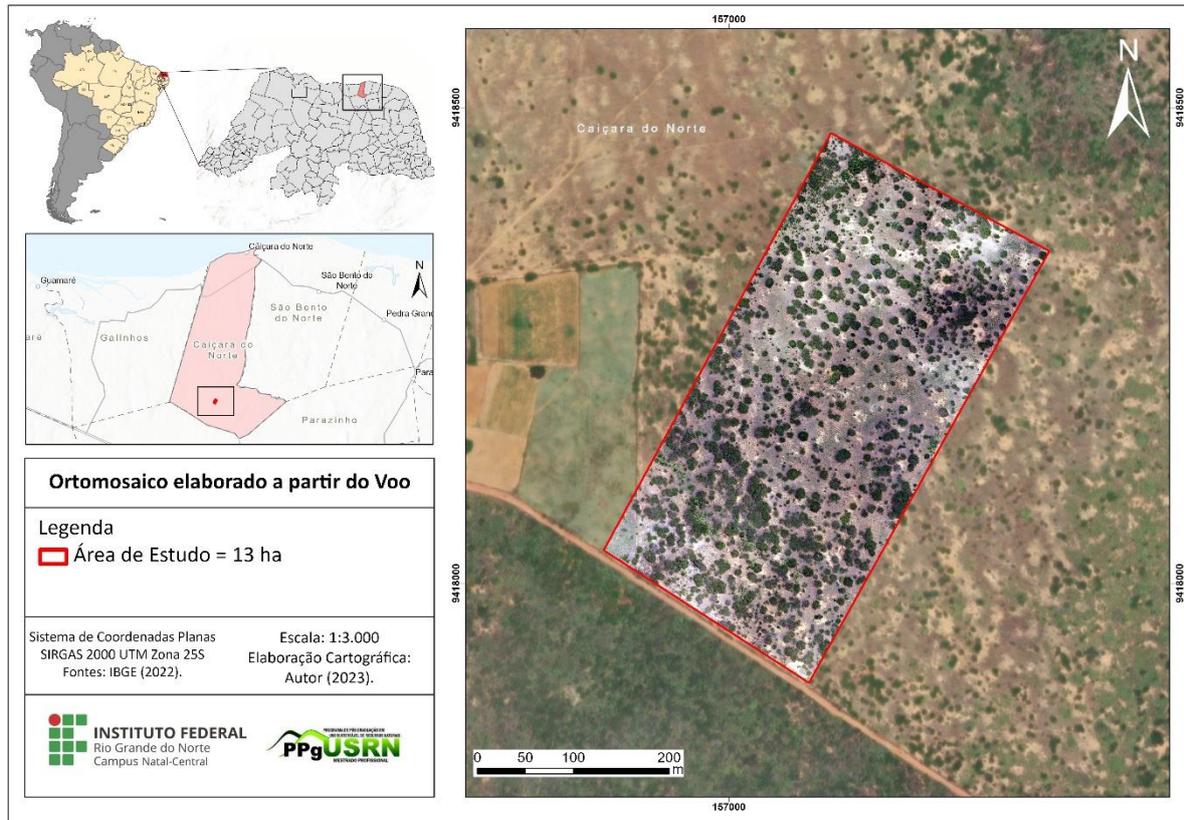
Figura 7 - Rotinas e parâmetros adotados no processamento das imagens no *software* Agisoft Metashape.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O mapa da Figura 8 apresenta o Ortomosaico, produto deste voo.

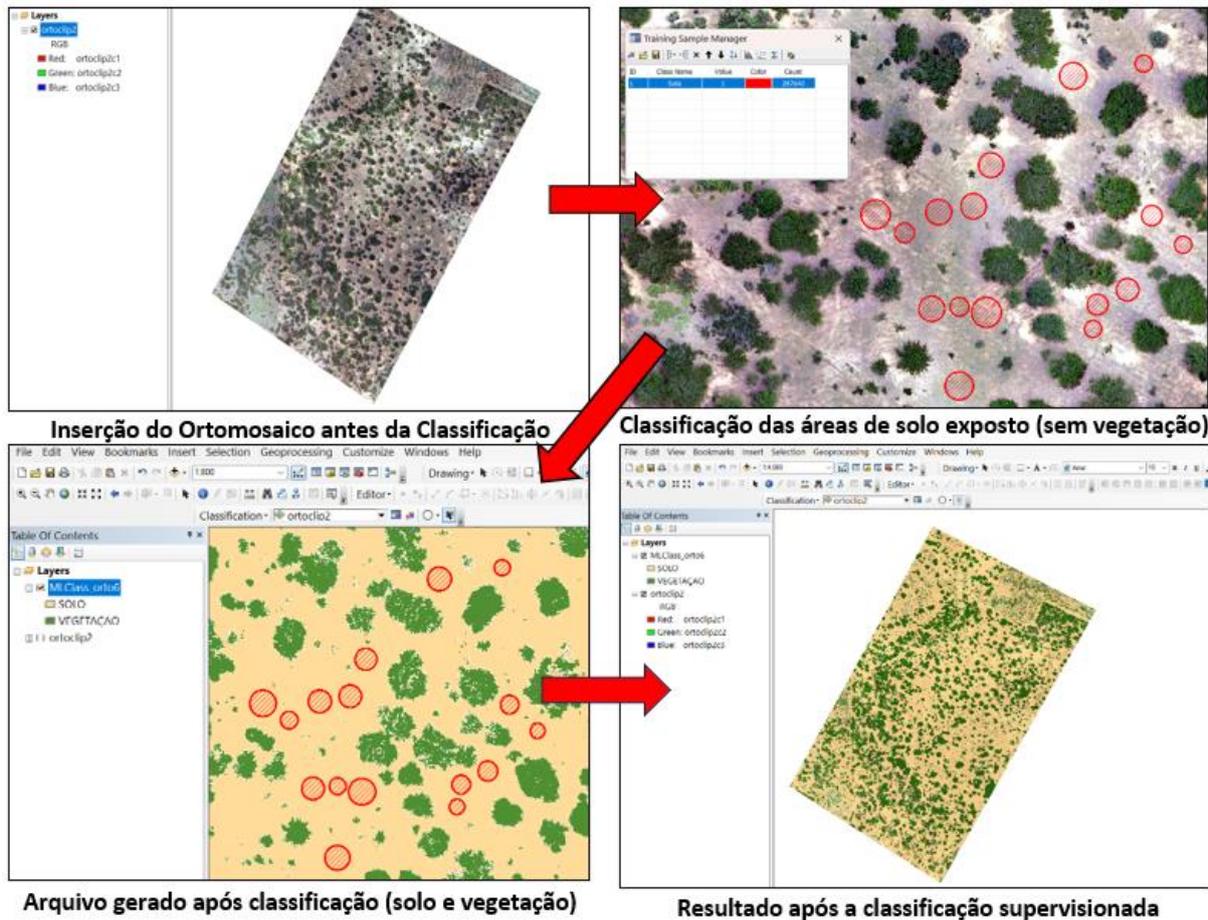
Figura 8 - Mapa do Ortomosaico elaborado a partir do Voo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Após obtenção do ortomosaico, a próxima etapa elaborada foi a de identificação da área disponível para uso. Através do *software ArcMap 10.8*, foi realizado um processo chamado classificação supervisionada de imagens. A vetorização foi feita sobre as áreas de solo exposto sem vegetação existente, ou seja, das áreas disponíveis para o plantio de mudas, conforme a Figura 9.

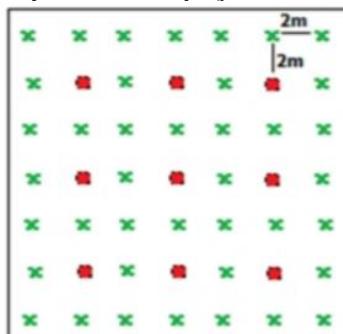
Figura 9 – Processo de classificação supervisionada das áreas disponíveis para o plantio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Com relação ao esquema de plantio, de acordo com a EMBRAPA (2000), as mudas podem ser plantadas de forma aleatória ou sistemática (em linhas), com espaçamentos diversos que podem variar em função do relevo, do tipo de vegetação a ser restaurado e da velocidade com que se quer recobrir o solo. Os espaçamentos mais usuais são 2m x 2m e 3m x 2m, devido a irregularidade das áreas, o esquema 2x2 apresenta-se como esquema mais apropriado. O esquema pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Esquema do espaçamento entre as mudas.

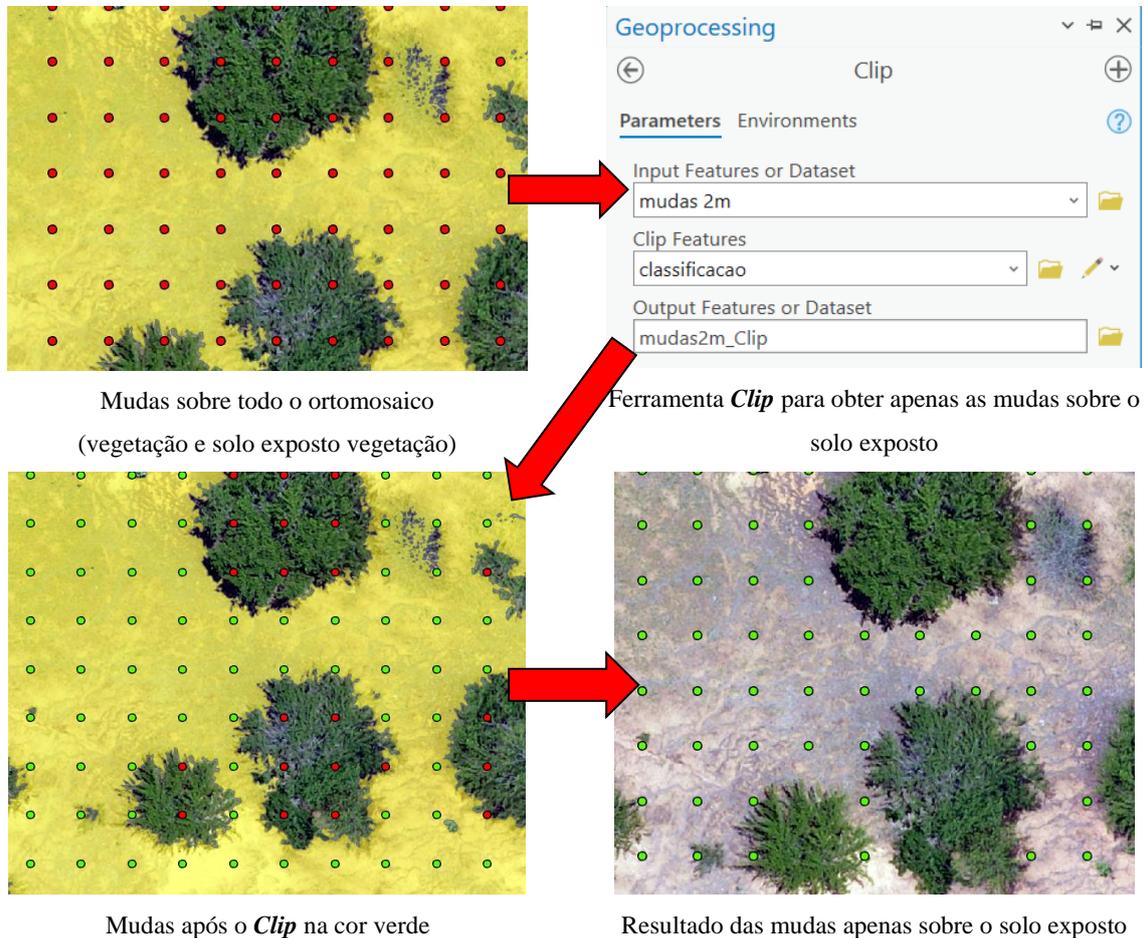


Fonte: CSA, 2021.

A partir deste espaçamento foi possível definir a localização das mudas no terreno, através da criação de pontos regulares no *software* QGIS 3.2 com intervalos definidos de 2m

entre os pontos, seguindo a especificação da EMBRAPA (2000). As mudas foram especializadas apenas sobre a área disponível para o plantio através de uma ferramenta chamada *Clip*. A Figura 11 apresenta este processamento.

Figura 11 – Etapas para obtenção do número de mudas para o plantio.

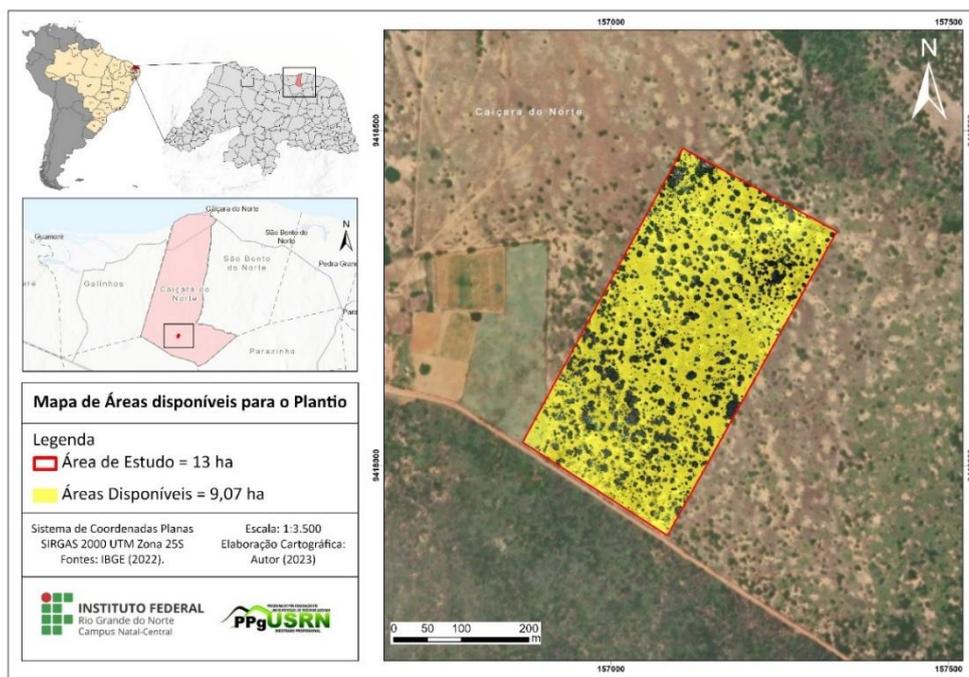


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## 4 RESULTADOS

Como resultados dos procedimentos citados na metodologia, temos o mapeamento das áreas disponíveis a partir da classificação supervisionada da imagem, onde foi possível identificar que dos 13 hectares da área de estudo, 9,07 hectares correspondem a solo exposto, ou seja, estão disponíveis para a reposição florestal e espacialização das mudas. Conforme mapa da Figura 12.

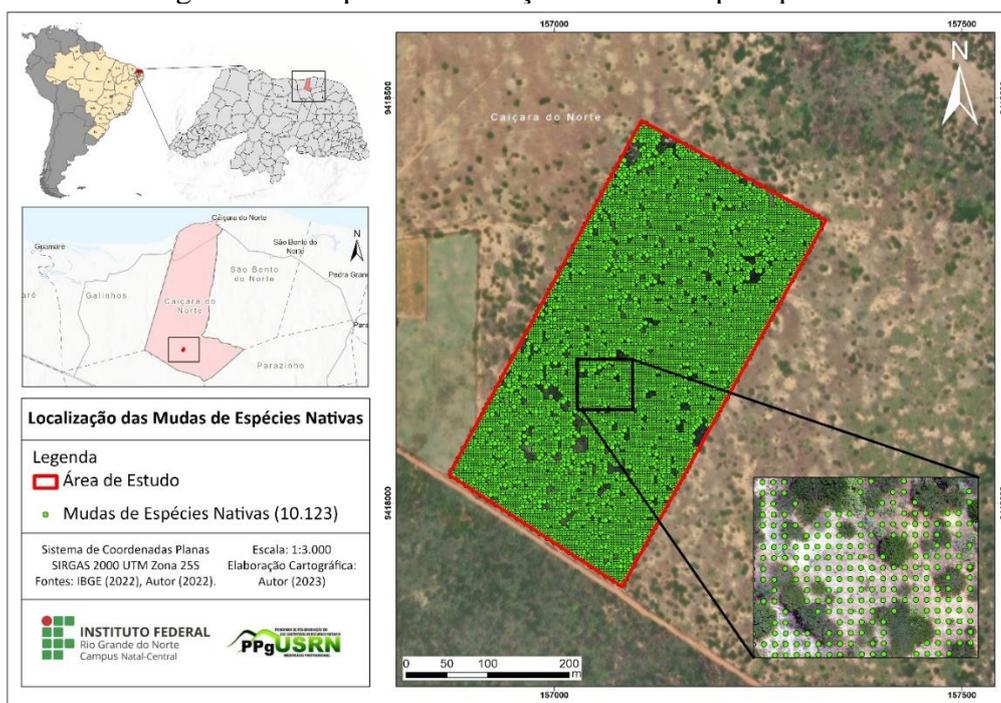
Figura 12 - Mapa das áreas disponíveis para o plantio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Outro mapa resultante é o da localização das mudas dentro da área disponível para plantio, conforme apresentado na figura anterior. Com espaçamento definido de 2m x 2m, dentro dos 9,07 ha, é possível realizar o plantio de 10.123 mudas, conforme o mapa da Figura 13 apresenta.

Figura 13 - Mapa de localização das mudas para plantio.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A partir das informações retiradas do Relatório de Atividades Florestais do empreendimento, foi possível identificar as espécies de maior ocorrência e que representam a melhor adaptação ao fragmento a ser recuperado, as mudas plantadas na reposição deverão ser correspondentes as espécies já existentes, conforme a Tabela 1.

Quadro 1 - Lista de espécies a serem utilizadas no projeto

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME POPULAR	ESTÁGIO SUCESSIONAL
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Secundária
Anacardiaceae	<i>Spondias mombi</i>	Cajazeira	Frutífera
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i>	Umbuzeiro	Frutífera
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Cajueiro	Frutífera
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Pereiro	Secundária
Bursaceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Imburana	Secundária
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	Mofumbo	Pioneira
Euphorbiaceae	<i>Croton soderianus</i>	Marmeleiro	Pioneira
Euphorbiaceae	<i>Jatropha ribifolia</i>	Pinhão	Pioneira
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	Capa bode	Pioneira
Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Mororó	Pioneira
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucá	Secundária
Fabaceae	<i>Cenostigma pyramidale</i>	Catingueira	Pioneira
Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i>	Amorosa	Pioneira
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	Pioneira
Fabaceae	<i>Piptadenia stipulacea</i>	Jurema branca	Pioneira

Fonte: CSA (2022).

O reflorestamento na Caatinga é essencial para a conservação desse bioma brasileiro. A escolha criteriosa das espécies é crucial devido a adaptação ao ambiente, diversidade biológica, interconexão com a fauna, capacidade de recuperação do solo e preservação de espécies ameaçadas. Essas espécies também desempenham papéis importantes na prestação de serviços ecossistêmicos, como regulação do ciclo da água e sequestro de carbono, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas e a preservação da Caatinga.

Como produto técnico-tecnológico, foi elaborado um Manual Prático de Mapeamento com Drones, que oferece orientações passo a passo para o uso eficiente de drones em cartografia. O manual abrange desde fundamentos teóricos até a interpretação de resultados, incluindo planejamento de missões, configuração de drones, aquisição de dados, processamento de imagens e conformidade com normas regulatórias. Este recurso visa capacitar profissionais e entusiastas em diversas áreas, como topografia, agricultura e gestão ambiental.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da utilização de drones no mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal revelou-se altamente positiva e promissora. A aplicação dessa tecnologia proporcionou uma abordagem inovadora e eficiente para a coleta de dados, permitindo uma análise detalhada e precisa das áreas em questão. A rapidez na aquisição das informações, aliada à alta resolução das imagens obtidas, possibilitou uma tomada de decisão mais assertiva no processo de reposição florestal.

Além disso, a redução de custos e o menor impacto ambiental durante o levantamento foram notáveis, evidenciando o potencial sustentável e prático da utilização de drones. Este estudo reforça não apenas a viabilidade, mas também a relevância crescente dessa tecnologia como uma ferramenta indispensável para o mapeamento e a gestão eficiente de áreas destinadas à reposição florestal, contribuindo assim para a promoção da sustentabilidade e conservação ambiental.

Apesar dos benefícios significativos, a avaliação da utilização de drones no mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal também identificou alguns desafios e pontos negativos. A dependência de condições climáticas favoráveis para operações eficientes de drones pode limitar a flexibilidade temporal.

Alguns pontos a serem considerados como fatores limitantes da pesquisa são: as condições meteorológicas da área de estudo no momento do voo, que caso sejam de chuva, impossibilitarão o voo do drone e obstáculos físicos como linhas de transmissão.

A questão da capacidade das baterias e do tempo de voo, que atualmente hoje em dia, nos melhores modelos chegam em média a 40 minutos de voo. Apesar desses obstáculos, o potencial transformador dos drones no mapeamento para reposição florestal é inegável, e abordar essas questões pode ser crucial para maximizar os benefícios dessa tecnologia emergente.

Como resultados foi possível obter por meio dos processos elaborados com drone, o ortomosaico, a identificação das áreas disponíveis e o cálculo do número de mudas. O processo utilizando o ortomosaico elaborado pelo drone, teve uma maior facilidade e acurácia do que se mapeado com uma imagem de satélite. O uso do drone em campo se mostrou mais econômico do ponto de vista financeiro, e com maior otimização dos recursos, pela sua capacidade de mapear áreas de forma mais rápida e por um menor custo.

Além disso, suas diversas funções trazem ainda mais versatilidade, pois, em um único plano de voo executado, é possível obter diversos produtos, como por exemplo: cálculo de áreas, modelo digital de elevação, modelo digital de terreno, curvas de nível, cálculo de volumes, índice de saúde da vegetação (NDVI), dentre outros.

Entretanto, vale salientar que a acurácia do mapeamento com drone, pode ser melhorada com utilização de pontos de apoio em campo, que são obtidos através de GPS Geodésico (RTK GNSS). Porém, essa etapa é opcional, e vai depender do nível de precisão que se deseja obter no uso do drone.

De modo geral, foi possível constatar a viabilidade técnica e operacional dos drones na identificação, cálculo e mapeamento de áreas disponíveis para reposição florestal. Esta pesquisa pode e deve ser replicada em outras áreas de estudo, através da metodologia utilizada, atendendo a necessidade de órgãos ambientais, consultorias, empresas e demais interessados na temática.

## REFERÊNCIAS

AERODRONEBRASIL. **Avaliação de malha asfáltica e estruturas de concreto com o uso de sensor térmico embarcado em drones**. 12 de dezembro de 2017. Disponível em:

<https://www.aerodronebrasil.com/017/12/15/uso-de-sensor-termico-para-rodovias-e-estruturas-de-concreto/>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

OCAÑA, Leandro. **Drones e Satélites: Conheça as Vantagens de cada Plataforma.** AUSTER. 2019. Disponível em: <https://www.austertecnologia.com/single-post/drones-e-satelites>. Acesso em 5 set. 2022.

BORSA AMBIENTAL, **REPOSIÇÃO FLORESTAL OBRIGATÓRIA.** 2021. Disponível em: <https://borsaambiental.com/2021/06/28/reposicao-florestal-obrigatoria/>. Acesso em 6 set. 2022.

BORGES, Rodrigo Cella & SILVA, Sávio Torres da. **Usos de Drones em Estudos Ambientais.** 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande/MS: 2018-2. [On Line]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/330834388\\_USOS\\_DE\\_DRONES\\_EM\\_ESTUDOS\\_AMBIENTAIS](https://www.researchgate.net/publication/330834388_USOS_DE_DRONES_EM_ESTUDOS_AMBIENTAIS) Acesso em 09 de agosto de 2022.

BRANCALION, P. H. S. et al. "**Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas**". Revista *Árvore* 34, n° 3 (2010): 455-470.

BUFFON, Elaiz; Sampaio, TONY; Paz, Otacílio (2018). **Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas.** Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 85-108, [dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.004](https://doi.org/10.17127/got/2018.13.004)

CSA, **Projeto de Reposição Florestal.** 2022

EOS. **Drones Vs. Satélites Para Uso Do Setor Agrícola.** 2022. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/drones-e-satelites-na-agricultura/>. Acesso em: 07 jan. 2023.

EMBRAPA. **Estratégia de recuperação | Plantio em Área Total | Plantio por Mudas.** 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/codigo-florestal/plantio-por-mudas#:~:text=Os%20espa%C3%A7amentos%20mais%20usuais%20s%C3%A3o,\(1.667%20plantas%20Fha\)](https://www.embrapa.br/codigo-florestal/plantio-por-mudas#:~:text=Os%20espa%C3%A7amentos%20mais%20usuais%20s%C3%A3o,(1.667%20plantas%20Fha).). Acesso em: 07 jan. 2023.

FALORCA, J. G. F., LANZINHA, J. C. G. **A utilização de drones como ferramenta tecnológica emergente para a inspeção técnica da envolvente de edifícios – Revisão e ensaio de campo.** UBI - Universidade da Beira Interior: Portugal, 2018.

FREITAS et al. "**Who owns the Brazilian carbon?**" *Global Change Biology* 24, n° 5 (2018). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.14011>.

FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; MAROTTA, G. S.; MENEZES, P. H. B. J. **Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos, 2013.

GARCÍA I. G. **Estudio sobre vehículos aéreos no tripulados y sus aplicaciones.** 2017. 196 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Escuela de Ingenierias Industriales, Universidad de Valladolid. Disponível em: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/23021/1/TFG-P528.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2022.

GEO IMAGE. **ORTOMOSAICO GEORREFERENCIADO**. 2022. Disponível em: <https://www.geoimage.com.br/ortofoto>. Acesso em: 10 out. 2023.

GIS, Forest. **Classificação de Imagens no ArcGIS**. 2017. Disponível em: <https://forest-gis.com/2017/10/classificacao-de-imagens-no-arcgis.html/>. Acesso em: 07 jan. 2023.

GRANULAR. **Drones ou satélites: qual é a melhor forma de monitorar sua lavoura remotamente?** 2019. Disponível em: <https://br.granular.ag/blog/drones-ou-satelites-qual-e-a-melhor-forma-de-monitorar-sua-lavoura-remotamente>. Acesso em 3 set. 2022.

PINTO, Tales. **Drones e a guerra moderna**. Brasil Escola, 2015. Disponível em: <http://guerras.brasilecola.com/seculo-xxi/drones-guerra-moderna.htm>. Acesso em: 15 set. 2022.

PIXFORCE. **Guerra de preço: drones, aviões ou satélites?** 2016. Disponível em: <https://www.pixforce.com.br/post/guerra-de-pre%C3%A7o-drones-avi%C3%B5es-ou-sat%C3%A9lites>. Acesso em 2 set. 2022

PRUDKIN, G. BREUNIG, F. M. **Drones e ciência: teoria e aplicações metodológicas**. Santa Maria, RS: FACOM-UFSM, 2019. 1 e-book (v. 1): il.

LONGHITANO, G.A. 2010. **Vants para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Engenharia. São Paulo, 163;

LOPES, C. L.et al. **Reposição Florestal: Panorama da Regulamentação nos Estados**. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021.

LOPES, M.F.A.A. 2015. **Aplicação de VANT em estudos geomorfológicos dos litorais rochosos: o exemplo de S. Paio, Vila do Conde**. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Portugal,105.

MAGALHÃES, L. 2011. **Reposição Florestal Obrigatória no Município de Presidente Venceslau**. Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia- UNESP. São Paulo, 100;

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente**. 9 ed. rev., atual. Revista dos Tribunais. São Paulo, 2014.

MILLER, J. E. D.; ZITER, C. D.; KOONTZ, M. J. **Fieldwork in landscape ecology**. 2020. <https://doi.org/10.31219/osf.io/ybg9d>

PIMENTEL, Sandro. **Reposição florestal não poderá mais ser revertida em dinheiro no RN**. 2021. Disponível em: <https://sandropimentel.com.br/fim-da-reposicao-em-dinheiro-para-desmatamento-e-aprovada-na-assembleia/>. Acesso em 30 set. 2022.

RODRIGUES, A.A. **Uso de veículos aéreos não tripulados para mapeamento e avaliação de erosão urbana**. 2016. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Geografia, do instituto de estudos socioambientais da Universidade Federal de Goiás. Goiânia,140.

SANTOS, C. V. B. dos, et al. **Comparação de imagens multiespectrais utilizando Satélites e VANT para a análise de mudanças estruturais em área de Floresta Seca.** Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.06 (2021) 2510-2522.

SIMÕES, Rodrigo Silva, et al. **Uso de drone de pequeno porte para análise costeira: enfoque metodológico.** Revista Brasileira de Geografia Física, [S. l.], p. 622-640, 5 mar. 2021.

TORRES-SÁNCHEZ, J et al., **Configuration and specifications of an unmanned aerial vehicle (UAV) for early site specific weed management.** PloS one, 8(3), e58210, 2013.

### **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Simone e Emilson, por todo empenho e apoio e por sempre acreditarem na minha capacidade. Agradeço imensamente a minha companheira Giovanna, por tanta ajuda nessa reta final de mestrado. Agradeço aos meus colegas de turma, pelos bons momentos, aperreios, brincadeiras e descontração, não é fácil conciliar trabalho com estudos, e por isso sofremos e sorrimos juntos. Agradeço as empresas envolvidas pela autorização de uso das imagens. Agradeço aos professores e todos os funcionários do IFRN e por fim agradeço aos governos que investem em educação de qualidade e expandiram o ensino superior e técnico dos IF's pelo interior pobre do nosso país, demonstrando que o melhor investimento que podemos fazer para melhorar as condições de vida, é em educação.

"Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda."

- Paulo Freire