

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Manejo 4.0 – VANTs e *smartphones* aplicados ao manejo florestal
comunitário, Amazônia brasileira**

Tom Adnet Moura

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PRORAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

**MANEJO 4.0 – VANTs e SMARTPHONES APLICADOS AO MANEJO
FLORESTAL COMUNITÁRIO, AMAZÔNIA BRASILEIRA**

TOM ADNET MOURA

Sob a orientação do professor doutor
Bruno Araújo Furtado de Mendonça

Dissertação submetida como requisito
para obtenção do grau de **Mestre** em
Ciências, no Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais, Área de Concentração
Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica, RJ
Dezembro de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M929m

MOURA, TOM ADNET, 1989-
MANEJO 4.0 - VANTs e SMARTPHONES APLICADOS AO
MANEJO FLORESTAL COMUNITÁRIO, AMAZÔNIA BRASILEIRA /
TOM ADNET MOURA. - BAHIA, 2023.
45 f.

Orientador: BRUNO ARAÚJO FURTADO MENDONÇA.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, PPGCAF, 2023.

1. MANEJO FLORESTAL DE PRECISÃO. 2. VANT. 3.
SMARTPHONE. I. MENDONÇA, BRUNO ARAÚJO FURTADO, 1981-,
orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. PPGCAF III. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de
Financiamento 001.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS

TOM ADNET MOURA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/08/2023

Dr. Bruno Araujo Furtado de Mendonça. UFRRJ
(Orientador)

Dr. Vinicius Costa Cysneiros. UFSC

Dr. Francisco José de Barros Cavalcanti. UFRRJ



TERMO Nº 1432/2023 - PPGCAF (12.28.01.00.00.00.00.27)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 13/12/2023 13:53)
BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONCA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)
Matrícula: ####456#4

(Assinado digitalmente em 14/12/2023 09:28)
FRANCISCO JOSE DE BARROS CAVALCANTI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)
Matrícula: ####34#5

(Assinado digitalmente em 13/12/2023 16:32)
VINICIUS COSTA CYSNEIROS
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.537-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 1432, ano: 2023, tipo: TERMO, data de emissão: 13/12/2023 e o código de verificação: a1d161ad4d

Agradecimentos

Agradeço de coração, ao meu Pai e minha Mãe, da terra e do céu.

Aos meus irmãos e demais familiares queridos.

À minha companheira, amiga e parceira nessa boa caminhada da vida.

Aos tantos amigos, cada um com a sua importância e a sua história na minha vida.

Aos moradores, manejadores, padrinhos e madrinhas da Vila Céu do Mapiá pela inspiração e oportunidade de fazer parte dessa história.

Aos membros e parceiros da Cooperativa Agro-extrativista do Mapiá e Médio Purus, pela parceria ao longo desses anos e pelo bom exemplo na dedicação para que a floresta e seus povos permaneçam firmes, de pé.

Ao Instituto Nova Era e ao Instituto Socioambiental de Viçosa pelo fundamental apoio na realização do Manejo Florestal Comunitário da FLONA do Purus.

Ao ICMBio pelo importante papel na conservação da biodiversidade brasileira.

À UFRRJ, essa casa de tantos ensinos, de tantos bons momentos.

Aos professores e colegas que estimularam meu interesse pelas florestas brasileiras.

Ao meu orientador por todo apoio, paciência e orientações durante essa etapa da minha formação.

E pra fechar e reforçar, ao meu irmão mais velho, pela parceria de sempre e por abrir e me apresentar essa trilha tão rica e inspiradora que é a Engenharia Florestal. Valeu mano Pedrone, pelos bons voos e inspirações inovadoras que tanto contribuíram para o presente trabalho e para o manejo florestal como um todo.

RESUMO

Moura, Tom Adnet. **Manejo 4.0 – VANTs e smartphones aplicados ao manejo florestal comunitário, Amazônia Brasileira.** 2023. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração, Silvicultura e Manejo Florestal). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2023.

Soluções criativas baseadas em tecnologias disruptivas e inovadoras vêm sendo apontadas como ferramentas necessárias ao desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia. As comunidades amazônicas, guardiãs da floresta, em especial as novas gerações, precisam de apoio para conservar e valorizar suas culturas, modo de vida e relação com a floresta. As tecnologias da 4^a Revolução Industrial possuem potencial expressivo em contribuir para os processos produtivos agroextrativistas e para a redução do desmatamento ilegal. Este trabalho tem como objetivo geral apresentar o estudo de caso das aplicações dos veículos aéreos não tripulados (VANTs) e dos smartphones no contexto do Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá, localizado na Floresta Nacional do Purus, Amazônia, Brasil. Os mapeamentos realizados com uso dessas ferramentas contribuíram para as atividades de planejamento, exploração e monitoramento florestal do empreendimento. As modelagens geradas pelo VANT deram suporte às tomadas de decisão na alocação das unidades de produção anual, na realização dos inventários florestais, no microzoneamento da exploração e no mapeamento e acompanhamento temporal das clareiras geradas pela queda das árvores exploradas. Os smartphones potencializaram a navegação na floresta e integraram a coleta e a manipulação dos dados da cadeia de custódia, desde o georreferenciamento das árvores até o registro das informações de interesse com atributos numéricos, de texto, fotografias, vídeos etc. De maneira geral observou-se uma evidente evolução com a incorporação dessas ferramentas na qualidade dos dados e consequentemente na gestão e nas tomadas de decisão operacionais, quando comparado com os procedimentos tradicionais utilizados na primeira exploração florestal, realizada em 2018. As clareiras provocadas pela queda das árvores apresentaram área média de 204 m² e representaram impactos pontuais. Quando somadas às áreas suprimidas para abertura das estradas, totalizou-se 6% de corte raso em relação a área total manejada até o momento. Observou-se que, após 2 anos, a regeneração natural é abundante e já coloniza as áreas abertas durante a exploração, sendo possível a visualização das clareiras de forma remota apenas sobre os modelos digitais de superfície obtidos com o VANT. Os resultados obtidos demonstram que essas ferramentas podem contribuir de forma efetiva para a coleta de dados que subsidiam as tomadas de decisão e a operacionalização de todas as etapas da cadeia produtiva do manejo florestal.

Palavras-chave: Manejo Florestal de Precisão, Veículo Aéreo Não Tripulado, *Smartphone*.

Abstract

Creative solutions based on disruptive and innovative technologies have been identified as necessary tools for the development of the bioeconomy in the Amazon. Amazonian communities, the guardians of the forest, especially the new generations, need support to conserve and valorize their cultures, way of life, and relationship with the forest. Fourth Industrial Revolution technologies have significant potential to contribute to agroextractivist production processes and to reduce illegal deforestation. This work aims to present a general case study of the applications of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and smartphones in the context of Community Forest Management in Vila Céu do Mapiá, located in the Purus National Forest, Amazon, Brazil. The mappings conducted using these tools contributed to the planning, exploration, and forest monitoring activities of the enterprise. The models generated by UAVs supported decision-making in the allocation of annual production units, forest inventories, exploration microzoning, and mapping and temporal monitoring of clearings generated by the falling of exploited trees. Smartphones enhanced navigation in the forest and integrated the collection and manipulation of chain of custody data, from tree georeferencing to recording information of interest with numerical attributes, text, photographs, videos, etc. Overall, there was a clear evolution in the quality of data and, consequently, in operational management and decision-making when compared to the traditional procedures used in the first forest exploration conducted in 2018. Clearings caused by the falling of trees had an average area of 204 m² and represented focal impacts. When added to the areas cleared for road construction, 6% of clear-cutting was observed relative to the total managed area up to that point. It was observed that, after 2 years, natural regeneration is abundant and already colonizes the areas opened during exploration, being visible remotely only on digital surface models obtained with UAVs. The results obtained demonstrate that these tools can effectively contribute to data collection that supports decision-making and the operationalization of all stages of the production chain of forest management.

Keywords: Precision Forest Management, Unmanned Aerial Vehicle, Smartphone.

Lista de siglas e acrônimos

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

AMVCM – Associação de Moradores da Vila Céu do Mapiá

APP – Área de Preservação Permanente

AUTEX – Autorização de Exploração

CAP – Circunferência a Altura do Peito

DAP – Diâmetro a Altura do Peito

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

EIR – Exploração de Impacto Reduzido

FNP – Floresta Nacional do Purus

FSC - Forest Stewardship Council

GPS – Global Position System

INE – Instituto Nova Era

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

ISAVICOSA – Instituto Socioambiental de Viçosa

ICMBio – Instituto Chico Mendes da Biodiversidade

IFT – Instituto Floresta Tropical

LiDAR - Light Detection And Ranging

MDS – Modelo Digital de Superfície

MFC-VCM – Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MODEFLORA – Modelo Digital de Exploração Florestal

PMF-VCM – Plano de Manejo Florestal da Vila Céu do Mapiá

POA – Plano Operacional Anual

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UC – Unidade de Conservação

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UFAC – Universidade Federal do Acre

UMF- Unidade de Manejo Florestal

UPA – Unidade de Produção Anual

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

VCM – Vila Céu do Mapiá

ZUC – Zona de Uso Comunitário

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1 Modelo Digital de Exploração Florestal (Modeflora) – Manejo Florestal de Precisão	4
3.2 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)	5
3.3 <i>Smartphones</i> na coleta de dados florestais	6
3.4 Histórico do Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá	7
4. MATERIAL E MÉTODOS	9
4.1. Caracterização da área de estudo.....	9
4.2. Caracterização da Vila Céu do Mapiá	12
4.3 Histórico de Exploração Florestal	13
4.4 Inovações tecnológicas – VANTs e <i>smartphones</i>	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1 Planejamento da Exploração Florestal	19
5.2 Exploração Florestal	26
5.3 Monitoramento Florestal	28
5.4 Síntese final	36
6. CONCLUSÕES.....	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

1. INTRODUÇÃO

A importância da maior floresta tropical do mundo, a Floresta Amazônica, vem sendo citada por diversos pesquisadores ao longo de anos, com destaque para a necessidade de processos produtivos sustentáveis comprometidos com a conservação e valorização de sua biodiversidade (HIGUSHI, 1994; SILVA, 1996; SABOGAL et al, 2000). O manejo florestal é a principal atividade econômica que possibilita a manutenção da cobertura florestal natural. O estímulo ao manejo e ao interesse pela floresta é fator decisivo para inibição de usos da terra que impliquem em desflorestamento e queimadas. Apesar desses fatores, o manejo da floresta tropical ainda é visto com restrições pelos produtores e organizações não-governamentais ambientalistas (BRAZ et al, 2007).

Cavalcanti (2007) afirma que, apesar dos esforços no sentido de conter o sistemático e regular desmatamento na Amazônia, as taxas serão sempre positivas, isto é, o desmatamento deverá continuar ocorrendo. Segundo o autor, a possibilidade de reversão desse quadro depende do aprimoramento dos sistemas de controle e de fiscalização que, no entanto, precisam ser desenvolvidos e disponibilizados junto a sistemas de desenvolvimento econômico e social baseados no uso e na conservação das florestas.

Explorar produtos e serviços florestais em áreas tropicais de alta diversidade é uma tarefa complexa (IFT, 2015). Embora as florestas de terra-firme apresentem uma infinidade de recursos aproveitáveis pela sociedade, suas riquezas estão dispersas na sua heterogeneidade (CAVALCANTI, 2007). O nível de detalhamento das informações de campo é o que permite que os gestores florestais levem em consideração a heterogeneidade intrínseca das florestas, de maneira a propiciar o tratamento diferenciado a cada elemento particular da área a ser manejada (PAPA, 2018).

Como proposta para potencializar o planejamento, a execução e o monitoramento das atividades de manejo florestal na Amazônia, em 2007 uma parceria entre a Embrapa Acre e a Embrapa Florestas desenvolveu o Modelo Digital de Exploração Florestal (Modeflora). Trata-se de uma metodologia inovadora que sugere a utilização dos Sistemas de Posicionamento Global (GPS), de Informação Geográfica (SIG) e do Sensoriamento Remoto (SR) nos projetos de Manejo Florestal na Amazônia (PAPA et al, 2011). Nesse contexto foram feitas as primeiras menções ao termo Manejo Florestal de Precisão.

Desde então, novas ferramentas vêm sendo desenvolvidas e incorporadas, dando origem a uma nova geração do Modelo, o Modeflora II, em que novas tecnologias como o LiDAR (Light

Detection and Ranging) e os VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) são utilizados nos procedimentos de modelagem florestal (FIGUEIREDO, 2015; FIGUEIREDO, 2020). Segundo Figueiredo (2020), outras tecnologias como a inteligência artificial, a internet, a engenharia genética, *big data* e o processamento em nuvem, já adotadas pela sociedade, brevemente se tornarão comuns nos sistemas produtivos agrícolas, florestais e pecuários. Segundo o autor, é chegada uma nova era no planejamento florestal na Amazônia, o Manejo 4.0, pautado no uso intensivo de tecnologias inovadoras.

Segundo Nobre e Nobre (2019), um conhecimento operacional disruptivo e inovador com base na bioeconomia precisa ser desenvolvido como alternativa para a Amazônia, onde a tecnologias da 4^a Revolução Industrial viabilizam processos locais com alto valor agregado. Os autores afirmam que a Indústria 4.0 é caracterizada por sistemas *ciberfísicos*, internet das coisas, redes de comunicação, inteligência artificial, convergência de tecnologias biológicas computacionais, digitais e de materiais.

Nesse contexto, os VANTs integram um novo paradigma, que permite conhecer detalhadamente a floresta em uma perspectiva aérea que possibilita a tomada de decisões operacionais no Manejo Florestal na Amazônia (FIGUEIREDO, 2020). O uso dessas tecnologias vem crescendo consideravelmente por conta de suas vantagens técnicas e econômicas, tais como: elevada qualidade no imageamento de pequenas áreas; resolução espacial diferenciada e com alto nível de detalhamento; rapidez na aquisição dos dados; consistência de trajetória de voo e aquisição de imagens; obtenção de dados tridimensionais da superfície; e redução dos custos operacionais (LONGHITANO, 2010; WATTS et al., 2010; WALACE et al., 2016).

Outro exemplo de tecnologia disruptiva da 4^a Revolução Industrial, amplamente difundida e intimamente relacionada aos VANTs, são os *smartphones*, que com *hardwares* cada vez mais avançados e múltiplos aplicativos *mobile* (*apps*) em notável e constante evolução, potencializam e aumentam a qualidade, a agilidade e a capacidade da coleta de dados, navegação e tomadas de decisão nas atividades florestais. Esses dispositivos apresentam novas oportunidades para coletar dados usando suas câmeras, sistemas de posicionamento global (GPS), transferência de dados etc.

Além de fornecer uma ferramenta para os profissionais florestais, os *smartphones* também podem facilitar o envolvimento de outros membros da comunidade no manejo florestal (FERSTER e COOPS, 2014). Os *smartphones* possibilitam ações de mapeamento, medição de diâmetro e altura de árvores, navegação em atividades de campo em áreas remotas, obtenção de registros audiovisuais com alta qualidade, anotações numéricas, de texto e áudio, entre outros

potenciais ainda não explorados (JÚNIOR, et al, 2022; WINK et al, 2022; CURTO et al, 2022). No cenário atual, onde os *smartphones* impactam em muitas dimensões a vida humana, a busca por dar a essa ferramenta funções que contraponham a tendência de uso majoritariamente recreativo, pode contribuir de forma efetiva para desenvolvimento das cadeias produtivas florestais na Amazônia.

A Floresta Nacional do Purus (FNP), localizada no sudoeste do estado do Amazonas, município de Pauini, na divisa com Boca do Acre, é uma unidade de conservação (UC) de uso Sustentável criada em 1988 (ICMBio, 2009), em uma das regiões com maiores índices de desmatamento no estado do Amazonas (PIONTEKOWSKI et al., 2011; RORIZ, 2013). A FNP apresenta elevado estado de conservação da natureza e uma população de aproximadamente mil habitantes. No entanto, a carência de estudos ambientais em escala adequada para sua gestão torna imprescindíveis levantamentos que quantifiquem e qualifiquem o estoque de recursos, identifiquem a demanda comunitária e fundamentem técnicas de produção florestal sustentável (BRANDÃO, 2020).

De acordo com seu Plano de Manejo (ICMBio, 2009), as ações desenvolvidas nessa UC devem promover o uso múltiplo sustentável dos recursos naturais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas, de forma a contribuir para a melhoria da qualidade de vida das populações residentes, com a valorização da cultura autóctone. A vocação florestal desta região, aliada à necessidade de sustentabilidade no uso das florestas, exige cada vez mais estudos para compreender e otimizar o manejo desse potencial natural (BRANDÃO et al., 2020).

Desde 2007, após amplo processo de sensibilização comunitária, moradores da Vila Céu do Mapiá (VCM), principal comunidade residente na FNP, em parceria com pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (UFV), iniciaram o desenvolvimento do Plano de Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá. O Plano está em fase operacional desde 2018, quando foi realizada a primeira exploração florestal, na Unidade de Produção Anual 1 (UPA 1), já seguindo as recomendações do Modeflora.

Uma das propostas de agregação de valor do Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá (MFC-VCM) é que os produtos de madeira componham uma cadeia de custódia ilustrada e confiável, que possibilite o contato dos clientes com o contexto socioambiental local, com a origem dos produtos, dentre outras informações (COOPERAR, 2021). Para isso, uma série de inovações vêm sendo aplicadas no dia-a-dia do empreendimento, dentre elas o uso dos VANTs e dos *smartphones*.

2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar o estudo de caso das aplicações das ferramentas inovadoras VANTs e *smartphones* nas etapas operacionais de planejamento, exploração e monitoramento florestal que compõem o MFC-VCM, como forma de demonstrar suas vantagens quando comparado com os métodos tradicionais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Modelo Digital de Exploração Florestal (Modeflora) – Manejo Florestal de Precisão

Higuchi (1994) define manejo florestal como a parte da ciência florestal que trata do conjunto de princípios, técnicas e normas, que tem por objetivo organizar as ações necessárias para ordenar os fatores de produção e controlar a sua produtividade e eficiência para alcançar objetivos definidos. Souza e Soares (2013) definem que o manejo florestal sustentável pode ser entendido como o modo adequado de gerir as florestas naturais de forma a se obter o máximo de benefícios sociais, ambientais e econômicos, conservando os mecanismos de sustentação dos ecossistemas naturais.

A evolução tecnológica no manejo florestal na Amazônia tem sido marcada por avanços ao longo das últimas décadas, em especial o avanço das geotecnologias, que pode representar papel essencial na gestão sustentável das florestas amazônicas (FIGUEIREDO, 2008; PAPA, 2018). Ao apresentar a proposta inovadora do Modeflora para realização do microzoneamento de áreas de manejo florestal na Amazônia brasileira, comparado o com o sistema tradicional aplicado em planos de manejo até o momento, Figueiredo (2008) indicou como vantagens: a redução na abertura de estradas para acessar áreas com baixo potencial madeireiro; melhor planejamento dos pátios; melhor localização das árvores; locação de estradas e pátios em locais com relevos mais favoráveis; áreas de preservação permanente mapeadas com alta precisão; reduzido número de pontes; e o monitoramento eficaz das operações de campo.

Umas das principais diferenças do Modeflora para o sistema convencional de planejamento da exploração é a possibilidade de modelar antecipadamente as principais feições ambientais da área florestal a ser manejada, a exemplo da hidrografia e relevo. Nesse contexto, atualmente, em todos os estados da região norte, o uso das técnicas de manejo florestal de precisão já está disseminado, mas com adoção parcial (PAPA, 2018).

3.2 Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

De acordo com o contexto e a área de atuação, vários são os nomes dados a esses equipamentos. Granshaw (2018), em artigo intitulado “RPV, UAV, UAS, RPAS . . . OR JUST DRONE?”, apresenta uma série de reflexões, momentos e personagens históricos relacionados às outras formas de se referir a essas aeronaves, apresentando as diversas siglas utilizadas, como UAS, UAV, RPAS, em geral associadas ao fato de ser uma aeronave pilotada de forma remota. Por fim, o autor sugere que, para ocasiões informais, se use o termo “drone”, enquanto para o meio acadêmico e publicações técnicas, sugere outras expressões mais técnicas e de acordo com o contexto e a instituição responsável pela normatização.

No cenário brasileiro, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA), em seu sistema oficial de solicitações de autorização para voos (SARPAS), utiliza três diferentes nomes: RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), UAS (*Small unmanned aircraft system*) e também o nome mais popularizado, “drone”. Considerando que para o meio científico e para a integração internacional do conhecimento é fundamental padronizar as terminologias, de forma que os autores e o público tenham clareza sobre eles, para o presente estudo considerou-se a sigla “VANT” - Veículo Aéreo Não Tripulado, tradução do inglês UAV, termo muito utilizado internacionalmente.

Os VANTs são equipamentos que realizam de forma rápida e precisa o trabalho aerofotogramétrico, antes feito por aeronaves e sua tripulação, com custos elevados e altos riscos (FIGUEIREDO, 2020). A utilização dessa tecnologia, comparada às técnicas de sensoriamento remoto via satélite, aérea e/ou métodos de aquisição de imagens de alta resolução, apresenta-se como alternativa mais viável (SOBRINHO et al, 2019), tendo em vista sua agilidade, redução de custos e alta qualidade. Ciraqui (2022) afirma que entre as metodologias para determinação do valor de potencial de uso e exploração sustentável, estão as técnicas de sensoriamento remoto com imagens aéreas capturadas por VANTs, que vêm se destacando por fornecer dados de elevada resolução espacial, melhorando estudos e análises fitogeográficas e ecológicas.

Ferreira et al (2020) utilizaram os VANTs para realizar o mapeamento individual de árvores e o inventário de palmeiras utilizando inteligência artificial. Veras et al (2022) elaboraram mapas individuais de alta qualidade das copas das espécies, utilizando um procedimento de pós-processamento, combinando imagens VANTs com redes neurais convolucionais. Os autores ressaltam sobre o potencial para mapear espécies de árvores na Amazônia, fornecendo informações valiosas para o manejo florestal e iniciativas de conservação.

Albuquerque et al (2022) utilizaram os VANTs para mapear, de forma automatizada, espécies indicadoras de diferentes níveis de resiliência em processos de restauração florestal na Amazônia. Segundo os autores, VANTs de baixo custo têm grande potencial para monitorar a qualidade de projetos de restauração florestal na Amazônia.

Veras et al (2023) utilizaram imagens RGB de um VANT para mapear espécies de árvores e extrair estimativas de estoque volumétrico na Floresta Amazônica. A partir da medição do diâmetro médio e área da copa das árvores, estimaram o volume, área basal e diâmetro a altura do peito (DAP) por classe diamétrica. Segundo os autores, as imagens dos VANTs têm o potencial de mapear espécies de árvores e estimar a biometria das árvores na Floresta Amazônica, fornecendo informações valiosas para o manejo e conservação florestal. Figueiredo (2020), por sua vez, organizou um manual com os passos para emprego dos VANTs no Planejamento Florestal na Amazônia.

3.3 Smartphones na coleta de dados florestais

Figueiredo e Cunha (2007), ao detalharem as possibilidades do Modelflora no mapeamento das árvores com GPS nos inventários florestais pré-exploratórios, já indicavam a possibilidade de uso, à época, dos chamados “*palm tops*”. O uso desses equipamentos representava custos elevados, mas, segundo os autores, traria vantagens como: a praticidade na coleta de dados, ao possibilitar que a informação de campo fosse inserida diretamente no SIG ou em *softwares* estatísticos; e o uso de imagens de alta resolução como fundo de tela no GPS, o que proporcionaria a visualização da copa da árvore mapeada naquele momento, assim como a visualização em campo das copas das árvores dominantes e co-dominantes ainda não localizadas pela equipe de inventário. Assim todas as árvores de grande porte seriam mais facilmente identificadas pelas equipes de campo.

Passados alguns anos, o cenário atual é de ampla acessibilidade aos atuais *smartphones*. Segundo Fenerick (2017) a proximidade entre a informação e o indivíduo é hoje intensificada pelo uso das tecnologias de informação e comunicação, representado principalmente pelas transformações causadas nas relações sociais com o uso do *smartphone*. O autor desataca que os *smartphones*, tecnologia de comunicação presente nas várias camadas sociais, podem contribuir para a democratização do acesso à informação científica. Mohad (2018) reforça, indicando que há um crescente uso das tecnologias móveis em atividades acadêmicas, pela sua portabilidade e multifuncionalidade.

Júnior et al (2020) construiu e apresentou o *app Measure*, como proposta de sistema de coleta de informações para inventários florestais. Segundo o autor, a automação da coleta de dados no inventário florestal representa um avanço na qualificação dos dados, pois é menos propensa a erros e evita o retrabalho causado pela digitação manual. Essa automação auxilia também na construção de uma base de dados consistente e coesa, com dados precisos para o processamento. Curto et al (2022) e Wink et al (2022) realizaram experimentos para avaliar a precisão do uso de diferentes *apps*, *smartphones* e experiências de operadores para mensuração da altura de árvores em inventários florestais, e chegaram à conclusão de que todos esses parâmetros influenciam nos resultados.

Segundo o Fórum Forest GIS, os *apps* mais utilizados pelo setor florestal são o *ArcPAD*, *ArcGIS Field Maps app*, *Locus GIS*, *Avenza Maps Maps*, *C7 LDFP*, *Optimber ForestMobile*, *SW Maps*, *Mapfactor Navigator*, *Mata Nativa Mobile*, e outros. De maneira geral, esses *apps* possuem como principais aplicações a realização de mapeamentos, coleta de dados e mensuração de altura de árvores em inventários florestais.

Vastaranta et al (2015), Marzulli et al (2020), Nitolslawski et al (2021) e Sandim et al (2023), analisaram diferentes *apps* e algorítimos em *smartphones* para mensuração de DAP, área basal e volume de árvores em inventários florestais, e concluíram que as aplicações precisam evoluir, porém são viáveis e reduzem significativamente o tempo de trabalho em campo para coleta de parâmetros dendrométricos. Sandim et al (2023) destacam que é necessário considerar que a tecnologia de aplicativos para *smartphones*, linguagens de computador, inteligência artificial e ferramentas de aprendizado de máquina evoluem muito rapidamente. Assim, a cada momento surgem novas possibilidades de aplicação e aprimoramentos dessas ferramentas.

3.4 Histórico do Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá

As atividades do MFC-VCM tiveram início há duas décadas, a partir de um trabalho de sensibilização e organização dos serradores da comunidade, realizado durante o processo de desenvolvimento do Plano de Desenvolvimento Comunitário, em 2003. Nessa ocasião, o Manejo Florestal foi indicado como uma importante atividade a ser desenvolvida pela comunidade em direção a sua sustentabilidade. Desde então, em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ), foram realizadas diversas pesquisas com o objetivo de viabilizar o licenciamento e operacionalização das atividades de Manejo Florestal na FNP, com contribuições, inclusive, para o processo de elaboração do Plano de Manejo da própria FNP.

Em sua dissertação de mestrado, Brandão (2005) realizou a caracterização geral do meio físico, a identificação dos padrões de uso e ocupação do solo e o macro-zoneamento da FNP, incluindo um detalhamento da área de influência direta do igarapé Mapiá. Esse trabalho contribui diretamente para a elaboração do Plano de Manjo da FNP, publicado em 2009. O mesmo autor, em sua tese de doutorado (BRANDÃO et al, 2009), realizou uma caracterização da FNP associada a um levantamento das demandas anuais por madeira e por energia elétrica da Vila Céu do Mapiá e, com base nessas informações, planejou a Unidade de Manejo Florestal (UMF1) da FNP. Nesse contexto foi elaborado o Plano de Manejo Florestal Sustentável de Uso Múltiplo da Vila Céu do Mapiá (PMF-VCM), que tem como um de seus objetivos contribuir para o ordenamento e regularização de atividades extrativistas, buscando estabelecer um modelo de produção florestal sustentável e adequado às peculiaridades locais.

Em 2010 o PMF-VCM foi aprovado em nome da Associação de Moradores da Vila Céu do Mapiá (AMVCM), e em 2013 foi obtida junto ao ICMBio a primeira Autorização de Exploração (AUTEX). Porém a comunidade não teve os recursos financeiros necessários para realizar as atividades previstas. Desde então foram submetidos diversos projetos de captação de recursos para aquisição de maquinário, apoio técnico e capital de giro. Em 2017, por meio de um Convênio firmado pela Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus (Cooperar) junto à Fundação Banco do Brasil e à Organização Não Governamental (ONG) SOS Amazônia, foi viabilizada a aquisição de uma serraria móvel, motosserras, equipamentos de proteção e um trator agrícola, essenciais para a realização das atividades de manejo florestal. No ano seguinte foi obtida a renovação da AUTEX da UPA 1, marcando o início da primeira operação florestal na FNP (COOPERAR, 2020).

Nesse momento a AMVCM transferiu a concessão para a Cooperar, que se tornou então detentora e responsável pela execução do PMF-VCM na FNP. De base agroextrativista, a cooperativa atualmente possui cinco principais cadeias produtivas: cacau nativo, castanha-da-amazônia, óleos vegetais, soberania alimentar e madeiras tropicais. Desde 2017 passou a receber recursos via fomento produtivo vinculado ao Instituto Nova Era (INE), e a receber assessoria técnica do Instituto Socioambiental de Viçosa (ISAVIÇOSA), da empresa Adnet Florestal e de outros parceiros que contribuem para o desenvolvimento de suas atividades.

Nas duas primeiras operações florestais, em 2018 e 2019, os cooperados e os Engenheiros Florestais receberam treinamentos ministrados pelo Instituto Florestal Tropical (IFT), com foco em técnicas especiais de corte, segurança do trabalho e exploração de impacto reduzido (EIR). Nesses mesmos anos a Universidade Federal do Acre (UFAC) ministrou dois treinamentos

complementares – um direcionado à montagem, utilização e manutenção da serraria móvel Lucas Mill, e outro relacionado a tópicos em primeiros socorros. Foram realizadas ainda oficinas formativas focadas em cooperativismo e governança cooperativa, e oficinas de Comunicação Não-Violenta (CNV), em parceria com o Instituto Dialogação (COOPERAR, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

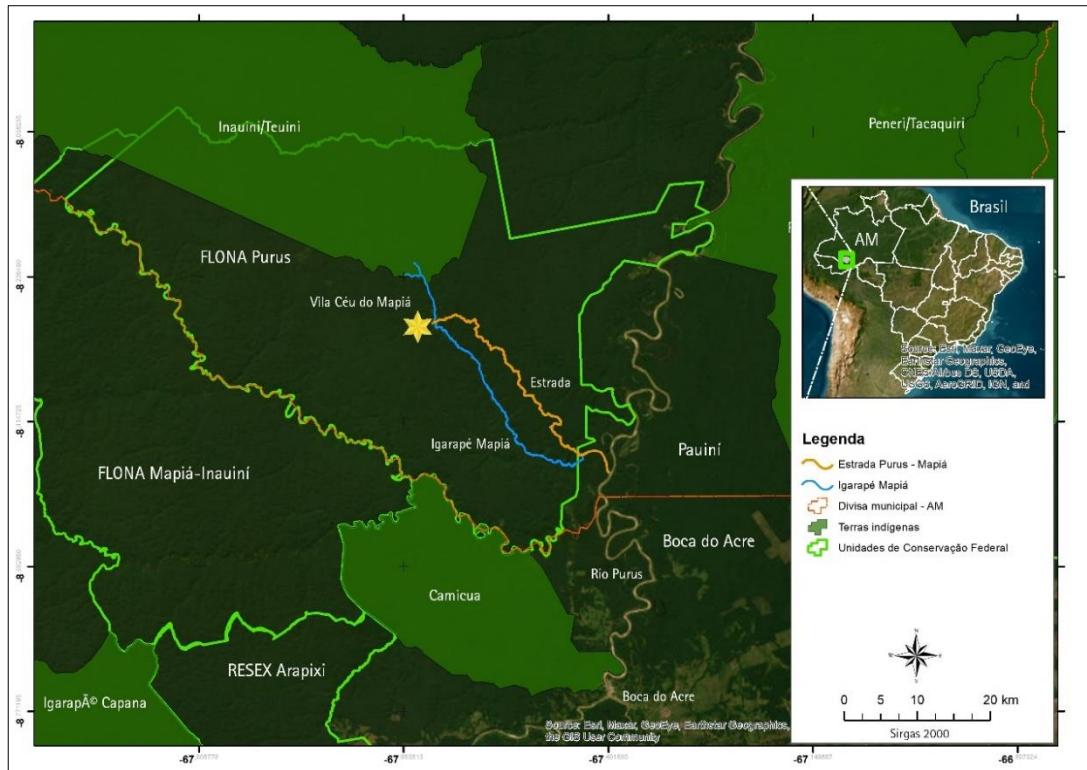
4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na FNP, município de Pauini, sudoeste do estado do Amazonas (Figura 1), entre os rios Purus e Inauini e o igarapé Teuini, tendo como coordenada de referência 8°17'9.83"S e 67°33'27.14"O. A FNP possui área total de 256.000 ha, e está localizada em uma região composta por um extenso mosaico de unidades de conservação e terras indígenas, responsáveis pela proteção legal de territórios extremamente preservados. Na maior parte da área o relevo caracteriza-se por um planalto com topografia colinosa ou aplainada, onde predomina a formação de Floresta Ombrófila Densa, com árvores perenifólias sobre Latossolos e Argissolos (BRANDÃO et al., 2010). A altura média do dossel é de 30 m, com abundância de árvores emergentes com alturas entre 40 e 60 m de altura.

O clima da região é classificado pelo sistema de Köeppen como Am, tropical úmido com curta estação seca (ALVARES et al, 2013). A precipitação média anual varia entre 2000 e 2250 mm, com o período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até maio, sendo o primeiro trimestre do ano a época mais chuvosa. No trimestre mais seco (entre julho e setembro) a precipitação média não atinge 125 mm (ICMBio, 2009).

O acesso à FNP se dá exclusivamente por meio fluvial, através do rio Purus. Já para acessar a VCM, localizada na porção central da FNP, há duas opções, uma fluvial e outra terrestre, com condições de acesso variando de acordo com o regime pluviométrico. A via fluvial se dá pelo igarapé Mapiá, percorrendo distância de 57 km, que possui melhores condições durante a estação chuvosa; e a alternativa por via terrestre se dá por uma estrada de terra de 46 km que conecta a VCM ao rio Purus, mas que só é trafegável em parte do período de estiagem. A Figura 1 apresenta o mapa de localização da FNP e da VCM, com destaque para o igarapé Mapiá e para a estrada que conecta a vila ao rio Purus.

Figura 1 - Mapa de localização da FLONA do Purus e da Vila Céu do Mapiá. Fonte: autor.



A navegabilidade fica facilitada entre novembro e junho, época das cheias na região (ICMBio, 2009). Nesse período embarcações de médio e grande porte navegam pelo rio Purus, mas apenas pequenas embarcações conseguem acessar o Igarapé Mapiá. A capacidade máxima de carga mesmo no período chuvoso não passa de 4.000 kg. No período seco (julho a outubro) o nível de água no igarapé Mapiá fica tão baixo, que mesmo o transporte em pequenas canoas e botes de alumínio com motores “de rabetas” fica dificultado, e a capacidade de carga fica reduzida a 500 kg. É nesse momento que os comunitários passam a utilizar o acesso terrestre. No entanto, as condições da estrada são precárias, e em geral apenas é viável o trânsito de veículos com tração 4x4 e motocicletas.

A Figura 2 apresenta uma fotografia aérea do rio Purus no período de estiagem, demonstrando o cenário de seca do trecho do rio próximo à cidade de Boca do Acre, onde apenas pequenas embarcações conseguem navegar. A Figura 3 apresenta uma fotografia aérea do Igarapé Mapiá, também no período de estiagem, destacando seus meandros e praias formadas nesse período, e a Figura 4 apresenta uma fotografia aérea de trecho da estrada que interliga a VCM ao rio Purus.

Figura 2 - Fotografia aérea do rio Purus no período de estiagem. Foto: Pedro Adnet.



Figura 3 - Fotografia aérea de trecho do Igarapé Mapiá, FLONA do Purus, AM, Brasil. Foto: Pedro Adnet.

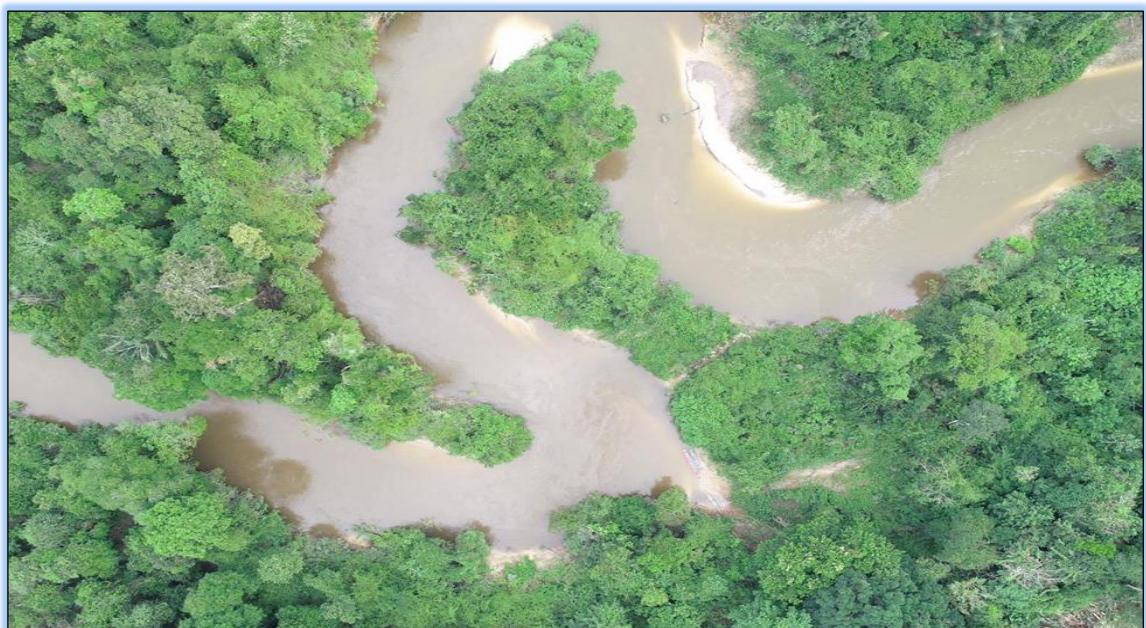
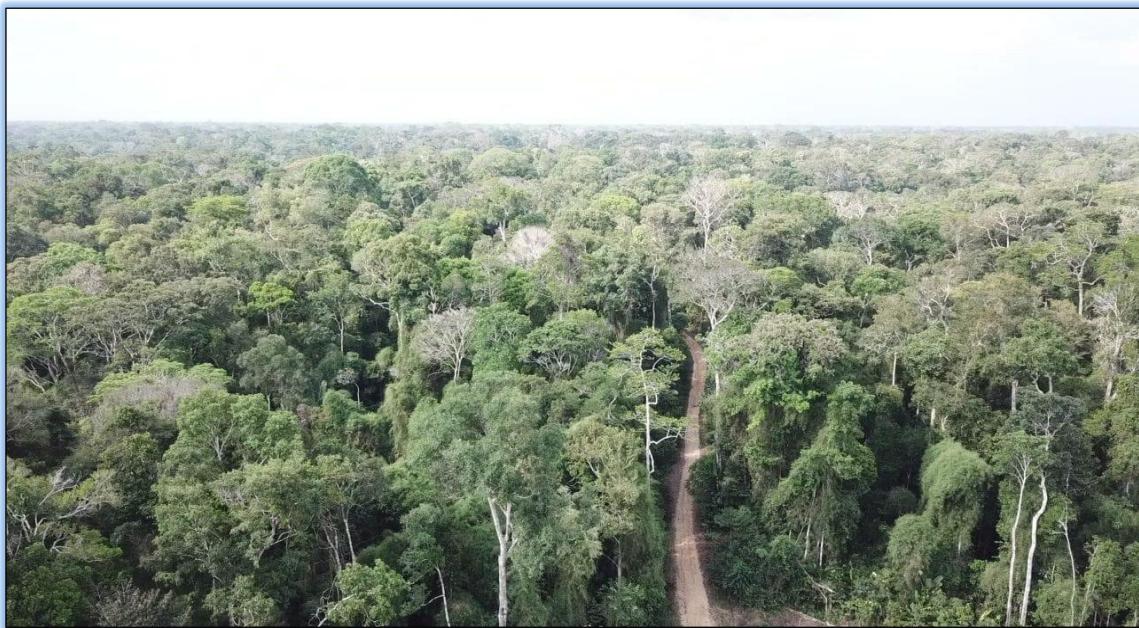


Figura 4 - Fotografia aérea de trecho da estrada que conecta o rio Purus à Vila Céu do Mapiá
Foto: Pedro Adnet.



4.2. Caracterização da Vila Céu do Mapiá

A VCM foi fundada em 1983 pelo amazonense Sebastião Mota de Melo, conhecido como Padrinho Sebastião, junto a sua família e a outros companheiros. Padrinho Sebastião era líder religioso, mateiro, seringueiro e construtor de canoas, e buscava um local para viver em comunidade na floresta, de forma harmonizada com a natureza.

Inicialmente caracterizada como assentamento do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), localizada no igarapé Mapiá, afluente da margem esquerda do rio Purus, a comunidade sempre dependeu do extrativismo de recursos florestais para a subsistência de seus moradores. Em 1988, quando foi criada a FNP englobando a área da comunidade, os comunitários passaram da condição de moradores de assentamento de reforma agrária à condição de população tradicional residente em UC de Uso Sustentável, situada em um dos municípios mais carentes do Brasil.

A Vila, que atualmente conta com cerca de 600 habitantes, possui estrutura social e cultural diferenciada de outras comunidades tradicionais amazônicas, já que com seu desenvolvimento passou a ter em seu tecido social pessoas de diversos lugares do Brasil e do Mundo, interligadas pela cultura religiosa do Santo Daime. A Figura 5 apresenta uma fotografia aérea destacando a porção central da VCM.

Figura 5 - Fotografia aérea da porção central da Vila Céu do Mapiá. Foto: Pedro Adnet.



Nos levantamentos de dados socioeconômicos para elaboração do Plano de Manejo da FNP (ICMBio, 2009) na VCM, apesar do histórico agroextrativista da comunidade, as categorias de seringueiros e castanheiros não foram nem mesmo citadas. Os moradores que se definiram como agricultores somam um total de 18% e os diaristas, 14%. Outras categorias são: carpinteiros, psicólogos, artistas, motoristas, canoeiros, donas de casa e costureiras, alcançando um percentual significativo de 68%. Esses dados mostram que essa população já perdeu a característica de população extrativista que possuía no começo de sua ocupação (ICMBio, 2009), o que é ainda mais evidente quando se observa as novas gerações. A geração de renda é predominantemente vinculada a programas de auxílio social e à visitação e inter-relações associadas à cultura religiosa do Santo Daime.

4.3 Histórico de Exploração Florestal

A área de Manejo Florestal (Figura 6) está localizada na Zona de Uso Comunitário da Vila Céu do Mapiá (ZUC 2), totalizando aproximadamente 20.000 ha (ICMBio, 2009). O Plano de Manejo Florestal Sustentável foi aprovado em 2010, com a primeira Unidade de Manejo Florestal (UMF 1) em área de 1.000 ha, subdividida em Unidades de Produção Anual (UPAs) com áreas entre 50 e 100 ha e com ciclo de corte de 10 anos. Planejado na categoria de manejo de baixa intensidade e de impacto reduzido, o volume máximo de corte permitido é de 10 m³/ha.

Foi previsto o desdobra das árvores dentro da floresta, de forma a não haver arraste de toras; a madeira já serrada é transportada por trator agrícola com carreta acoplada.

A UMF 1 foi alocada buscando ocupar áreas próximas à estrada existente, que conecta a VCM ao rio Purus, e onde a densidade de drenagens é reduzida. A área selecionada se encontra a cerca de 8 km da Vila, em trecho de platôs ocupados por Florestas de Terra Firme, nos divisores topográficos entre as microbacias dos igarapés Quimiã e Mapiá. Apesar da busca por selecionar setores com maiores áreas de efetiva exploração, ainda é evidente a interseção com diversas áreas de rampas/encostas formadoras de nascentes e pequenos cursos d'água de primeira ordem.

Entre os anos de 2018 e 2022, foram realizadas as primeiras explorações florestais em área total de 230 ha, distribuídos em quatro UPAs (1 a 4). Nos Inventários Florestais já realizados nas UPAs 1, 2, 3, 4 e 5, totalizando 285 ha, foram mapeadas, mensuradas e avaliadas 9.089 árvores com DAP > 40 cm, distribuídas em mais de 350 espécies e 45 famílias botânicas.

Em 2019, com o objetivo de agregar valor à madeira, a cooperativa obteve a certificação *Forest Stewardship Council - FSC®* para o Núcleo de Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá. As atividades produtivas do núcleo até o momento foram focadas na produção de madeira para construção civil e está em processo de estruturação uma unidade de beneficiamento da madeira, denominada Oficina Escola de Serraria e Marcenaria. A cooperativa também almeja desenvolver na FNP atividades ligadas ao ecoturismo, à produção de sementes e óleos, dentre outras, visando o uso múltiplo dos recursos florestais disponíveis.

A Figura 6 apresenta o mapa com a localização da UMF1, com destaque para as UPAs já exploradas e inventariadas até o momento. A Tabela 1 apresenta um resumo das principais informações disponíveis nos Planos Operacionais Anuais (POAs) e respectivos relatórios de execução elaborados no âmbito do licenciamento anual da exploração florestal submetidos e aprovados pelo ICMBio.

Figura 6 - Mapa de localização das UPAs já exploradas e inventariadas na UMF1 até 2022. Fonte: autor

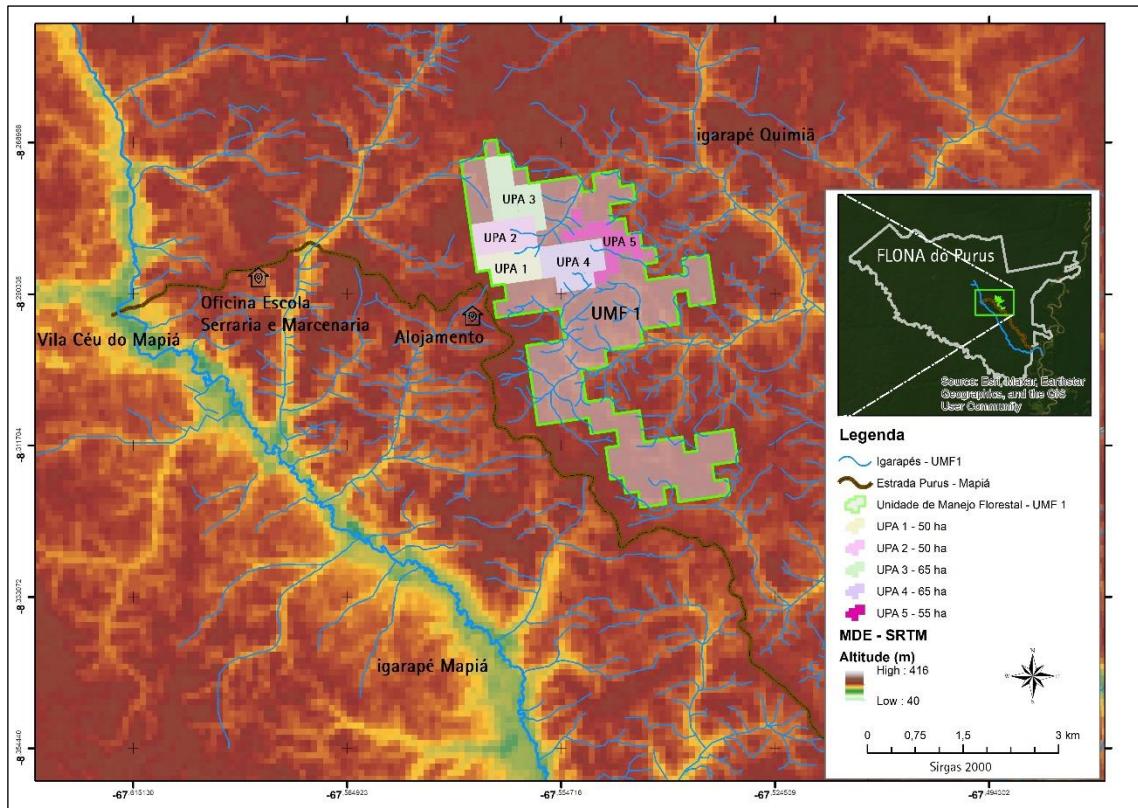


Tabela 1. Informações das UPAs exploradas/inventariadas até o momento. Fonte: Cooperar, 2022.

INFORMAÇÕES	UPA 1	UPA 2	UPA 3	UPA 4	UPA 5	TOTAL
Ano exploração	2018	2019	2020	2021/22	2023	
Área (ha)	50	50	65	65	55	285
Árvores inventariadas	768*	1928	2358	2665	1373	9092
Árvores abatidas	47	67	82	86	-	282
Estradas abertas (km)	3,75	4,67	5,46	5,85	-	19,73
Volume tora (m³)	383,69	288,20	470,20	418,79	-	1560,88
Volume madeira serrada (m³)	152,95	137,72	205,57	170,98	-	667,22

4.4 Inovações tecnológicas – VANTs e *smartphones*

Desde o início das atividades de exploração florestal em 2018, as ferramentas recomendadas pelo Modeflora (FIGUEIREDO et al, 2007) foram inseridas na rotina operacional dos gestores, e estão em constante evolução e aprimoramento, aplicadas nas ações de planejamento, exploração e monitoramento florestal, com destaque para o uso de VANTs e *smartphones*. Para a realização do presente trabalho foram utilizadas informações cedidas pela Cooperar, tais como bases cartográficas, bancos de dados espaciais, relatórios de gestão, fotografias, POAs e respectivos relatórios de execução, dentre outras. Foi realizada uma descrição do processo evolutivo no uso dessas tecnologias inovadoras no âmbito do MFC-VCM, bem como foram analisadas e descritas as principais aplicações e vantagens trazidas por elas em cada etapa operacional que compõe a cadeia produtiva.

Para realização dos aerolevantamentos foram utilizados os VANTs *DJI Phantom 4 Pro* e *DJI Mavic Pro*. Ambos se enquadram na Classe 3 da proposta de Regulamentação (RBAC-E nº 94) da ANAC (2015). O tempo máximo de voo (autonomia de voo) de ambos é de aproximadamente 23 minutos para cada bateria utilizada. Ambos possuem GPS integrado, o que possibilita a realização de voos em modo automático, desde a decolagem até a aterrissagem.

Para realização dos voos foram solicitadas autorizações de voo junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Os pontos de decolagem e pouso foram escolhidos considerando a posição mais centralizada em relação ao plano de voo, bem como as clareiras com maiores dimensões, com o objetivo de proporcionar maior segurança, além de buscar alcançar as maiores varreduras em área.

Os aerolevantamentos foram realizados utilizando os *apps DJI go* e *DJI Pilot*. De maneira geral, nos aerolevantamentos buscou-se manter sobreposições superiores a 80% entre as cenas. Os processamentos aerofotogramétricos foram realizados utilizando o *software Agisoft Metashape*, que utiliza algoritmos de visão computacional para gerar ortomosaicos, nuvens de pontos e modelos digitais de superfície (MDSs) com alta resolução espacial. A Figura 7 apresenta de forma ilustrativa a atividade de aerolevantamento e de processamento dos dados do VANT.

Figura 7 - A - Momento da decolagem com o VANT *DJI Mavic Pro* em uma clareira provocada pelo abate de uma das árvores na UPA 4; **B** telas ilustrativas do *app DJI Pilot* durante a realização dos planos de voo; e **C** – Tela ilustrativa do software *Agsoft Metashape* durante o processamento dos dados do VANT. Fonte: autor.



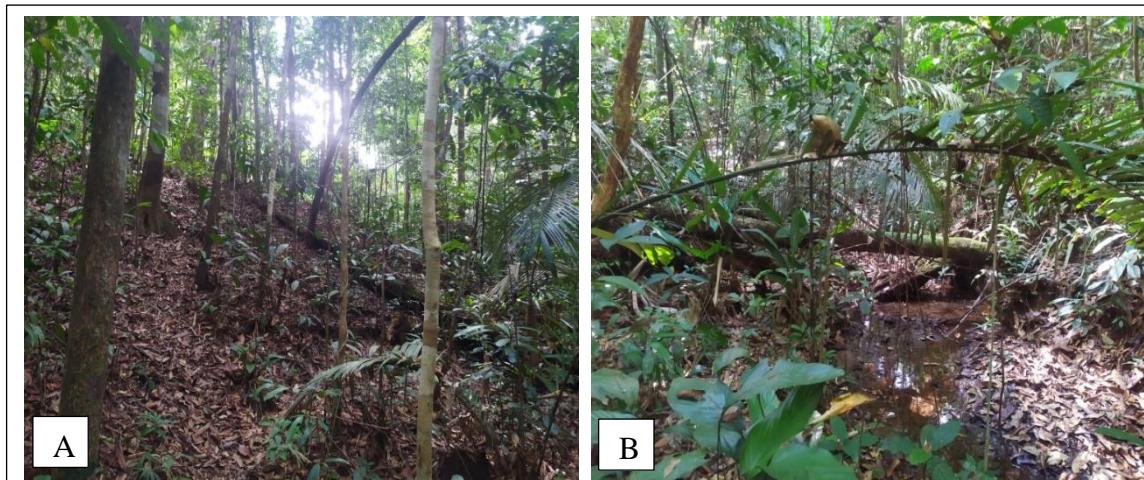
O modelo dos *smartphones* utilizados foi o *Redmi Note 9S pro*, com tela *Touchscreen* de 6.67 polegadas, memória interna de 128 GB, processador 2x 2.3 GHz Kryo 465 Gold + 6x 1.8 GHz, 6 GB de RAM e câmera de 16 Mp. Com o decorrer do projeto, passaram a ser utilizados diversos *apps* para coleta de dados e localização na maioria das etapas da exploração florestal, com destaque para o *Microsoft excel*, o *Time stamp*, o *SW Maps* e o *Avenza Maps*.

O mapeamento da hidrografia foi realizado por meio da vetorização manual sobre o MDS gerado pelo VANT. Para apoiar o mapeamento da rede hidrográfica, foram utilizados os pontos de referência coletados durante a atividade de inventário florestal, sendo incluídas todas as drenagens, perenes, efêmeras e intermitentes. Para elaboração do microplanejamento da

exploração florestal, além do levantamento das árvores, foi utilizada a base da rede hidrográfica e suas respectivas Áreas de Preservação Permanente (APPs), de forma a definir as áreas de efetiva exploração e o planejamento da abertura das estradas necessárias para o transporte da madeira (Decreto 5.975/2006 e Instrução Normativa MMA 05/2006).

De maneira geral busca-se definir estradas traçados lineares, com curvas suaves, evitando o cruzamento com árvores de grande porte e com APPs. Uma das premissas utilizadas no planejamento é evitar ao máximo a interferência nas rampas/grotas formadoras das nascentes e igarapés, por serem áreas mais sensíveis quanto à proteção do solo e da água. A Figura 8 apresenta duas fotografias ilustrativas: de um trecho de rampa e de um pequeno igarapé presentes na UMF.

Figura 8 – A - Exemplo de rampa formadora de um pequeno igarapé; e B - pequeno igarapé, aparentemente perene, ambos identificados na UPA 5 durante o inventário florestal. Fonte: autor.



No âmbito do processo de Certificação Florestal, a cooperativa foi estimulada a desenvolver um plano de monitoramento ambiental, visando acompanhar os impactos da atividade na floresta. Nesse contexto, como proposta inovadora e experimental foi inserido no plano de monitoramento o mapeamento e o acompanhamento temporal das aberturas do dossel (clareiras) provocadas pela queda das árvores abatidas, utilizando as fotografias obtidas com os VANTs.

Os MDSs foram utilizados como referência e o mapeamento das clareiras foi realizado de forma manual, a partir da vetorização sobre os ortomosaicos das áreas desprovidas de copas e com o solo aparente, utilizando-se os *softwares* QGIS e ARCGIS. Após o mapeamento das clareiras, foi realizada a análise de regressão entre o tamanho das árvores (DAP) e o tamanho das respectivas clareiras geradas, para verificar se o tamanho das clareiras é influenciado pelo

tamanho das árvores abatidas. Para isso, foram analisados o coeficiente de determinação (R^2) e significância para a relação ao nível de 95 % de probabilidade ($\alpha = 0,05$). Em seguida, foram feitas análises temporais da cobertura florestal para as UPAs 1 e 2, exploradas respectivamente em 2018 e 2019, a fim de acompanhar a evolução da cobertura da vegetação após a exploração florestal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram gerados ortomosaicos das áreas manejadas com resoluções espaciais que variam entre 3 e 14 cm/pixel, e MDSs com resoluções entre 24 e 56 cm/pixel. Os ortomosaicos e os MDSs, quando associados aos dados coletados de forma direta na floresta, possibilitaram a realização de análises do relevo e da cobertura florestal, que deram suporte às tomadas de decisão ligadas à alocação e ao microplanejamento das UPAs; à realização dos inventários florestais; à exploração florestal em si; e ao monitoramento das clareiras abertas durante as explorações florestais.

Os tópicos a seguir descrevem os principais resultados obtidos com o uso das ferramentas inovadoras, apresentando exemplos nas UPAs exploradas até o momento. Ao longo das discussões, além da correlação com outros estudos utilizados como referência, são feitas comparações com os métodos tradicionais utilizados anteriormente, de forma a demonstrar as vantagens obtidas com a aplicação dos VANTs e *smartphones* no MFC-VCM.

5.1 Planejamento da Exploração Florestal

Para alocação inicial das UPAs, em 2009 foi utilizada a base cartográfica SRTM. Seguindo as tendências inovadoras do Modelflora II, desde 2019 passou-se a utilizar os MDSs e ortomosaicos gerados pelo VANT para avaliação das áreas a serem inventariadas. Os MDSs gerados pelo VANT possibilitaram a visualização em alto detalhe dos indivíduos emergentes, que em geral são as árvores de interesse para a exploração de madeira, bem como das áreas ocupadas pelas nascentes e igarapés. Essa base de informações contribuiu para que a alocação das UPAs fosse feita com maior certeza da localização das áreas com maior potencial madeireiro, com menores percentuais de APPs e, consequentemente, com maiores áreas de efetiva exploração.

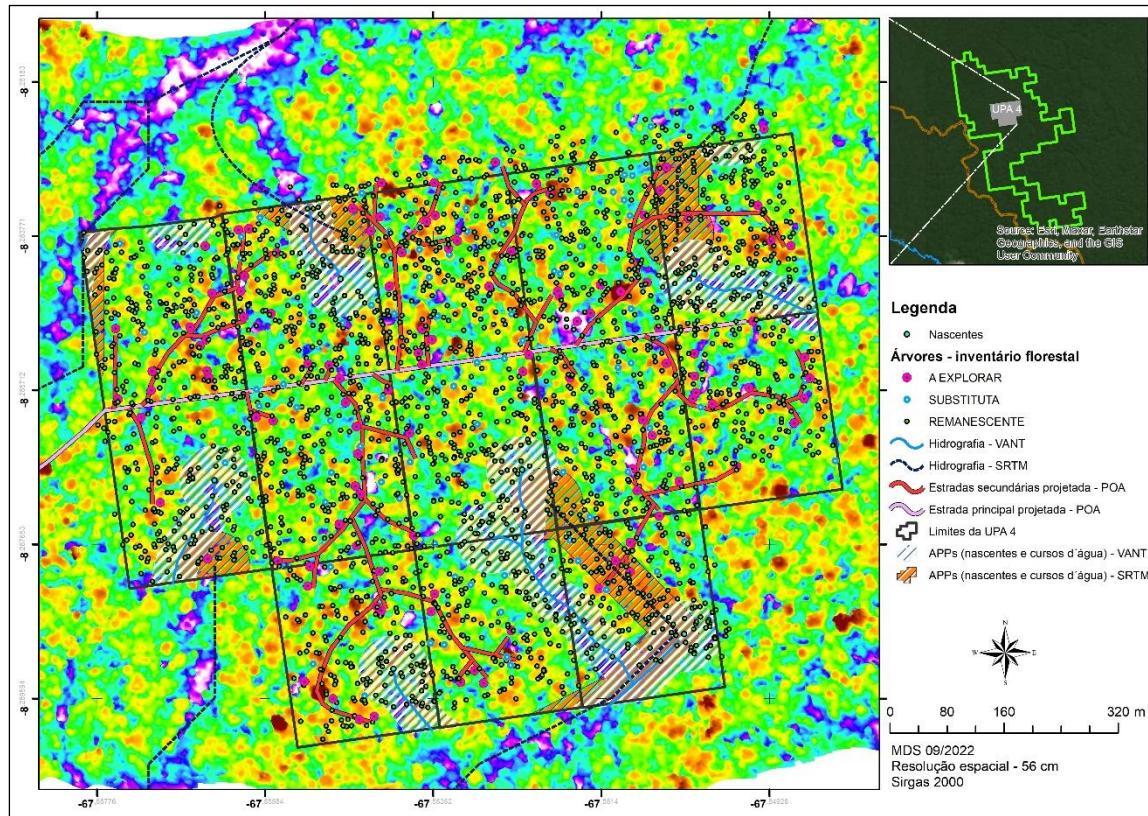
O mapeamento da rede hidrográfica feito por meio da interpretação do MDS gerado pelo VANT possibilitou maior detalhamento, em especial dos cursos d'água de primeira ordem, quando comparado com a base SRTM (NASA JPL, 2013). Na UPA 4 (Figura 9) por exemplo,

as APPs mapeadas no MDS do VANT representaram 10,43 ha, enquanto o mapeamento sobre o SRTM resultou em 6,18 ha de APPs. O maior detalhamento da rede hidrográfica foi essencial para o planejamento das estradas principais e secundárias de acesso às árvores, com vistas a reduzir as distâncias, os custos operacionais e os impactos à floresta. De forma preventiva, foram mapeadas como APP mesmo as calhas efêmeras e intermitentes.

As áreas das rampas formadoras de igarapés e nascentes foram contornadas evitando a instalação de pontes e o cruzamento de trechos com a clive e declive acentuados, reduzindo o esforço com a abertura das estradas e com o transporte da madeira, assim como a ocorrência de processos erosivos. A Figura 9 apresenta o microplanejamento da UPA 4, destacando a rede hidrográfica, as APPs, as estradas planejadas e árvores selecionadas para o abate. Destaca-se no mapa a rede hidrográfica e respectivas APPs, obtidas com a base do SRTM, ficando evidente o maior nível de detalhamento adquirido pelo mapeamento com o MDS do VANT. Resultado semelhante foi encontrado por Akturk e Altunel (2019), que indicam que, em estudos de pequena escala, o uso dos MDSs obtidos com VANTs fornecem resultados mais precisos e em escala mais adequada do que os dados de SRTM.

Papa (2018) indica que a topografia do terreno e a rede de cursos d'água e nascentes são as principais componentes do microplanejamento. Kazama et al (2021), ao realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar os avanços alcançados na última década no planejamento de estradas florestais, concluiu que as principais variáveis espaciais utilizadas nos estudos foram: declividade; elevação; densidade de estradas; proximidade de cursos d'água; declividade de taludes; e produção de madeira.

Figura 9. Microplanejamento da exploração florestal da UPA 4 sobre o MDS, com destaque para a hidrografia mapeada com o VANT e a gerada a partir do SRTM. Fonte: autor.



Em 2009, a coleta de dados no inventário florestal da UPA 1 foi realizada utilizando planilhas em papel, e o mapeamento das árvores com o tradicional sistema cartesiano “x,y”. Nesse método, as coordenadas são estimadas a partir do caminhamento de um observador sobre trilhas abertas de forma planejada, a cada 25m, e apenas os vértices são georreferenciados com GPS. Em 2018, no inventário da UPA 2, a anotação das informações dendrométricas passou a ser realizada direto em *smartphones*, por meio do *app Microsoft Excel*, evitando a necessidade de posterior digitação da grande quantidade de dados coletados. O georreferenciamento das árvores, por sua vez, passou a ser realizado com aparelho GPS modelo *Garmin 76 Csx Map*.

Em nova evolução, desde 2021, no inventário florestal da UPA 5, passou-se a utilizar o *app SW Maps*, que possibilitou a coleta integrada dos atributos numéricos, de texto, fotografias, vídeos e áudios, com o georreferenciamento das árvores e de outras informações de interesse nas UPAs. Esse *app* permitiu a criação e importação de arquivos em formato *shapefile*, *kmz*, além de viabilizar a navegação sobre camadas previamente mapeadas, tais como o limite da UPA, a hidrografia etc.

Kennedy et al (2014), ao avaliarem o uso de *smartphones* de baixo custo para coletar dados de campo no manejo florestal em florestas temperadas, concluíram que pode haver aumento significativo na eficiência do fluxo de trabalho, reduzindo os tempos de transferência e processamento de dados, e eliminando a necessidade de transportar dispositivo de GPS, mapa, formulários de papel e câmera digital separados. Ferster e Coops (2014) indicam que os *smartphones* e seus aplicativos associados podem fornecer novas ferramentas para coletar dados estruturais da floresta, mas ressaltam que é necessário garantir que haja protocolos padronizados, e que sejam realizados treinamentos de qualidade.

Tomaštík et al (2016) realizaram um estudo focado na avaliação da precisão horizontal de *smartphones* para coleta e uso de dados espaciais em florestas temperadas, e constataram que há variações na precisão relacionadas tanto com a densidade da folhagem quanto com os diferentes modelos de *smartphone* testados. Os autores concluíram que os *smartphones* atuais podem ser usados com sucesso para algumas tarefas no manejo florestal em que a precisão dos dados espaciais não é a prioridade mais alta. Esse é o caso do MFC-VCM, que tem como principal feição de interesse até o momento as árvores de grande porte, que são facilmente localizadas mesmo sem grande precisão no georreferenciamento.

A Figura 10 apresenta fotografias ilustrativas das atividades do inventário florestal, desde a demarcação da UPA, à mensuração e ao registro das informações. A Figura 11 apresenta exemplos das telas do *apps SW Maps* sendo utilizado na coleta de dados do inventário florestal. A Figura 12 apresenta o mapa do inventário florestal realizado na UPA 5.

A disponibilidade de *smartphones* com câmeras de alta resolução estimulou e potencializou a coleta de registros audiovisuais, que representaram um componente até então pouco explorado na análise das informações florestais. Em constante evolução no MFC-VCM, o registro fotográfico no inventário florestal e nas etapas produtivas é estimulado, potencializando, por exemplo, a seleção das árvores a serem exploradas, procedimento geralmente realizado apenas com os dados organizados em formato de planilha.

Figura 10 - Fotografias ilustrativas da coleta de dados no inventário florestal: A – orientação com bússola para abertura das picadas de delimitação da UPA. Foto: Christian Costa; B - Exemplo de fotografia obtida no inventário. Foto: Pedro Adnet; C - Registro da placa de identificação das árvores inventariadas Foto: Pedro Adnet; D e E – Mensuração do CAP Foto: Pedro Adnet; F – Coleta dos dados em planilha de papel e georreferenciamento com GPS de navegação. Foto: Christian Costa; G e H Coleta de dados e georreferenciamento utilizando *smartphone*. Fotos: autor e Christian Costa.

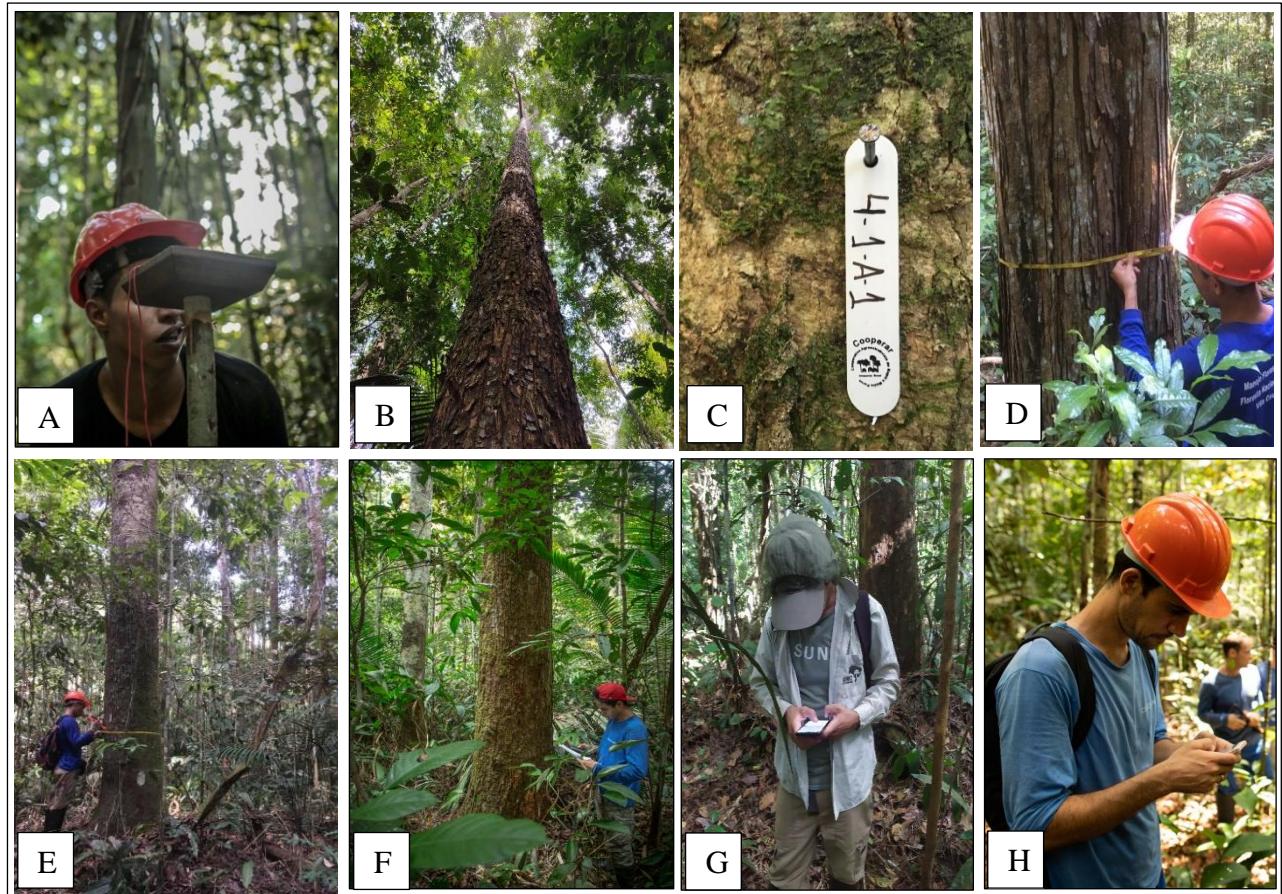


Figura 11 - Telas ilustrativas do *app SW Maps* durante a coleta de dados no inventário florestal. Fonte: Pedro Adnet

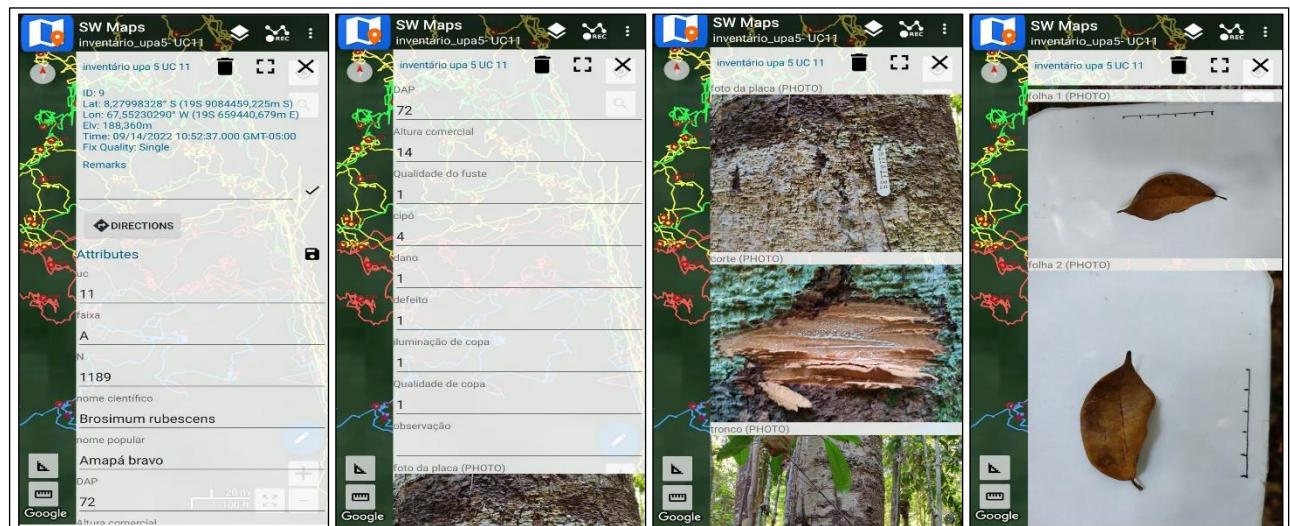
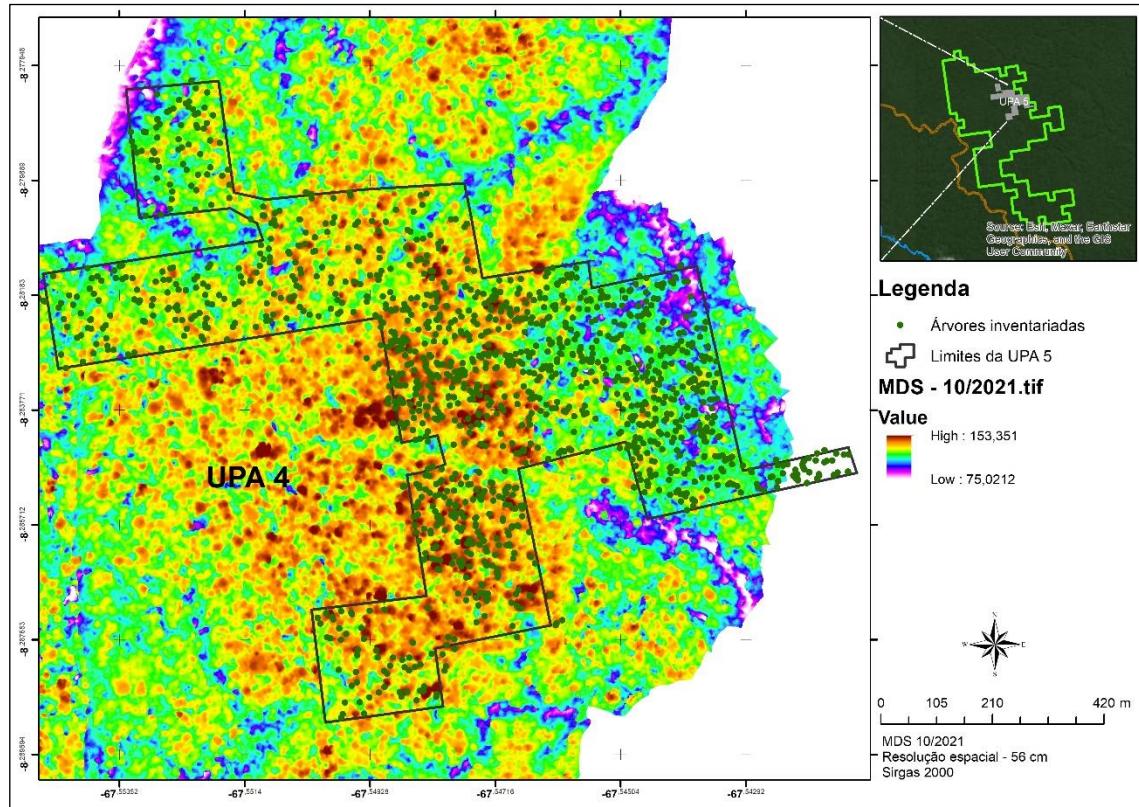


Figura 12 - MDS da UPA 5, destacando as árvores inventariadas no inventário florestal. Fonte: Cooperar 2023.



De posse das fotos e dados obtidos, foram elaborados guias dendrológicos para apoio à identificação das espécies encontradas e já identificadas em inventários anteriores. O guia de campo personalizado e ilustrado disponível no *smartphone* permitiu a realização de consultas em campo para identificação das espécies, potencializando o aprendizado dos colaboradores envolvidos nas atividades. A Figura 13 ilustra o banco de dados das fotografias obtidas durante o inventário florestal, e a Figura 14 apresenta exemplos do guia de identificação das espécies de interesse madeireiro exploradas até o momento.

Figura 13 - Exemplo do acervo de fotografias obtidas durante os inventários florestais. Fonte: Pedro Adnet.

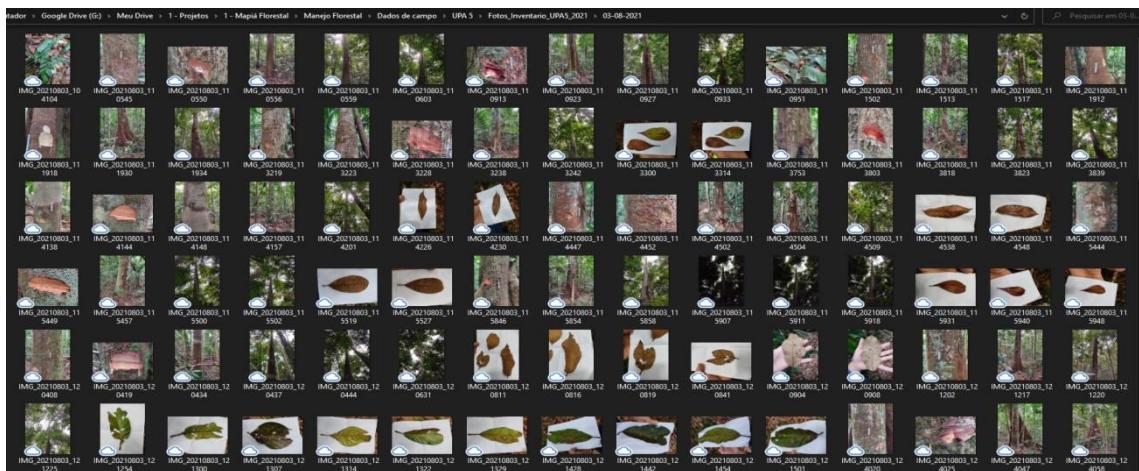
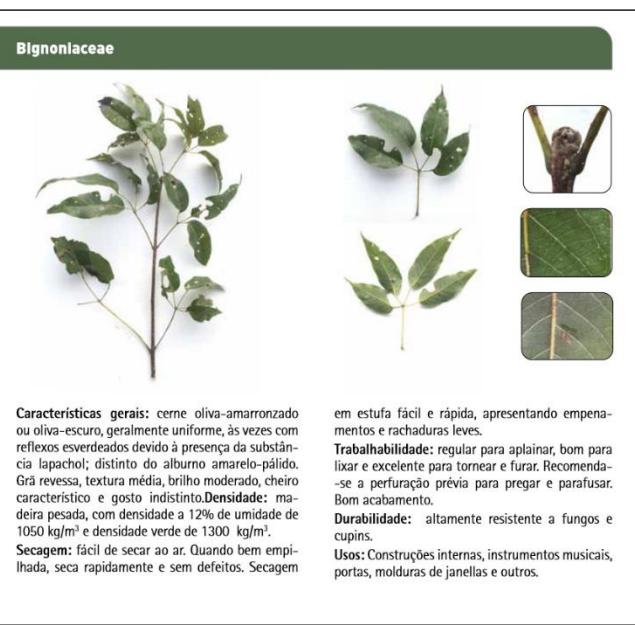


Figura 14 - Trechos do guia de identificação das espécies de interesse madeireiro. Fonte: Cooperar 2020.

Handroanthus serratifolius
Pau d'arco amarelo

Bignoniaceae

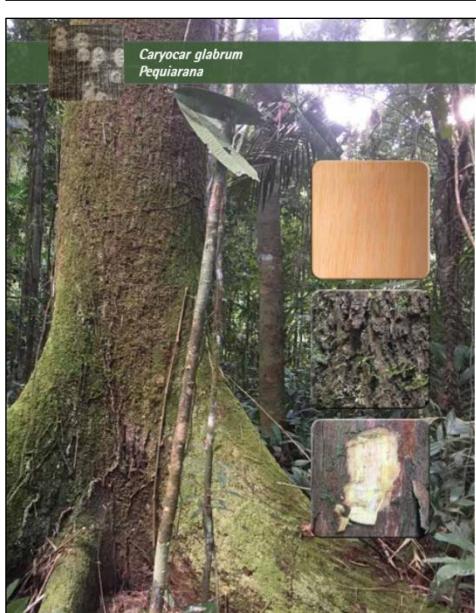
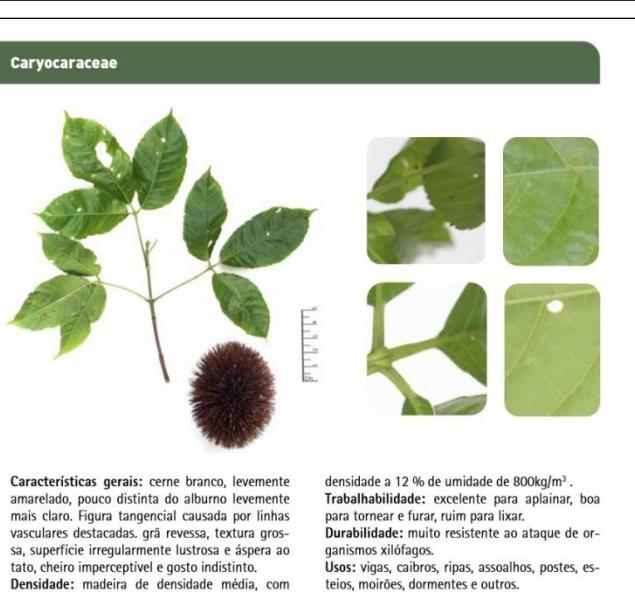



Características gerais: cerne oliva-amarronzado ou oliva-escuro, geralmente uniforme, às vezes com reflexos esverdeados devido à presença da substância lapachol; distinto do alburno amarelo-pálido. Grã revessa, textura média, brilho moderado. Cheiro característico e gosto indistinto. **Densidade:** madeira pesada, com densidade a 12% de umidade de 1050 kg/m³ e densidade verde de 1300 kg/m³. **Secagem:** fácil de secar ao ar. Quando bem empilhada, seca rapidamente e sem defeitos. Secagem

em estufa fácil e rápida, apresentando empenamentos e rachaduras leves. **Trabalhabilidade:** regular para aplinar, bom para lixar e excelente para tornear e furar. Recomenda-se a perfuração prévia para pregar e parafusar. Bom acabamento. **Durabilidade:** altamente resistente a fungos e cupins. **Usos:** Construções internas, instrumentos musicais, portas, molduras de janelas e outros.

Caryocar glabrum
Pequiárania

Caryocaraceae

Características gerais: cerne branco, levemente amarelado, pouco distinto do alburno levemente mais claro. Figura tangencial causada por linhas vasculares destacadadas, grã revessa, textura grossa, superfície irregularmente lustrosa e áspera ao tato, cheiro imperceptível e gosto indistinto. **Densidade:** madeira de densidade média, com

densidade a 12% de umidade de 800kg/m³. **Trabalhabilidade:** excelente para aplinar, boa para tornear e furar, ruim para lixar. **Durabilidade:** muito resistente ao ataque de organismos xilófagos. **Usos:** vigas, caibros, ripas, assoalhos, postes, estios, moirões, dormentes e outros.

Buchenavia grandis
Imbirindiba

Combretaceae




Características gerais: cerne marrom, marrom claro ou marrom-amarelado-claro, pouco distinto do alburno amarelo-pálido. Anéis de crescimento distintos e irregulares, grã direita ou revessa, textura fina a média e brilho moderado. Cheiro agradável quando verde e imperceptível após a secagem. **Densidade:** madeira pesada, com densidade a 12% de umidade em torno de 940 kg/m³ e densidade verde em torno de 1250 kg/m³.

Trabalhabilidade: difícil de serrar e de aplinar. O acabamento superficial é regular na plaina e excelente na lixa, no torno e na broca. **Durabilidade:** resistência moderada ao ataque de fungos apodrecedores e altamente resistente a cupins. Apresenta pequena resistência às brocas marinhas. **Usos:** construção civil, assoalhos, lâminas decorativas, peças torneadas, cabos de ferramentas e outros.

5.2 Exploração Florestal

A navegação e o registro dos dados de cadeia de custódia na floresta são necessidades diárias das equipes. Para isso, tradicionalmente se utilizavam mapas e planilhas impressos, além das referências das trilhas abertas no ano anterior. Desde a primeira operação realizada, em 2018, as coordenadas das árvores e como outras informações passaram a ser inseridas no GPS, de forma que as equipes pudessem se localizar na floresta, ainda que, por segurança, contando com o apoio das trilhas abertas na demarcação física da UPA, já que, de maneira geral havia apenas um equipamento GPS disponível. Da mesma forma que no inventário florestal, as informações de abate, cubagem e desdobro das toras passaram a ser coletadas com os *apps Microsoft excel e SW Maps*, e consolidadas em uma planilha de controle da cadeia de custódia desenvolvida no âmbito do projeto, que vincula as informações desde o inventário florestal à saída da madeira do estoque.

A partir de 2022, para a navegação de maneira geral, passou-se a utilizar os *smartphones* com os *apps Avenza Maps e SWMaps*, o que otimizou os deslocamentos dentro das UPAs. Ambos os *apps* permitiram a navegação mesmo sem sinal de celular, em modo “avião”. O *app Avenza Maps* possibilitou a navegação sobre mapas elaborados previamente em formato *pdf*, como as bases do MDS e ortomosaicos de alta resolução gerados pelo VANT. Já o *app SWMaps* possibilitou a navegação sobre imagens de satélite associadas a outras camadas vetoriais, tais como árvores, estradas projetadas e existentes, APPs e outras.

Figueiredo et al (2010) indicam que, cada vez mais, o uso de mapas digitais na atividade florestal contribui para uma melhor execução de todo o planejamento da exploração. Segundo o autor, ter acesso a todas as informações diretamente no receptor GPS permite um trabalho mais preciso das equipes, aumentando a produtividade, diminuindo erros, prejuízos e, consequentemente, os seus impactos ambientais e financeiros. Moraes (2022) indicou que o uso do *app Avenza Maps* para executar o rastreamento das árvores no plano de manejo florestal comunitário em Porto de Moz tornou-se um padrão, pois aumentou a autonomia dos comunitários dentro dos processos do manejo florestal. Segundo a autora, o *app* apresenta facilidade na coleta de pontos de interesse e na navegação a partir de um mapa pré-existente em formato *pdf*, tendo como funções a localização em tempo real, o rastreamento, a exportação de dados em formato *gpx* e *kml*, além de envio por meio de aplicativos de mensagens como *Whatsapp*, ou ainda por *Bluetooth*.

A Figura 15 apresenta telas ilustrativas dos *apps SWMaps e Avenza Maps* durante a navegação na unidade de manejo. As Figuras 16 e 17 ilustram as atividades de abate, cubagem e

desdobro das árvores, desde a localização delas na área, à realização do corte e à sinalização do toco com a placa de identificação.

Figura 15 - Telas dos *app* SW Maps mostrando a UMF e a Vila; e B Telas do *app* Avenza Maps navegando na UPA 4 durante a exploração florestal. Fonte: Pedro Adnet.

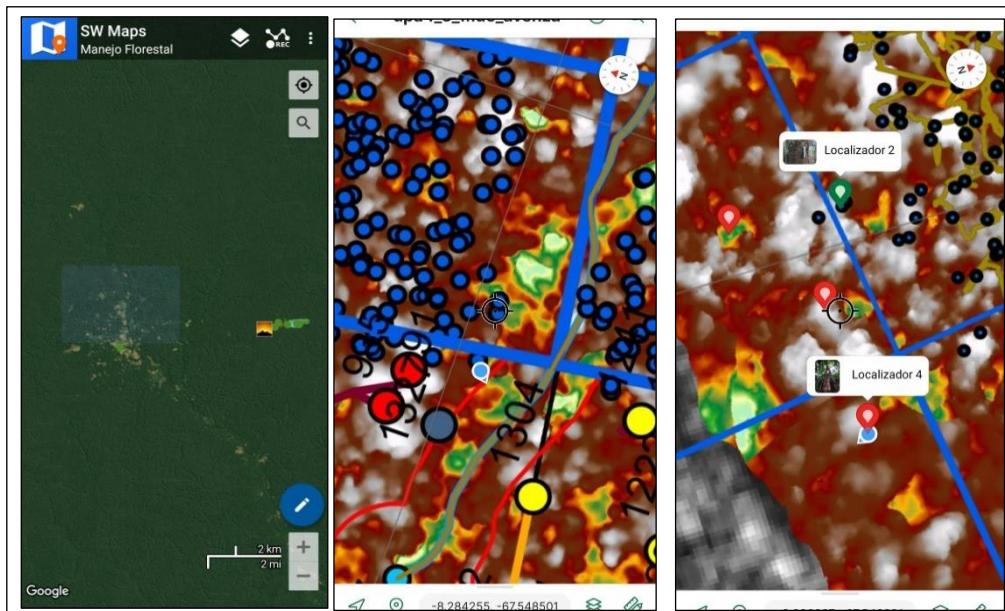


Figura 16 - Fotografias ilustrativas do abate e marcação do toco das árvores. Fotos: Pedro Adnet.



Figura 17 - Fotografias ilustrativas do processo de processamento da madeira após o abate das árvores. Fotos: Pedro Adnet.



5.3 Monitoramento Florestal

Entre os anos de 2018 e 2022 foram abatidas 282 árvores, remanescendo nas UPAs um total estimado de 7.155 árvores com DAP > 40 cm. A análise ilustrada na Figura 18 apresenta uma avaliação proporcional do número de árvores abatidas e remanescentes, demonstrando o extenso estoque florestal que permanece na UPA para os próximos ciclos de exploração florestal. Devido à reduzida disponibilidade de recursos financeiros e a limitações operacionais, do total de 415 árvores autorizadas nas AUTEXs somente 282 (68%) foram de fato abatidas, uma média de 1,2 árvores/ha.

Quando perceptíveis, as clareiras provocadas pela queda das árvores são facilmente delimitadas nos MDSs (Figura 19-B), tendo em vista o gradiente de altura existente entre o dossel e o solo ou árvores dos estratos inferiores e do sub-bosque. A delimitação feita sobre o MDS, porém, ignora as árvores presentes nos estratos inferiores e no subbosque, já que se baseia apenas no gradiente de altura formado entre a altura média do dossel e a área impactada pela queda das

árvore abatidas. Já com o mapeamento realizado sobre o ortomosaico, observou-se que as tonalidades da galhada da copa (Figura 18) e do pó de serra gerado durante a atividade de desdobro das árvores (Figura 19-C) promoveram contrastes de coloração que facilitaram a identificação e delimitação dessas aberturas no dossel, demonstrando de fato as áreas que sofreram corte raso.

Figura 18 - Fotografia aérea ilustrativa de uma clareira provocada pelo abate de uma árvore na UPA 4 – Foto: Pedro Adnet

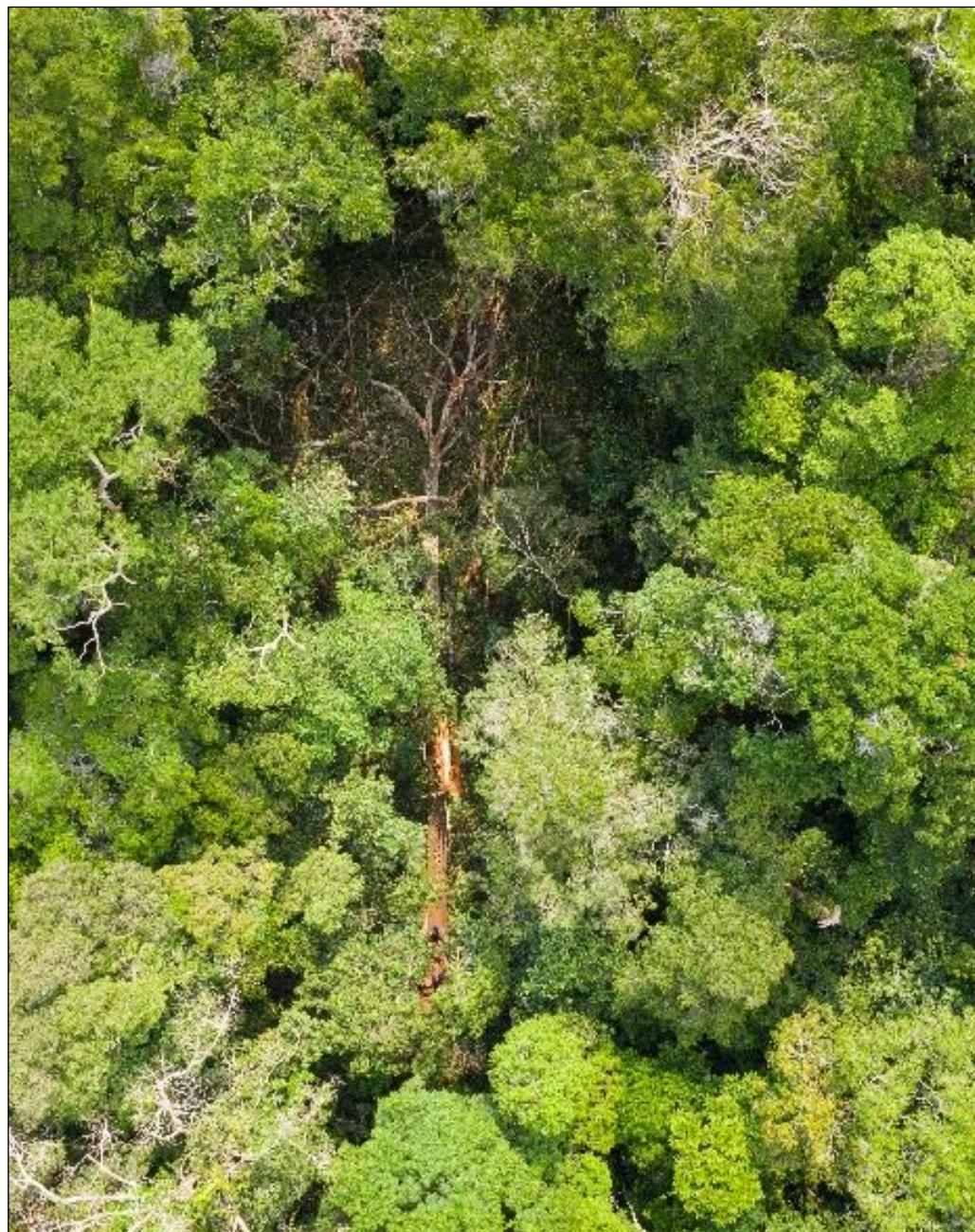
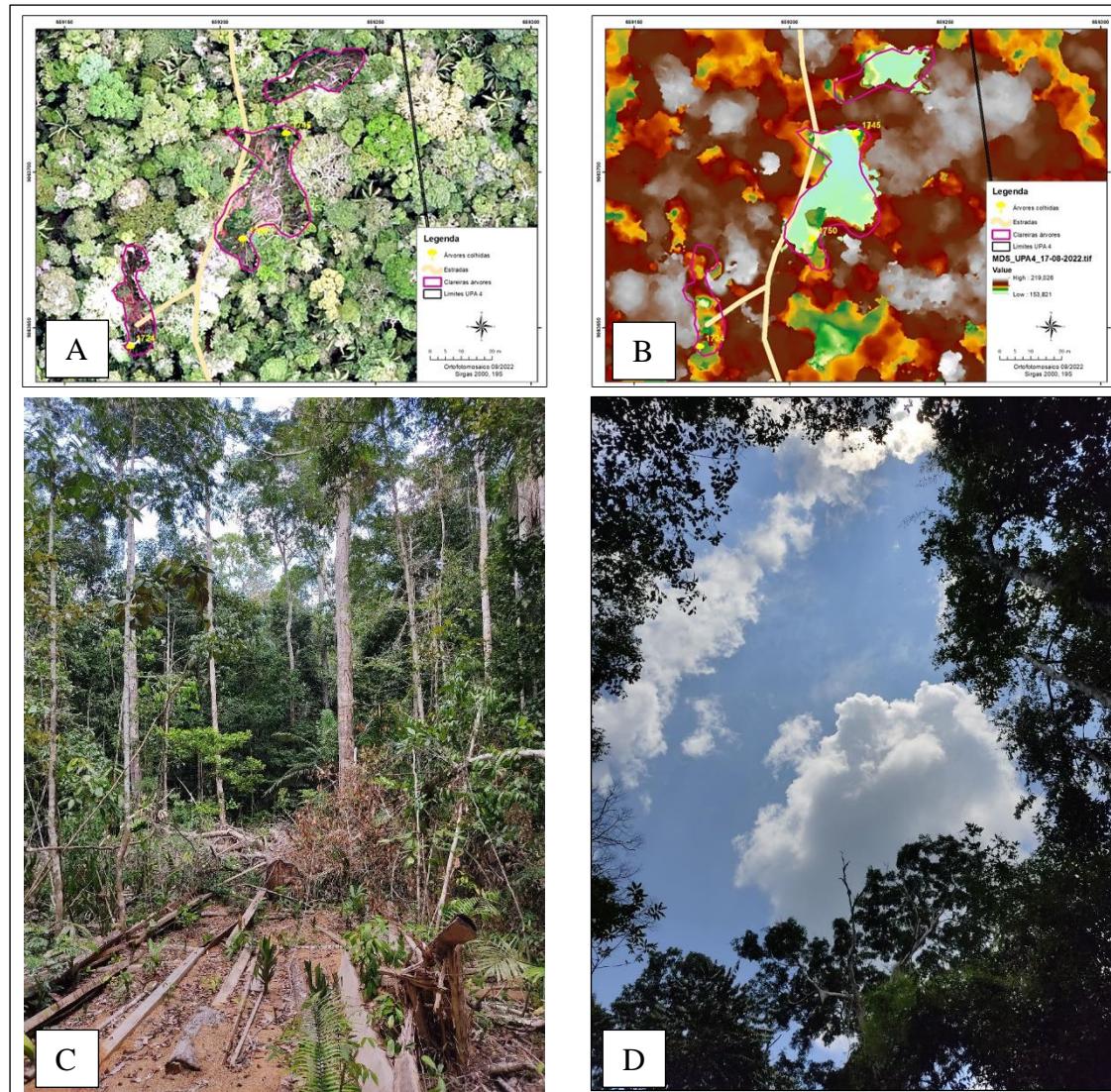


Figura 19 - A - Delimitação manual da clareira das árvores 1745 e 1750 sobre o ortomosaico; B - Clareiras já delimitadas sobrepostas no MDS. Fonte: autor; C - Aspecto da clareira em solo após o desdobro; D - fotografia da clareira vista de baixo. Fotos: Pedro Adnet.

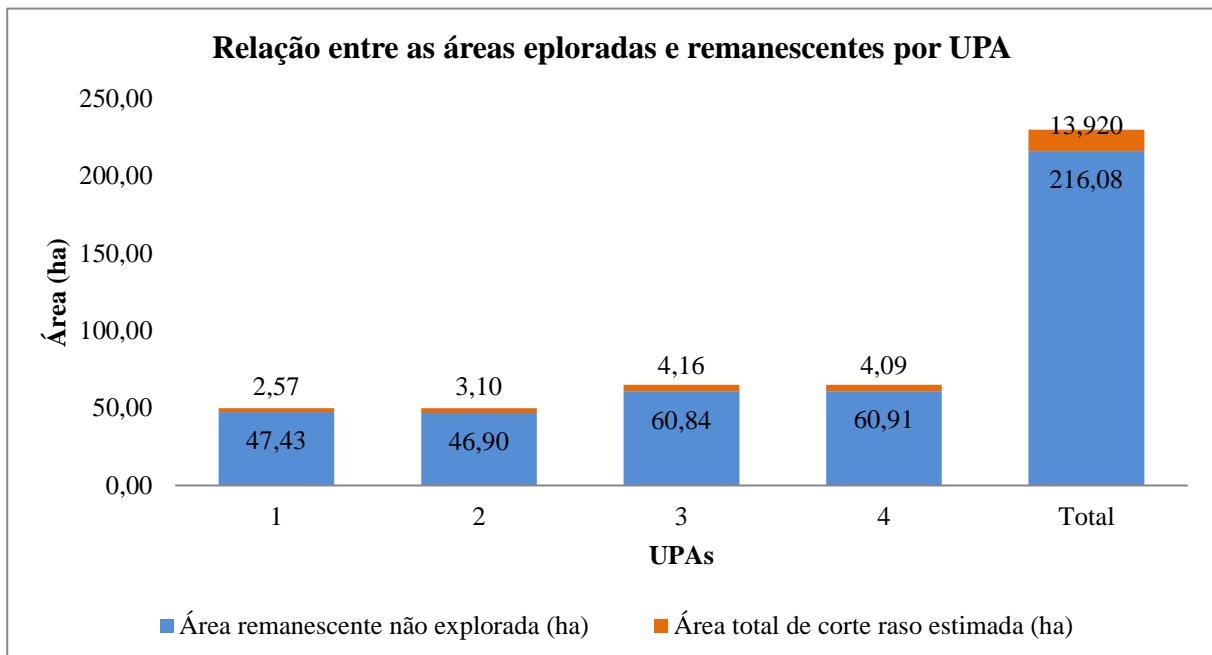


As estradas abertas com 4 m de largura, no entanto, foram quase imperceptíveis no mapeamento, mesmo sobre os MDSs e ortomosaicos de alta resolução (Figura 21), sendo observados apenas registros pontuais de abertura do dossel. Apesar de não representarem impactos ao dossel, as estradas foram a principal extensão contínua de corte raso e compactação do solo presente no projeto, cobrindo uma área de 7,8 ha.

Foram mapeadas as clareiras ocasionadas pela queda de 157 das 282 árvores abatidas nas UPAs 1, 2, 3 e 4, que totalizaram 4,00 ha, com estimativa de 6,02 ha nos 230 ha explorados. Quando somadas as áreas ocupadas pelas estradas, o total de corte raso é de 13,92 ha, 6,05% dos 230 ha explorados até o momento no MFC-VCM. A Figura 20 apresenta um gráfico com a relação entre as áreas de corte raso e as áreas totais das UPAs já exploradas. Esses resultados se

assemelham aos encontrados por Carvalho et al (2017) que, ao analisarem a dinâmica da regeneração de árvores em resposta aos distúrbios do dossel e do solo causados pela extração seletiva de madeira na Floresta Estadual do Antimary, no Acre, verificaram que a área total perturbada pela exploração madeireira variou entre 7,0% e 8,6%, com quase metade do total em clareiras (3,0–3,7%).

Figura 20 – Representação gráfica das áreas exploradas (corte raso) em relação à área total das UPAs. Fonte: autor



As clareiras apresentaram formatos e tamanhos diversos, mas em geral, por serem provenientes da queda de árvores individuais, possuem formas alongadas com maiores dimensões e formatos circulares onde as copas atingem o solo. O tamanho médio observado foi de 204 m², variando entre 628 e 37 m² (Tabela 2). Resultado semelhante foi encontrado por Johns et al (1996), que, ao analisarem os danos causados pela extração durante operações madeireiras, observaram que a área média das clareiras na operação de corte planejada foi de 166 m². Segundo os autores, danos a árvores individuais foram reduzidos na operação de corte planejada, cortando cipós 2 anos antes do corte e implementando o corte direcional. A título de exemplo, na figura 21 é apresentado o mapa das clareiras da UPA 4.

Figura 21 - Mapa da UPA 4 após a exploração florestal, com destaque para as clareiras mapeadas. Fonte: autor

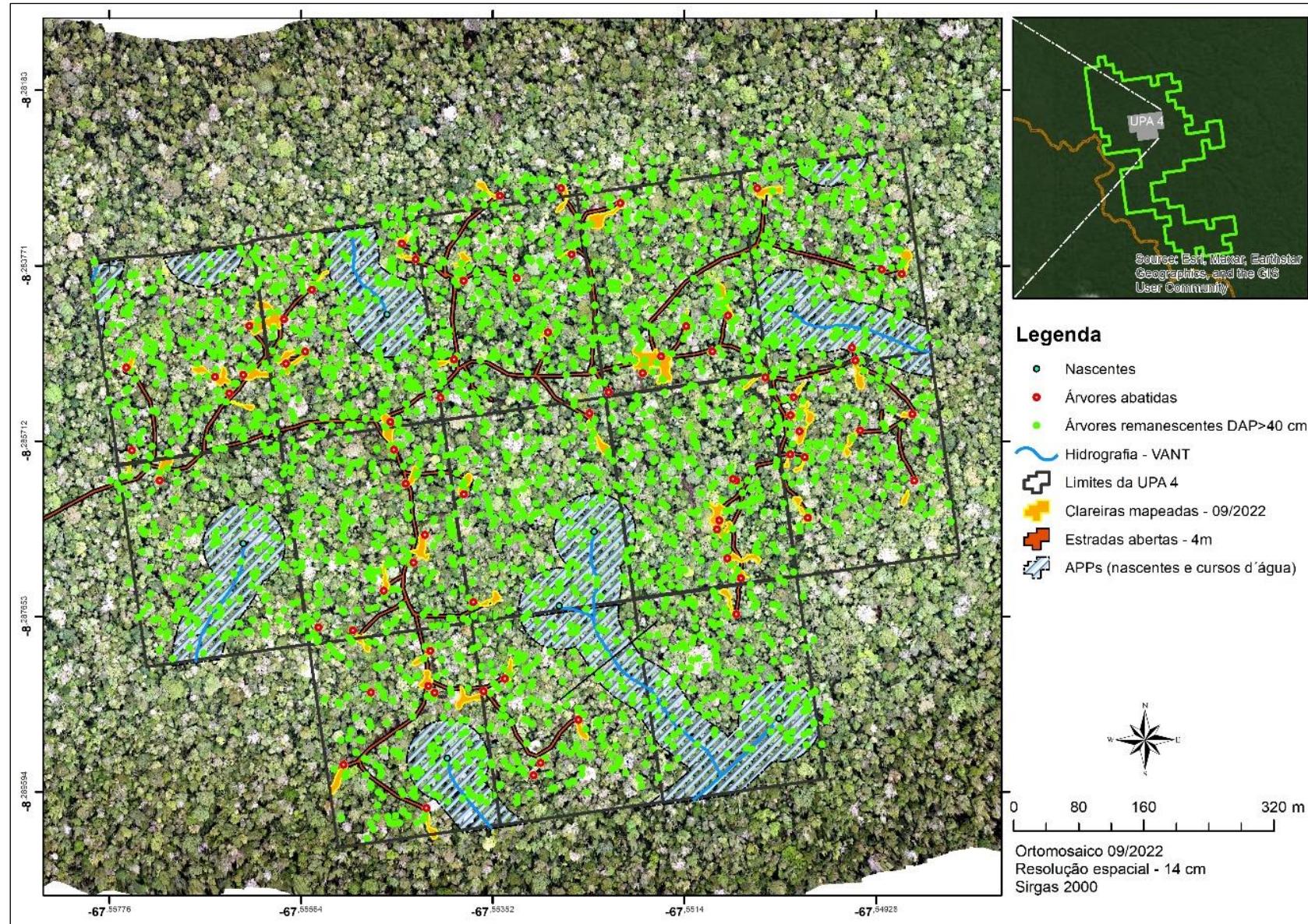
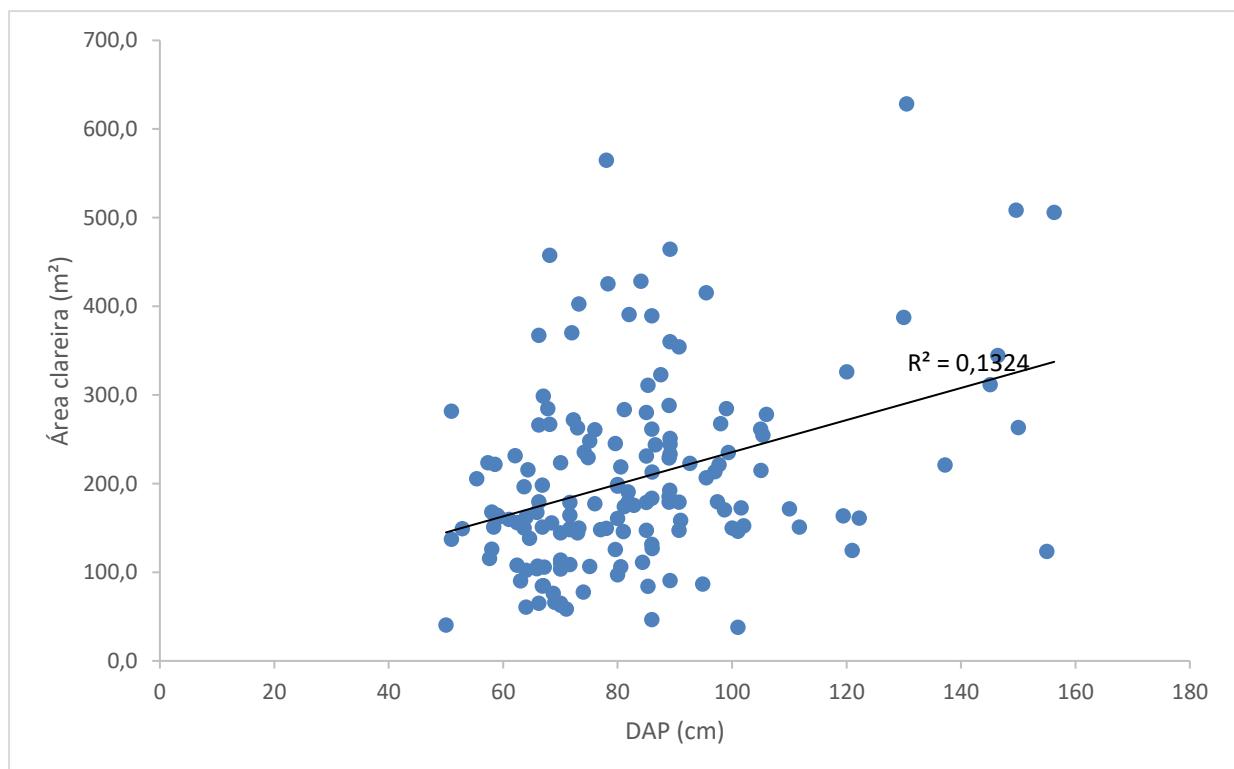


Tabela 2. Principais medidas relativas aos impactos de corte raso realizados durante as explorações florestais realizadas nas UPAs 1 a 4. Fonte: Cooperar 2022.

UPAs	1	2	3	4	Total
Área (ha)	50	50	65	65	230
Nº de árvores autorizadas	59	90	139	127	415
Nº de árvores abatidas	47	67	82	86	282
Nº clareiras mapeadas	30	44	53	54	181
Área total das clareiras mapeadas (ha)	0,68	0,86	1,32	1,14	4,00
Área média clareiras mapeadas (m²)	230	180	240	200	204
Área total estimada de clareiras (ha)	1,072	1,231	1,974	1,751	6,028
Estradas abertas (m)	3750	4670	5460	5850	19730
Área estimada estradas (ha)	1,50	1,87	2,18	2,34	7,892
Área total estimada de corte raso (ha)	2,57	3,10	4,16	4,09	13,920
Área corte raso em relação à área da UPA (%)	5,14	6,20	6,40	6,29	6,05

As árvores abatidas apresentaram DAPs entre 50 e 156 cm. Foi observada baixa correlação ($R^2= 0,13$ e $R=0,36$) entre os DAPs e o tamanho das clareiras (Figura 22), o que demonstra que outros fatores podem afetar as dimensões das clareiras resultantes, que não apenas o porte das árvores.

Figura 22 - Gráfico de dispersão das áreas das clareiras com os DAPs das árvores abatidas. Fonte: autor



Em 2022 o mapeamento realizado durante a exploração foi disponibilizado para os auditores durante a auditoria de manutenção da Certificação Florestal na UPA 4. De posse do mapa (Figura 21) contendo as estradas e os pontos das árvores abatidas sobrepostas ao ortomosaico, os auditores navegam em campo com o *app Avenza*, o que facilitou a realização da auditoria.

Ortomosaicos obtidos em anos posteriores à operação florestal permitiram o acompanhamento da dinâmica de recuperação das clareiras. Aerolevantamentos realizados 2 anos após as explorações florestais demonstram que grande parte das áreas das clareiras já não são mais facilmente perceptíveis. Nesse momento as clareiras são detectadas apenas quando se analisa o MDS junto aos pontos das árvores abatidas, já que, o dossel nesses trechos ainda permanece com altura reduzida. Os mapas apresentados nas Figuras 23 e 24 ilustram clareiras nas UPAs 1 e 2 em diferentes momentos após o abate das árvores.

Figura 23 - A - Clareiras mapeadas na UPA 1 sobre o ortomosaico obtido em 2018; B – mesmas clareiras sobre ortomosaico de 06/2020; C – ortomosaico obtido em 2022; e D – MDS obtido em 2022. Fonte: autor.

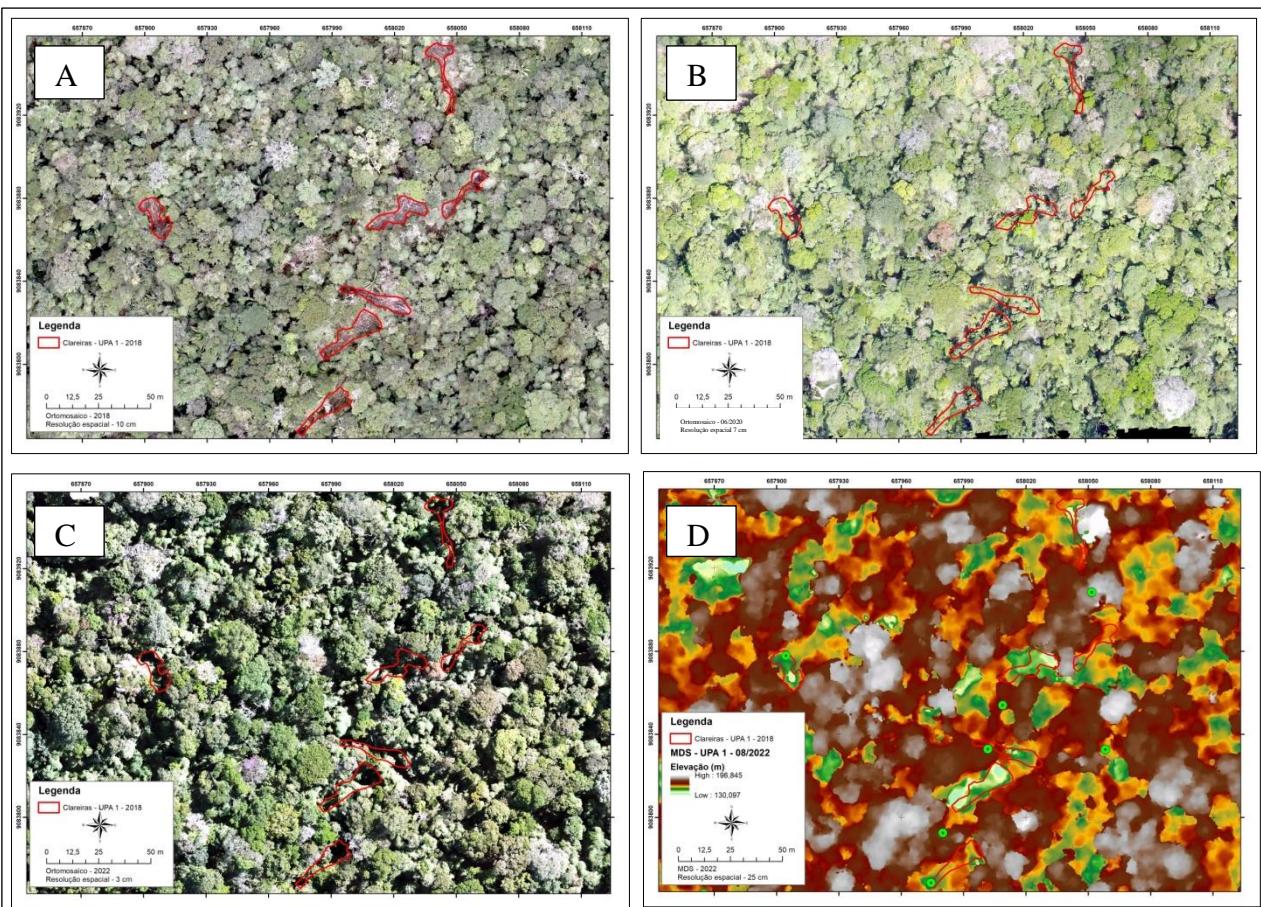
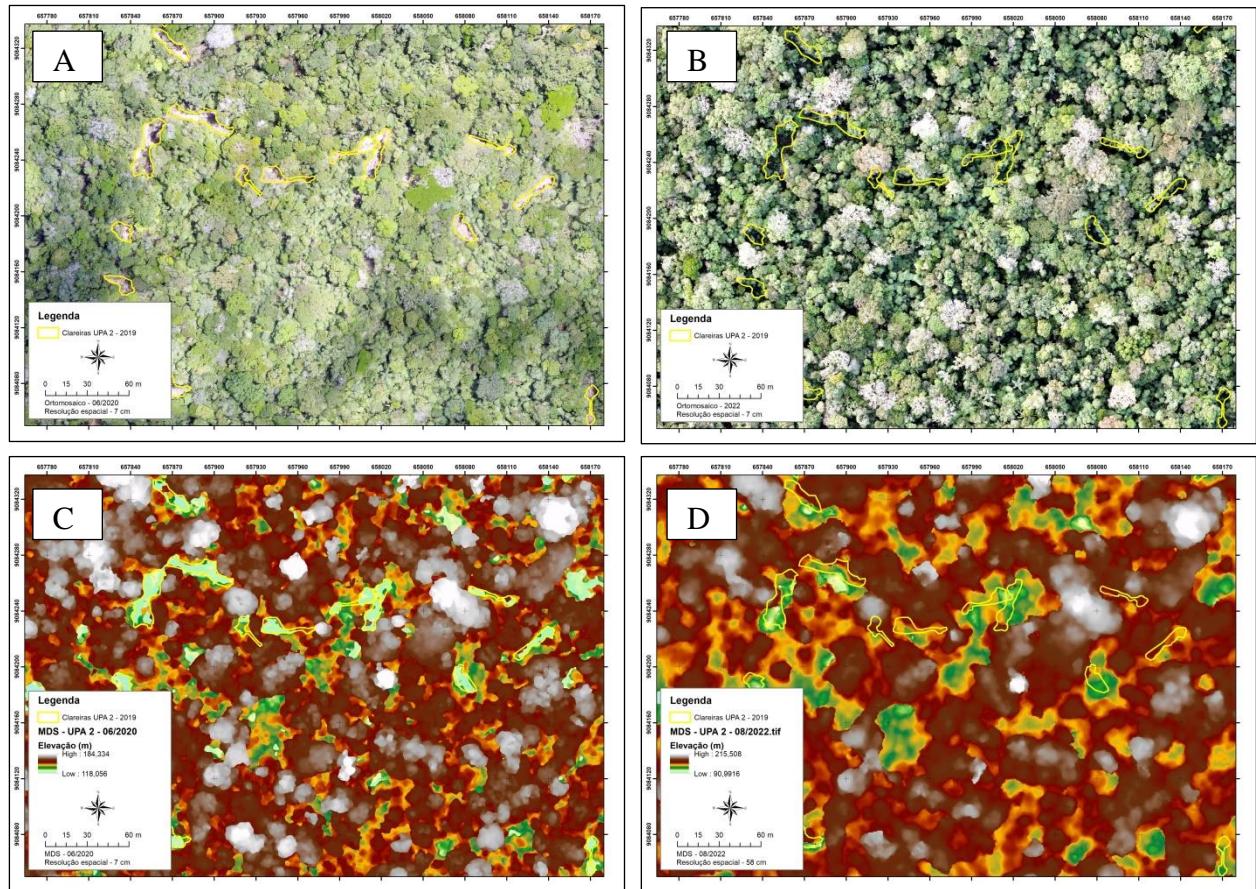


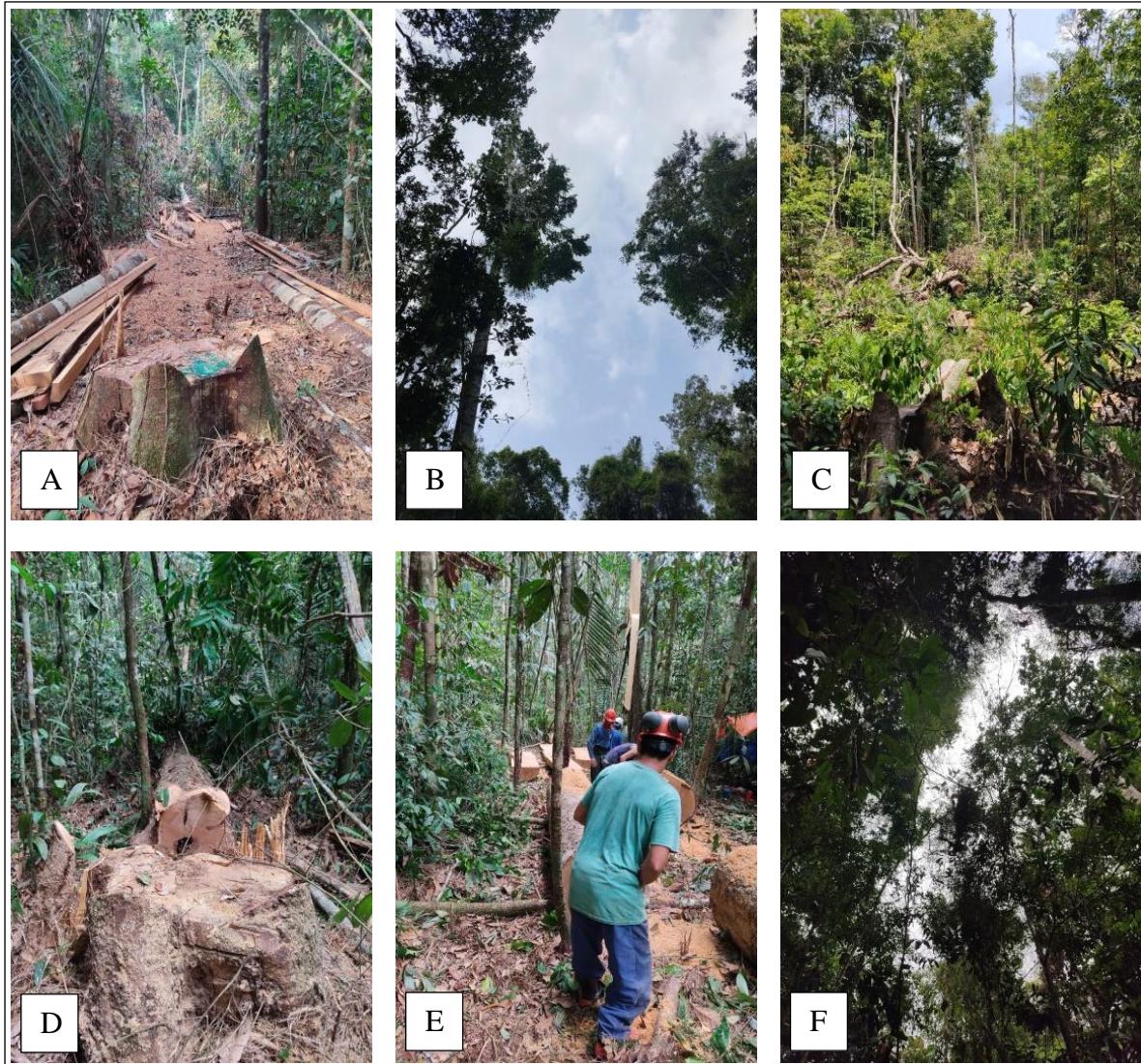
Figura 24 - A - Clareiras mapeadas na UPA 2 sobre o ortomosaico obtido em 06/2020; B – mesmas clareiras sobre ortomosaico de 08/2022; C – MDS obtido em 06/2020; e D – MDS obtido em 08/2022. Fonte: autor



Em solo observou-se que as clareiras abertas representam impactos pontuais e temporários na cobertura florestal das UPAs, já que o efeito provocado pela queda das árvores aumenta a entrada de luz e com isso estimula o desenvolvimento das plantas regenerantes do banco de plântulas e sementes do sub-bosque. A figura 25 apresenta aspectos das clareiras vistas em solo, no momento pós desdobro das árvores e após 1 ano em processo de regeneração natural

Resultados semelhantes foram observados por Carvalho et al (2017) que, ao analisarem a dinâmica da regeneração de árvores em resposta aos distúrbios do dossel e do solo causados pela extração seletiva de madeira na Floresta Estadual do Antimary, verificaram que um ano após a extração não houve diferenças na densidade de regeneração entre os habitats estudados e a área não explorada. Oito anos após a extração, as distribuições de classe de tamanho da regeneração de árvores em todos os tipos de habitat se assemelhavam àquelas em áreas não exploradas, e as densidades eram menores apenas nas clareiras da copa.

Figura 25. A - Exemplo de clareira após o desdobro da árvore; B - Vista da abertura causada no dossel; C- Clareira após 1 ano; D – vista de árvore recém abatida; E – Árvore sendo desdobrada; e F - Abertura reduzida provocada no dossel. Fotos: Pedro Adnet.



5.4 Síntese final

A Tabela 3 apresenta um quadro síntese com as principais atividades operacionais envolvidas no MFC-VCM, destacando as vantagens e desvantagens do uso dos VANTs e *smartphones* em comparação aos métodos tradicionais utilizados no projeto até 2018. De maneira geral, observam-se ganhos relacionados a qualidade e capacidade de coleta dos dados, a facilidade na navegação na floresta e a capacidade de análise do terreno e da floresta nas UPAs, que representam importantes componentes envolvidos com as tomadas de decisão e com a rastreabilidade das atividades de manejo florestal.

Tabela 3. Síntese das atividades, da evolução metodológica e das vantagens e desvantagens dos métodos convencionais e associadas à aplicação dos VANTs e *smartphones* no Manejo Florestal Comunitário da Vila Céu do Mapiá. Fonte: autor

Atividades	Método Convencional - até 2018	Vantagens/desvantagens	Modeflora - após 2018	Vantagens/desvantagens
Mapeamento das árvores	Feito a partir de estimativas com sistema cartesiano de falsas coordenadas “x, y”.	Independe de sinal de GPS / Maiores custos e erros no mapeamento; maior dificuldade para localizar as árvores no momento do abate.	Feito de forma direta com GPS Garmin 76 csx map e posteriormente com <i>app SW maps</i> .	Agilidade em campo; integração com as demais informações dendrométricas / Possibilidade de ocorrência de erros grosseiros no georreferenciamento em casos de desatenção do operador; possibilidade de ausência de sinal de GPS.
Demarcação das UPAs e unidades de trabalho	Delimitada de forma física, com abertura de trilhas.	Referência física garante localização sem GPS / Maiores custos devido a necessidade de abrir trilhas a cada 25m.	Não é essencial, mas é realizada a abertura de trilhas de referência.	Maior segurança da equipe no inventário florestal; possibilidade de abertura de menor quantidade de trilhas.
Anotação das informações da cadeia de custódia	Feita em planilhas em papel.	Informação não associada a <i>bugs</i> digitais e a dispositivos que dependem de bateria / maiores custos devido a necessidade de digitação posterior; maior probabilidade de erros devido a caligrafia do anotador e a erros de digitação.	Feita no <i>smartphone</i> com os <i>apps Microsoft excel e SW Maps</i>	Maior qualidade no registro das informações; maior agilidade na transferência e análise das informações; menores custos / riscos de perda de dados por <i>bugs</i> , necessidade de <i>backups</i> constantes para evitar a perda dos dados coletados.
Registros fotográficos	Obtidos com câmeras fotográficas convencionais.	Quando profissionais possuem elevada qualidade/ pior mobilidade, ferramenta de mais complexa manipulação.	Obtidos com <i>smartphone</i> .	Maior mobilidade; ferramenta de fácil manipulação; menor custo; ferramenta amplamente disponível.

Continua...

Atividades	Método Convencional até 2018	Vantagens/desvantagens	Mapiá Florestal/Modeflora após 2018	Vantagens/desvantagens
Registros fotográficos aéreos	Obtidos por meio de sobrevoos com helicóptero ou avião.	Capacidade de percorrer áreas de grandes dimensões / Maiores custos.	Obtidos com VANTS.	Menores custos; facilidade na operação; possibilidade de obter fotografias ilustrativas e de mapeamento em diversos momentos ao longo da operação florestal.
Mapas de planejamento	Elaborados por meio de ferramentas de cartografia clássica, sensoriamento remoto e SIGs, utilizando bases disponíveis ou adquiridas como SRTM, ALOS, LANDSAT etc.	Possibilidade de realizar análises de grandes áreas / Escalas de mapeamento nem sempre adequadas para a realidade operacional.	Elaborados utilizando ferramentas SIG, GPS, VANT	Escalas de mapeamento adequadas a realidade operacional; / necessidade de computadores com grande capacidade de processamento e de capacitação da equipe.
Navegação em campo	Realizada utilizando a referência das trilhas abertas, com apoio de mapas impressos e GPS	Referência física em campo que garante localização no caso da ausência de equipamentos GPS/ dificuldade para navegar em áreas sem trilhas previamente abertas; com o tempo as trilhas se fecham e as referências são perdidas.	Realizada com uso dos <i>smartphones</i> , com <i>apps</i> <i>Avenza Maps</i> e <i>SW Maps</i> , sobre ortomosaicos e modelos digitais de alta resolução.	Navegação em toda a área, mesmo sem a presença de trilhas; navegação sobre bases cartográficas pré-existentes / risco de ficar sem bateria ou de perder o equipamento e então ter dificuldade para se localizar.

Continua...

Atividades	Método Convencional até 2018	Vantagens/desvantagens	Mapiá Florestal/Modeflora após 2018	Vantagens/desvantagens
Monitoramento da cobertura florestal (clareiras provocadas pelo abate das árvores)	Realizada por meio da medição direta em campo das clareiras.	Elevado esforço e custo.	Realizado de forma remota com uso dos aerolevantamentos com VANT.	Possibilidade de monitoramento de forma ágil; demonstração visual dos impactos reduzidos sobre a cobertura florestal; apelo de marketing e confiabilidade ligados à certificação florestal.
Cadeia de custódia dos produtos	Baseada apenas na emissão de DOFs.	Produção com reduzida capacidade de rastreabilidade, ligada apenas à UPA e com pouco apelo comunicativo.	Além do DOF, cadeia de custódia associada ao indivíduo, de forma ilustrada e georreferenciada.	Produção vinculada à árvore de origem, georreferenciada e ilustrada em diversos momentos do processo, inclusive com o acompanhamento temporal das clareiras provocadas pelo abate.
Consulta a livros e matérias de apoio (identificação botânica, mapas, relatórios e documentos em geral)	Realizada apenas com materiais impressos	Restrição de uso nas condições amazônicas; limitação de uso na floresta.	Realizada com documentos disponíveis em campo nos <i>smartphones</i> .	Acesso em campo à arquivos digitais com materiais de referência para auxílio nas identificações botânicas, mapas e documentos em geral; havendo internet na área de trabalho o potencial de consulta a herbários digitais, etc é útil aos manejadores.

6. CONCLUSÕES

As experiências com as aplicações dos VANTs, *smartphones* e seus *apps* no MFC-VCM demonstram que essas ferramentas podem contribuir de forma efetiva para a coleta de dados que subsidiam as tomadas de decisão em todas as etapas da cadeia produtiva do manejo florestal.

Os ortomosaicos e MDSs gerados pelo VANT auxiliam no microplanejamento das UPAs ao proporcionarem a capacidade de avaliações com alto nível de detalhe do relevo, da hidrografia e do dossel da floresta. Potencializam a navegação na floresta durante as atividades em geral e permitem o monitoramento das clareiras, podendo contribuir de forma efetiva em processos de auditoria e fiscalização por parte de órgãos de governo e certificadoras.

São diversos os aplicativos de *smartphone* com potencial para utilização nas atividades. Destacam-se o *SW maps*, que integra a navegação, o georreferenciamento e a coleta de dados no manejo florestal e o *Avenza maps*, que possibilita a navegação utilizando como base de entrada os modelos gerados pelos VANTs.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os VANTs e os *smartphones* são ferramentas cada vez mais difundidas e aplicadas em muitas cadeias produtivas, sendo a cada dia mais acessíveis e competitivas no mercado. Exemplo disso é a realidade do MFC-VCM, em que nas primeiras explorações florestais, em 2018 e 2019, apenas os Engenheiros Florestais possuíam *smartphones* e atualmente são raros os manejadores que não os possuem.

Como pontos de atenção relacionados ao uso do *app SW Maps* destacam-se: a necessidade de atenção do operador no momento do registro dos pontos com o GPS, de forma a observar se a localização foi atualizada após o caminhamento entre um local e outro; a necessidade de constantes *backups* dos arquivos, já que os registros audiovisuais fazem com o que o tamanho dos arquivos não seja suportado pelo *app*; a atenção para não incluir nas anotações caracteres especiais, tais como acentos e cedilhas, pois causam erros na exportação dos dados.

Outros potenciais de aplicação dessas ferramentas precisam ser desenvolvidos para contribuir com outros desafios do Manejo Florestal na Amazônia, como por exemplo na mensuração das alturas comerciais, na identificação botânica das árvores, dentre outras. Faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que avaliem a precisão do georreferenciamento dos

dados sob o denso dossel florestal amazônico, com diferentes sensores GPS, de diferentes modelos de *smartphone*.

Além das aplicações operacionais, destaca-se também possibilidades ligadas às ações de comunicação dos empreendimentos com a sociedade. O registro e divulgação de fotografias aéreas e das atividades em geral pode contribuir para a conexão dos clientes com a origem dos produtos florestais e, dessa forma, para o sucesso dos empreendimentos florestais amazônicos, especialmente com a valorização dos produtos.

Em constante evolução, na exploração florestal da UPA 5 em 2023 serão realizados os primeiros testes utilizando um LiDAR disponível no *smartphone Iphone 14 pro*, marcando o início de uma nova era nos processos de mensuração de DAPs e na cubagem de toras e resíduos florestais.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTURK E.; ALTUNEL, A. O. Accuracy evaluation of a low-cost UAV-derived Digital Elevation Model (DEM) in highly rugged and overgrown terrain. *Measurement Volume* 136, março 2019.

ALBUQUERQUE, R. W., VIEIRA, D. L. M., FERREIRA, M. E., SOARES, L. P., OLSEN, S. I., ARAUJO, L. S., VICENTE, L. E., TYMUS, J. R. C., BALIEIRO, C. P., MATSUMOTO, M. H., GROHMANN C. H. Mapping Key Indicators of Forest Restoration in the Amazon Using a Low-Cost Drone and Artificial Intelligence. *Remote Sens*, 2022.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMAZONAS, Boletim informativo perfil socioeconômico do município de Pauíni - AM – Secretaria de estado de assistência social. Manaus, 2021.

BRANDÃO, P. C. Diagnóstico Geoambiental e Planejamento do Uso do Espaço na FLONA do Purus, Amazônia Ocidental: um subsídio ao plano de manejo. Mestrado (Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, 2005.

BRANDÃO, P. C. Sustentabilidade da Produção Madeireira e Potencial para geração de energia em Manejo Florestal Comunitário, Flona do Purus, Amazônia Ocidental. Doutorado (Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil 2009.

BRANDÃO, P. C. Plano de Manejo Florestal Sustentável de Baixa Intensidade da Floresta Nacional do Purus, AM, Brasil. Pauini, 2010.

BRANDÃO, P. C., SOUZA, A. L., QUINET, A., MENDONÇA, B. A. F., Caracterização estrutural e potencial florestal para o manejo comunitário da Floresta Nacional do Purus, Amazônia Ocidental. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 944-957, out./dez. 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 19 Rio Branco: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso do Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1976. v.12 464p.

BRASIL. Decreto Federal 5.975, de 30 de novembro de 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/IBA-MA. Instrução Normativa 05, de 11 de dezembro de 2006. Dispõe sobre procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável-PM FS nas florestas primitivas e suas formas de sucessão na Amazônia Legal, e dá outras providências.

BRAZ, M. E.; FIGUEIREDO, E. O.; D'OLIVEIRA, M. V. N.; PASSOS, C. A. M. Manejo Florestal de precisão: modelo digital de exploração e manejo de florestas naturais. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007.

CARVALHO A. L.; D'OLIVEIRA, M. V. N; PUTZ, F. E.; OLIVEIRA, L. C; Natural regeneration of trees in a selectively logged forest in western Amazonia. Forest and Ecology Management Volume 392, May 15, 2017.

CAVALCANTI, F. J. B. Metodologia e sistema computacional para uso múltiplo e integrado de florestas tropicais da Amazônia. Tese Doutorado (Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2007.

CIRAQUI, R.A. Uso de aeronaves remotamente pilotadas na estimativa de valor potencial de exploração sustentável de populações de Euterpe edulis. Dissertação de Mestrado, Botucatu, 2022.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Plano Operacional Anual (POA), Unidade de Produção Anual 1 Vila Céu do Mapiá, FLONA do Purus, Pauini-AM. Pauini, 2018.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Plano Operacional Anual (POA), Unidade de Produção Anual 2 Vila Céu do Mapiá, FLONA do Purus, Pauini-AM. Pauini, 2019.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Plano Operacional Anual (POA), Unidade de Produção Anual 3 Vila Céu do Mapiá, FLONA do Purus, Pauini-AM. Pauini, 2020.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Mapiá Florestal, Resumo público. Vila Céu do Mapiá, FLONA do Purus, Pauini-AM. Pauini, 2020.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Plano Operacional Anual (POA), Unidade de Produção Anual 4 Vila Céu do Mapiá, FLONA do Purus, Pauini-AM. Pauini, 2021.

COOPERAR – Cooperativa Agroextrativista do Mapiá e Médio Purus. Relatório de Gestão do Programa Mapiá Florestal, FLONA do Purus, Pauini, 2022.

CURTO, R. A.; PINTO, M. F.; WINK. C.; ARAÚJO, E. J. G.; Aplicativos e smartphones para mensuração da altura de árvores em plantio florestal. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v. 42, e202002113, p. 1-12, 2022.

EISENBEISS, H. A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition. In: International Workshop on Processing and Visualization Using High Resolution Imagery, Pitsanulok. Thailand, 2004.

FENERICK, G, M, P. A utilização de smartphones no acesso à informação científica por jovens estudantes: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, UNESP, São Carlos, 2017.

FERREIRA, D. R. Validação do modelo digital de exploração florestal (Modeflora) na fase pré-exploratória em florestas manejadas no amazonas. Dissertação de Mestrado, UFAM, Manaus, 2012.

FERREIRA, A. M. R. Avaliação de Câmara de Pequeno Formato Transportada por 78 Veículo Aéreo não Tripulado – VANT, para Uso em Aerolevantamentos. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2014.

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: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. Anais do XVI SBSR, 2013.

FERSTER, C. COOPS, N. C. Assessing the quality of forest fuel loading data collected using public participation methods and smartphones. International Journal of Wildland Fire 23(4) 585-590, 2014.

FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; D'OLIVEIRA, M. V. N. Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007.

FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal. Embrapa, 2008.

FIGUEIREDO, E. O.; MOURA, D. C. S; FIGUEIREDO, S. M. M.; PAPA, D. A. Modelagem da hidrografia em planos de manejo e critérios para definição de árvores em APP pelo Modelflora. Circular técnica 50. Embrapa Acre, Rio Branco, 2009.

FIGUEIREDO, E. O., HALK, T. M., PAPA, D. A., CUNHA, R. M., CASSOL, H. L. G. Procedimentos Metodológicos Utilizados na Compilação de Dados do Modelflora para Construção de Mapas Dinâmicos no Cartão MicroSD para Uso no GPS. Circular Técnica. Embrapa Acre, Rio Branco, 2010.

FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; d'OLIVEIRA, M. V. N. Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco: Embrapa Acre, 2017.

FIGUEIREDO, O. E., Manejo Florestal 4.0 – passos para emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas (drones) no planejamento florestal em nativas – Rio Branco, AC : Embrapa Acre, 2020.

FRITZ, A.; KATTENBORN, T.; KOCH, B. UAV-based photogrammetric point clouds-tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2013.

GETZIN, S. et al. Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmanned aerial vehicles. Methods in Ecology and Evolution, 3(2): 397-404, 2012.

GETZIN, S. et al. Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) to quantify spatial gap patterns in forests. Remote Sensing, 2014.

HIGUCHI, N. Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas. Acta Amazônica. Manaus, AM, Brasil, 1994.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo da Floresta Nacional do Purus. Brasília: ICMBio, 2009.

IFT, Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido em Florestas Naturais de Produção da Amazônia. Informativo Técnico IFT 1. Belém, Para, 2015.

JARVIS A., H.I. REUTER, A. NELSON, E. GUEVARA, 2008, SRTM Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT).

JOHNS J. S., BARRETO P., UHL CHRISTOPHER Damage caused by logging during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon Forest Ecology and Management Volume 89, issues 1–3, 1996.

JUNIOR, C. F. D., BERTOLINI, C., BALBINOT R., SILVEIRA, S. R., Measure: sistema de coleta de informações para inventário florestal. Revista TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 1, 2020.

KAZAMA, V. S; CORTE, A. P. D; ROBERT, R. C. G; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; NASCIMENT, K. A. O; DEARMOND D. Global review on forest road optimization planning: Support for sustainable forest management in the Amazon. Forest Ecology and Management, Volume 492, 2021.

KENNEDY, R., MCLEMAN, R., SAWADA, M., SMIGIELSKI, J. Use of Smartphone Technology for Small-Scale Silviculture: A Test of Low-Cost Technology in Eastern Ontario. Small-scale Forestry volume 13, 2014.

LONGHITANO, G. A. VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARZULLI, M. I., RAUMONEN P., GRECO R., PERSIA M., TARTARINO P. Estimating tree stem diameters and volume from smartphone photogrammetric point clouds. Forestry, 2020.

MOHAD, B. T., O uso do smartphone nas atividades acadêmicas: a percepção dos discentes das ciências sociais aplicadas de uma universidade federal. Dissertação de mestrado, FURG, Rio Grande, RS, 2018.

MOHAN, M., SILVA, C., KLAUBERG, C., JAT, P., CATTS, G., CARDIL, A., HUDAK, A., DIA, M. Individual Tree Detection from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Mixed Conifer Forest. Forests, 2017.

MORAES, J. T. Aplicação de geotecnologias em manejo florestal comunitário. Dissertação de mestrado. UFRA, Belem, 2022.

NASA JPL (2013). NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center. Accessed 2023-08-10 from <https://doi.org/10.5067/MEASUREs/SRTM/SRTMGL1.003>

NIKOLAKIS, W., JOHN, L., KRISHNAN, H., How *Blockchain* Can Shape Sustainable Global Value Chains: An Evidence, Verifiability, and Enforceability (EVE) Framework. Sustainability, 2018.

NITOSLAWSKI, S. A., WONG-STEVENS, K., STEENBERG, J. W. N., WITHERSPOON, K., NESBITT, L., KONIJNENDIJK VAN DEN BOSCH, C. C. The Digital Forest: Mapping a Decade of Knowledge on Technological Applications for Forest Ecosystems. Earth's Future, 2021.

NOBRE I, NOBRE C.; Projeto “Amazônia 4.0”: Definindo uma Terceira Via para a Amazônia. Fundação FHC, 2019.

PAPA, D.; FIGUEIREDO, E. O.; Modelflora: modelo digital de exploração florestal. Folder Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2011.

PAPA, D. Impacto do Manejo de Precisão em florestas tropicais. Mestrado (Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, Brasil, 2018.

PIONTEKOWSKI, V. J.; SILVA, S. S.; PINHEIRO, T. S.; COSTA, F. C.; MENDOZA, E. R. H.; O avanço do desflorestamento no município de Boca do Acre, Amazonas: estudo de caso ao longo da BR-317. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011.

RORIZ, P. A. C.; Como o novo código florestal (lei n° 12.651/2012) afeta o desmatamento no município de Boca do Acre-AM. Dissertação de Mestrado (Ciências florestais). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônica, Manaus, 2013.

SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; ZWEEDE, J.; PEREIRA JÚNIOR, R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000.

SANDIM A., AMARO, M., SILVA, M. E., CUNHA, J., MORAIS, S., MARQUES, A., FERREIRA A., LOUSADA, J. L, FONSECA. T. New Technologies for Expedited Forest Inventory Using Smartphone Applications. *Forests*, 2023.

SILVA, J. N. M. Manejo florestal. Livro. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. - 2.ed. - Brasília: Embrapa-SPI, 1996.

SOBRINHO, M. F. O, CORTE, A. P. D; VASCONCELLOS, B, N; SANQUETTA, C, R; REX, F. E. Uso de VANT para mensuração de processos florestais. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15, 2018.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: Editora UFV, 2013.

TOMAŠTÍK J., TOMAŠTÍK., J., SALON, S., PIROH R., Horizontal accuracy and applicability of smartphone GNSS positioning in forests. *Forestry*, 2017.

VASTARANTA, M., LATORRE, E. G., LUOMA V., SAARINEN N., HOLOPAINEN, M., HYYPÄÄ, J. Evaluation of a Smartphone App for Forest Sample Plot Measurements. *Forests*, 2015.

VERAS, H. F. P; FERREIRA, M, P; NETO, E. M. C; FIGUEIREDO, R. O; CORTE, A. P, D; SANQUETTA, C. R. Fusing multi-season UAS images with convolutional neural networks to map tree species in Amazonian forests. *Ecological Informatics*, 2022.

VERAS, H. F. P., NETO, E. M. C., BRASIL, I, D, S., MADI, J. P., ARAUJO, E. C. G., CAMANO, J. D. Z., FIGUEIREDO, E. O., PAPA, D. A., FERREIRA, M. P., CORTE, A. P. D, SANQUETTA, C. R. Estimating tree volume based on crown mapping by UAV pictures in the Amazon Forest. *Scientific Electronic Archives*, 2023.

WALLACE, L.; LUCIEER, A.; MALENOVSKÝ, Z.; TURNER, D.; VOPĚNKA, P. Assessment of Forest Structure Using Two UAV Techniques: A Comparison of Airborne Laser Scanning and Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Forests*, 2016.

WATTS, A. C.; PERRY, J. H.; SMITH, S. E.; BURGESS, M. A.; WILKINSON, B. E.; SZANTOI, Z.; IFJU, P. G.; FRANKLIN PERCIVAL, H. Small Unmanned Aircraft Systems for Low-Altitude Aerial Surveys. *Journal of Wildlife Management*, v.74, 2010.

WINK, C.; LIMA, S. B.; CURTO, R. A.; ARAÚJO, E. J. G.; Celulares, aplicativos e operadores na mensuração florestal. *Biofix Scientific Jornal*. v. 7 n. 1 p. 46-52, 2022.