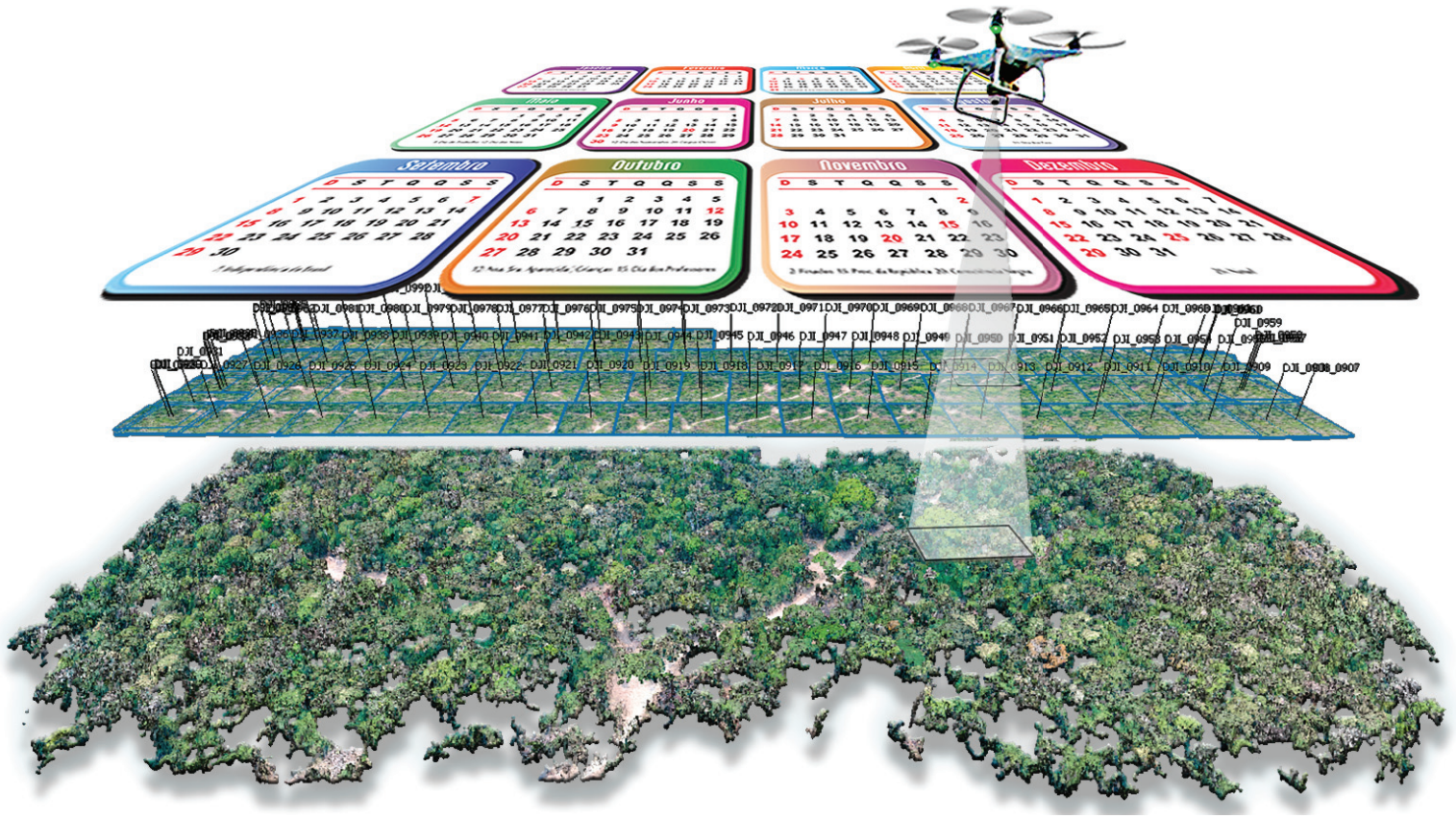
ISSN 0104-9046
Dezembro/2018

DOCUMENTOS

155

Manejo Florestal 4.0: Calendário Preliminar de Inventário Florestal com Aeronaves Remotamente Pilotadas



Embrapa

ISSN 0104-9046
Dezembro/2018

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

DOCUMENTOS 155

Manejo Florestal 4.0: Calendário Preliminar de Inventário Florestal com Aeronaves Remotamente Pilotadas

Evandro Orfanó Figueiredo
Symone Maria de Melo Figueiredo
Marcus Vinício Neves d'Oliveira
Erica Kerolaine Mendonça dos Santos

Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre
Rodovia BR 364, km 14,
sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321, CEP 69900-970 Rio Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200, Fax: (68) 3212-3285
http://www.embrapa.br
https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Acre

Presidente
Elias Melo de Miranda

Secretária-Executiva
Claudia Carvalho Sena

Membros
Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luis Bergo, Evandro Orfanó Figueiredo, Rivadalve Coelho Gonçalves, Rodrigo Souza Santos, Romeu de Carvalho Andrade Neto, Tadário Kamel de Oliveira, Tatiana de Campos, Virgínia de Souza Álvares

Supervisão editorial e revisão de texto
Claudia Carvalho Sena, Suely Moreira de Melo

Normalização bibliográfica
Renata do Carmo França Seabra

Editoração eletrônica e tratamento das ilustrações
Francisco Carlos da Rocha Gomes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Ilustração da capa
Daniel de Almeida Papa

1ª edição
1ª impressão (2018): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Acre

Manejo florestal 4.0: calendário preliminar de inventário florestal com aeronaves remotamente pilotadas / por Evandro Orfanó Figueiredo ... [et al]. – Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2018.

56 p. : il. color. – (Documentos / Embrapa Acre, ISSN 0104-9046; 155).

1. Manejo florestal. 2. Inventário florestal. 3. Geotecnologia. 4. Aeronave remotamente pilotada (RPA). 4. Figueiredo, Evandro Orfanó. I. Embrapa Acre. II. Série.

634.92

Renata do Carmo França Seabra (CRB-11/1044) © Embrapa, 2018

Autores

Evandro Orfanó Figueiredo

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Manejo Florestal, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Symone Maria de Melo Figueiredo

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Ciências de Florestas Tropicais, professora da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC

Marcus Vinício Neves d'Oliveira

Engenheiro florestal, Ph.D. em Manejo Florestal, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC

Erica Kerolaine Mendonça dos Santos

Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC

Apresentação

Com o advento das geotecnologias, as atividades agropecuárias e florestais passam por uma importante transformação, com a integração de sistemas automatizados de diagnósticos ambientais acoplados em tratores, pulverizadores, colhedeiras e, por último, em aeronaves remotamente pilotadas – RPAs (também conhecidas como drones).

Com o processo de automação, muitos trabalhos de campo, que no passado eram praticamente inviabilizados ou demandariam muitos dias de esforço técnico, podem ser obtidos em poucos minutos, a exemplo dos diagnósticos de pragas, doenças, estresse hídrico e deficiências nutricionais em grandes extensões de lavoura.

Essa evolução da automação do emprego de drones também é uma realidade no manejo de precisão em florestas tropicais. A Embrapa Acre e a Embrapa Florestas inovaram em 2007, quando apresentaram ao setor produtivo a metodologia Modeflora, cujo objetivo é o planejamento da exploração de florestas tropicais, empregando geoprocessamento, até então só visto nas culturas agrícolas mais tecnificadas.

Agora, a Embrapa Acre propõe um novo paradigma, ao apresentar a primeira versão de um calendário de inventário florestal a partir de imagens coletadas em alta resolução com o uso de drones. Os resultados contribuem para um significativo avanço no planejamento, licenciamento e monitoramento das florestas na Amazônia.

Eufran Ferreira do Amaral

Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução....9

Área de estudo....11

Inventário censitário de precisão....12

Base de dados das árvores dominantes....12

Aeronave remotamente pilotada utilizada....13

Coleta e processamento de dados por fotogrametria com aeronaves remotamente pilotadas....15

Identificação e geolocalização automatizada das árvores dominantes....19

Caracterização das copas das árvores....21

Caracterização das espécies florestais a partir da ortofoto....26

Calendário preliminar para realização do inventário florestal e considerações finais....44

Referências....52

Introdução

A época em que a “roça” era sinônimo de local atrasado tecnologicamente faz parte de um passado distante. A cada dia se fazem mais presente no campo as tecnologias que envolvem a fertilização, plantio e colheita de precisão com inclusão de máquinas agrícolas robotizadas e guiadas por computadores, sensores de presença e GNSS (Global Navigation Satellite System).

Muitos são os aplicativos de smartphones e tablets que permitem o monitoramento de rebanhos e dos meios de produção de carne e leite, denominados agora pelo sugestivo *nickname* de “Internet das Vacas” (Barbieri, 2017).

A multiplicidade de opções para a inovação na gestão das atividades rurais faz com que a adoção de novas tecnologias tenha que contemplar as especificidades de cada cliente. Assim, é necessária uma alternativa customizada para atender os interesses específicos da propriedade rural, de maneira a otimizar a rotina operacional, sem que haja perda de identidade, usando para isso forte conteúdo digital e conectividade.

Um bom exemplo são os aplicativos/ferramentas que possibilitam a gestão de várias fazendas ou atividades produtivas e, concomitantemente, podem monitorar a frota de máquinas agrícolas em tempo real, além de contemplar parte da gestão financeira, por meio do fluxo de caixa digitalizado, ou seja, hoje o produto de inovação deve gerar muitos benefícios em um só instrumento.

Importantes aliadas nessa nova era da agropecuária de grande teor digital, denominada de “Agricultura 4.0”, são as aeronaves remotamente pilotadas (RPAs) ou mais conhecidas popularmente como drones. As RPAs podem ser utilizadas: a) para pulverização agrícola de precisão, de modo a aplicar a menor quantidade de defensivo e direcionado apenas aos locais realmente necessários; b) na semeadura direta de espécies florestais em sítios de difícil acesso; c) na identificação de locais de estresse fisiológico de culturas agrícolas ou florestais, por meio de câmeras com sensores infravermelhos; d) no mapeamento de precisão da propriedade por meio da construção de ortofotos, modelos digitais de superfície (MDS), modelos digitais do terreno (MDT); e) no perfilamento com LiDAR (Light Detection and Ranging) da propriedade rural, dentre muitas outras aplicações que podem ser consideradas.

O mapeamento da propriedade rural por meio de diversos sensores passivos é atualmente a principal aplicação dos drones na agropecuária. Esse mapeamento de alta resolução é o principal elemento que subsidia a implantação de uma agropecuária de precisão e agora a nova “Agricultura 4.0”.

Nesse contexto, o manejo de precisão de florestais tropicais na Amazônia também acompanha a nova geração tecnológica, contemplando para isso os inventários florestais semiautônomos a partir de RPAs, GNSS de alta precisão e uso de algoritmos para segmentação e geolocalização automática de árvores codominantes e dominantes. Essa nova forma de fazer inventário e conhecer detalhadamente a floresta em uma perspectiva aérea irá se agregar aos procedimentos já recomendados pelo Modeflora (Figueiredo et al., 2007), constituindo uma nova fase do planejamento, denominada a partir de agora de “Manejo Florestal 4.0”.

Este primeiro trabalho de inventário florestal com as RPAs não pretende esgotar o assunto sobre o tema, mas apenas demarcar os procedimentos iniciais para essa etapa do planejamento florestal, considerada fundamental para o sucesso da atividade, em que foram contempladas as árvores codominantes e dominantes, acima de 50 cm de $DAP_{1,3\ m}$ (diâmetro à altura do peito a 1,3 metro).

Para isso, o objetivo deste trabalho foi propor um calendário preliminar de inventário florestal com uso de RPAs de classe 3, seguindo normas da Agência Nacional de Aviação Civil (2016). É denominado preliminar porque o estudo foi realizado em uma única tipologia florestal e durante apenas 12 meses. Nos próximos anos esse trabalho deverá ampliar sua área de estudo para distintas tipologias florestais e ao longo de vários anos, de modo a registrar os efeitos das oscilações climáticas anuais no comportamento das fenofases das espécies florestais de interesse.

Anos mais chuvosos e/ou mais secos interferem na antecipação ou postergação das fenofases e podem influenciar na obtenção de um calendário distinto dos resultados alcançados até então. Por isso, como mencionado anteriormente, o calendário é preliminar, mas o procedimento de inventário em florestais tropicais com drones é inovador. Estabelece-se um padrão a ser aperfeiçoado com a ampliação dos estudos, posicionando tecnologicamente o manejo florestal de precisão na Amazônia.

A concepção inicial do inventário florestal com as RPAs é a delimitação automatizada das copas das árvores codominantes e dominantes e a definição de coordenada geográfica do ponto centroide da copa. O mapeamento da cobertura florestal a partir de ortofotos de alta resolução (menor que 7 cm) será uma etapa que deverá preceder a entrada da equipe de inventário em campo. Dessa maneira, a equipe iniciará seus trabalhos com a geolocalização precisa de todas as árvores dominantes, facilitando significativamente a busca por espécies de interesse na floresta.

Um dos principais gargalos tecnológicos da operação de inventário em florestas tropicais nativas é a localização das árvores de interesse comercial madeireiro e não madeireiro.

Em muitas oportunidades a equipe de inventário acaba negligenciando a procura dos indivíduos de interesse no interior da floresta, em virtude das dificuldades inerentes da atividade, a exemplo da transposição de cursos hídricos e grande ocorrência de cipós e bambus que atrapalham a visualização das árvores. Além disso, as condições severas de trabalho, em decorrência das altas temperaturas e elevada umidade do ar, como na Amazônia, contribuem precocemente para a fadiga física dos trabalhadores florestais.

Para as espécies florestais de interesse madeireiro, o mapeamento das árvores com as RPAs é relativamente mais simples, tendo em vista que o seu universo amostral está definido a partir das árvores de espécies comerciais com $DAP_{1,3\,m}$ igual ou superior a 50 cm. As árvores com esse diâmetro, nas florestas da Amazônia, já alcançaram o dossel superior e podem ser facilmente visualizadas pelas imagens obtidas com as RPAs.

Já o grupo das espécies florestais não madeireiras, que contemplam uma maior amplitude de formas de vidas vegetais, é de mapeamento mais complexo, a exemplo das palmeiras, cipós, arbustos, bambus e árvores produtoras de frutos sob o dossel. Nesse caso, a geolocalização a partir das RPAs somente será possível para as palmeiras e árvores que alcançaram o dossel.

Para algumas espécies florestais será possível geolocalizar a copa codominante e dominante, além de propor uma primeira aproximação de identificação de forma automática, a partir do treinamento de um algoritmo de segmentação e classificação de imagens, já disponíveis em software de sensoriamento remoto. Esse procedimento não descarta a identificação botânica feita pelo parabotânico em campo e a necessidade de coleta de material reprodutivo para identificação em herbário, pois consiste apenas em uma primeira aproximação de identificação.

Área de estudo

Os estudos foram realizados durante 12 meses consecutivos, com voos a cada 30 dias, na Reserva Florestal da Embrapa Acre, no município de Rio Branco no estado do Acre (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização do experimento para proposição de um calendário de inventário florestal com RPAs, Rio Branco, Acre, 2018.

A Reserva Florestal da Embrapa Acre faz parte de um fragmento florestal, próximo à cidade de Rio Branco, cuja área total é de aproximadamente 1.600 hectares. No entanto, a área de estudo contempla apenas 170 hectares de floresta primária no formato de um retângulo de 800 x 2.125 metros. Na vegetação local há predominância de floresta densa com pequenas faciações de floresta aberta com palmeiras e bambus, com localização central registrada na coordenada UTM/WGS84 (Universal Transversa de Mercator/World Geodetic System) 19L 643951E e 8890451 N.

Cortando a área de norte a sul, há vários pequenos canais de drenagem de duas microbacias, a do Igarapé da Colônia (5.750 m) e a do Igarapé Forquilha (6.230 m), estimando-se uma Área de Preservação Permanente (APP) de 71,88 hectares. Essa estimativa de extensão dos canais e APP foi feita por interpretação dos pulsos LiDAR que alcançaram o solo e perfilaram as calhas dos referidos canais. O perfilamento com LiDAR aerotransportado foi realizado 24 meses antes do início dos trabalhos com as RPAs.

A partir de um levantamento detalhado dos solos da área de estudo, com áreas mapeáveis menor que 1,6 hectare[1], foram identificadas as seguintes classes de solos em 212,5 hectares da reserva florestal: Plintossolo Háplico (33%), Gleissolo Háplico (13%), Latossolo Vermelho (7%), Argissolo Vermelho-Amarelo (30%) e Argissolo Vermelho (17%).

Inventário censitário de precisão

Para subsidiar os estudos, foi realizado antecipadamente um inventário censitário de todas as árvores de espécies comerciais e não comerciais com $DAP_{1,3\ m}$ igual ou superior a 50 cm. Para o registro e localização das árvores foram consideradas as recomendações da metodologia de planejamento florestal Modeflora (Figueiredo et al., 2007).

Ao todo foram percorridos pela equipe de inventário 42 km de picadas virtuais, as quais foram inseridas em um GPS de navegação com antena de alta sensibilidade, por meio de um mapa dinâmico.

Para cada árvore inventariada foi apropriada uma coordenada geográfica e, posteriormente, fixada uma placa de alumínio com uma numeração sequencial de 1 a “n”, além dos registros de espécie (nome popular), circunferência à altura do peito a 1,3 metro ($CAP_{1,3\ m}$), altura comercial da árvore (m) e qualidade do fuste (1 – reto, 2 – levemente torto e 3 – tortuoso, quebrado ou ocado).

Na identificação da espécie florestal (nome popular) foram considerados os conhecimentos de um parabotânico com larga experiência regional. Por se tratar de uma floresta bastante estudada por distintos projetos de pesquisa da Embrapa Acre, já existe material botânico coletado e depositado em diversos herbários, o que auxilia o trabalho de identificação em campo.

Foram inventariadas 2.162 árvores (12,71 árvores/ha), das quais 1.969 (11,58 árvores/ha) têm altura total acima de 15 metros e alcançaram o dossel superior, sendo, portanto, possível localizá-las pelas imagens aéreas das RPAs.

Essa base de dados do inventário florestal serviu como parâmetro inicial de identificação das espécies e da geolocalização, sendo muito útil como a primeira verdade de campo para o ajuste da metodologia, além de possibilitar a formação de um conjunto de dados de variáveis dependentes visando ao futuro desenvolvimento de modelos de regressão para a estimativa da área basal e $DAP_{1,3\ m}$.

Base de dados das árvores dominantes

As árvores dominantes são aqueles indivíduos na floresta que alcançam o dossel superior, ou seja, as árvores mais altas. E por atingirem o dossel superior apresentam uma excelente condição de recebimento de luz e baixa competição por esse recurso, portanto, alcançam os maiores diâmetros e acumulam o maior estoque de madeira ou biomassa.

As árvores dominantes de um sistema florestal também representam a capacidade local de produção de madeira, levando ao conceito de sítio florestal (Cassol, 1982; Schneider; Schneider, 2008).

[1] Dados não publicados do Plano Diretor do Campo Experimental do Embrapa Acre, realizado em 2009.

Já as árvores codominantes alcançam o dossel intermediário e também estão em uma condição favorável de captação de luminosidade, entretanto somente as árvores dominantes exercem maior competição por luz.

Tanto as árvores dominantes como as codominantes são os indivíduos na população com maior interesse imediato para a definição das estratégias do manejo de florestas tropicais, pois esses dois grupos representam possivelmente a exploração atual e futura próxima. Assim, o grupo da "exploração atual" é formado por um maior número de indivíduos dominantes e uma menor proporção de árvores codominantes, enquanto o grupo da "exploração futura próxima" tende a ser uma relação inversa.

Dessa forma, elevar o planejamento florestal para um conceito de Manejo 4.0 é perfeitamente factível, pois a coleta de dados é feita inicialmente por drones semiautônomos que irão geolocalizar facilmente as árvores de maior interesse, além de possibilitar a coleta de dados da morfometria das copas.

Visando contemplar somente as árvores dominantes e codominantes, a base de dados original do inventário florestal feita em campo foi reduzida em 8,9%, retirando todos os indivíduos que não alcançaram o dossel ou que por algum motivo natural tiveram a copa seriamente danificada ou completamente eliminada. Vale ressaltar nesse caso que se o inventário fosse feito apenas por imagens aéreas, essas árvores suprimidas não seriam contabilizadas.

Portanto, o procedimento de geolocalização de árvores com as RPAs deve ser complementado com as ações de campo, possibilitando maior precisão e eficiência do planejamento florestal, principalmente, em decorrência da riqueza de detalhes das informações de imagens aéreas de altíssima resolução.

Aeronave remotamente pilotada utilizada

Esse trabalho de inventário florestal, a partir de ortofoto de alta resolução, poderia ser realizado por distintos tipos de aeronaves, tais como as RPAs de asa fixa ou multirrotores. No entanto, a característica da paisagem da Floresta Amazônica, onde é comum locais com alta densidade de árvores de grande porte, não possibilita encontrar boas áreas de decolagem e pouso de uma RPA de asa fixa.

Com isso, apesar da baixa eficiência energética e menor rendimento de mapeamento, é mais adequado o emprego de um multirrotor em extensas áreas florestais do que uma aeronave modelo asa fixa. A eminência de constantes acidentes durante as operações de decolagem e pouso de um modelo de asa fixa acarreta atrasos para o resgate e reparos da RPA, além de elevar em demasia os custos operacionais.

Assim, a escolha da RPA foi feita com base na adequabilidade do multirrotor DJI Phantom 4 Professional (P4 pro) e da possibilidade de planos de voos semiautônomos. A RPA utilizada possui todas as homologações e registros junto à Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea).

A RPA da fabricante DJI, modelo P4 pro, tem peso total de *payload* de 1,388 kg e possui sensores eletrônicos de bússola, acelerômetro com controladora eletrônica de velocidade, giroscópio de seis eixos, sistema GNSS (GPS e Glonass) de alta sensibilidade, sensores ultrassônicos e infravermelhos anticolisão (Figura 2). O tempo de voo máximo é de 30 minutos, porém, considerando a segurança de voo, o tempo útil de mapeamento nunca foi superior a 15 minutos.

Figura 2. Esquema demonstrativo dos principais componentes da RPA DJI Phantom 4 pro, em que: 1) hélice de encaixe (modelo prata e preto); 2) rotor; 3) led indicativo de condição funcional; 4) sensor ultrassônico de desvio de obstáculos; 5) protetor de lente rosqueável (sem filtro de luz); 6) câmera fotográfica digital com foco fixo e obturador mecânico; 7) gimbal eletrônico de três eixos; 8) *slot* de inserção do cartão microSD; 9) *slot* de conexão de cabo USB; 10) ponto de *reset*; 11) sensor infravermelho de desvio de obstáculos; e 12) posição superior onde se encontra o GNSS na parte interna da shell.

Fonte: Adaptado de DJI (2018).

A RPA é equipada com câmera com sensor RGB de 1” CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) de 20 megapixel, lentes de autofoco de 24 mm (formato equivalente a 35 mm), acoplada a um gimbal de três eixos para estabilização eletrônica da imagem (DJI, 2018).

A estação de solo utilizada tem duas opções de frequência (2.400–2.483 GHz e 5.725–5.825 GHz) e enlace máximo entre a RPA e o rádio de até 7.000 m de distância horizontal. Para a operação da estação de solo foi utilizado um tablet modelo Apple iPad mini 4, chip A8 de segunda geração com arquitetura de 64 bits e coprocessador M8, com 128 GB de capacidade de armazenamento.

Um tablet com boa capacidade de processamento faz uma diferença significativa durante a execução dos planos de voos. Quando o processador não é adequado ocorre o superaquecimento da unidade e o travamento do aplicativo, colocando em risco a RPA e a segurança de toda a operação. Portanto, o profissional responsável pela missão de mapeamento e inventário com as RPAs não deve economizar nesse quesito.

Coleta e processamento de dados por fotogrametria com aeronaves remotamente pilotadas

Para a coleta das fotografias aéreas ao longo dos meses foi solicitada autorização junto ao sistema de acesso ao espaço aéreo de aeronaves remotamente pilotadas (Sarpas) vinculado ao Decea.

Posteriormente ao inventário florestal com as técnicas do Modeflora (Figueiredo et al., 2007), foi demarcado um polígono para recobrimento com o plano de voo. As missões de voo foram realizadas predominantemente na categoria VLOS (operação em linha de visada visual), em uma altura média de 120 metros da superfície do dossel, velocidade de cruzeiro de 13 $m.s^{-1}$, *overlap* lateral de 81,36% e longitudinal de 86%. Com esses parâmetros de voo foi possível obter uma ortofoto com GSD médio (ground sampling distance) de 4 cm.

A configuração empregada na câmera RGB sempre possibilitou a captura de uma imagem com a estimativa Δ "*rolling shutter*" inferior a 1,2 pixel (Figueiredo; Figueiredo, 2018; PIX4D, 2015b). A estimativa Δ "*rolling shutter*" permite conhecer antes de cada voo qual será o descolamento de pixels na imagem coletada e, dessa forma, saber previamente a qualidade da foto quanto ao deslocamento dos objetos de interesse, que nesse caso são as copas das árvores.

Durante o voo, a câmera sempre foi disposta em nadir e o sistema de posicionamento do GNSS da RPA configurado para o *datum* WGS84.

Todos esses parâmetros de voo foram calculados previamente e inseridos no aplicativo Litchi (IOS ou Android). Várias opções de aplicativos poderiam ser utilizados, a exemplo do DJI Ground Station Pro, Pix4D Capture, DroneDeploy, SkyDrones, Precision Flight, Maps Made Easy dentre outros. A opção pelo aplicativo Litchi deu-se em função de que todos os parâmetros de voo previamente calculados podem ser inseridos. Dessa forma, é possível planejar uma missão de voo de acordo com a necessidade técnica de mapeamento e com isso o retorno a campo para refazer um voo se reduz ou praticamente é inexistente.

No entanto, o aplicativo Litchi apresenta um inconveniente, a primeira missão de voo deve ser inserida no sistema (*website FlyLitchi*) de forma manual, considerando cada ponto de passagem da aeronave/*waypoint* (coordenada geográfica, altitude, velocidade e direção da aeronave), e a distância entre as linhas de voo paralelas são informadas em janelas específicas de programação. O passo seguinte é um procedimento de replicar (copia e cola) da primeira missão de voo, de forma paralela ao primeiro plano de voo, até recobrir toda a área florestal de interesse.

Na bordadura da área florestal experimental de 170 hectares foram instalados três pontos de controle no solo (ground control point – GCP). Os GCPs são pontos da área de interesse com coordenadas conhecidas (PIX4D, 2015a) que geralmente são apropriadas a partir de dados de precisão, a exemplo de fontes como o LiDAR e dados de georreferenciamento da propriedade rural previamente disponíveis.

Quando não se tem os pontos de controle no solo, os resultados finais não apresentam escala conhecida, orientação e posição geográfica. Dessa forma, fica impraticável o uso para medidas de comprimento, área e volume.

No entanto, o pacote tecnológico embarcado na RPA DJI Phantom 4 pro permite obter ortofotos, MDS (modelo digital de superfície) e nuvem de pontos com a mesma escala de viés de posição geográfica obtida pelo GNSS de alta sensibilidade (GPS e Glonass), com o código C/A, em que o erro

padrão médio fica próximo de 5 metros. Isso só é possível porque no metadados de cada fotografia obtida pela RPA existem informações de geolocalização (X, Y e Z) e os softwares de processamento para obtenção das ortofotos reconhecem esses *geotags* de forma automática.

Para demarcar os GCPs na borda da floresta foram utilizadas lonas de vinil impressas com uma forma de alvos coloridos (laranja, verde e vermelho) e estendidas no solo com o auxílio de hastes de ferro (Figura 3).

Foto: Evandro Orfanó Figueiredo

Figura 3. Ponto de controle de solo (ground control point – GCP), apropriado com GNSS L2, Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2018.

Os três GCPs fixados na bordadura da floresta ainda não é a condição adequada para gerar uma ortofoto com excelente qualidade de geolocalização, entretanto, é a condição possível para o caso, pois o dossel fechado não permite visualizar possíveis alvos fixados no interior da floresta, impossibilitando a instalação de uma rede uniforme de GCPs. Assim, três pontos de controle no solo é uma condição mínima necessária para estabelecer um banco de GCPs no processamento das imagens aéreas.

A situação ótima seria distribuir de forma homogênea na área de interesse florestal cerca de 10 pontos de controle que contemplassem o perímetro da área e seu interior (Berveglieri; Tommaselli, 2015), conforme Figura 4. Essa quantidade de GCPs, na maioria das situações, é o suficiente para estabelecer uma boa precisão de geolocalização (PIX4D, 2015a).

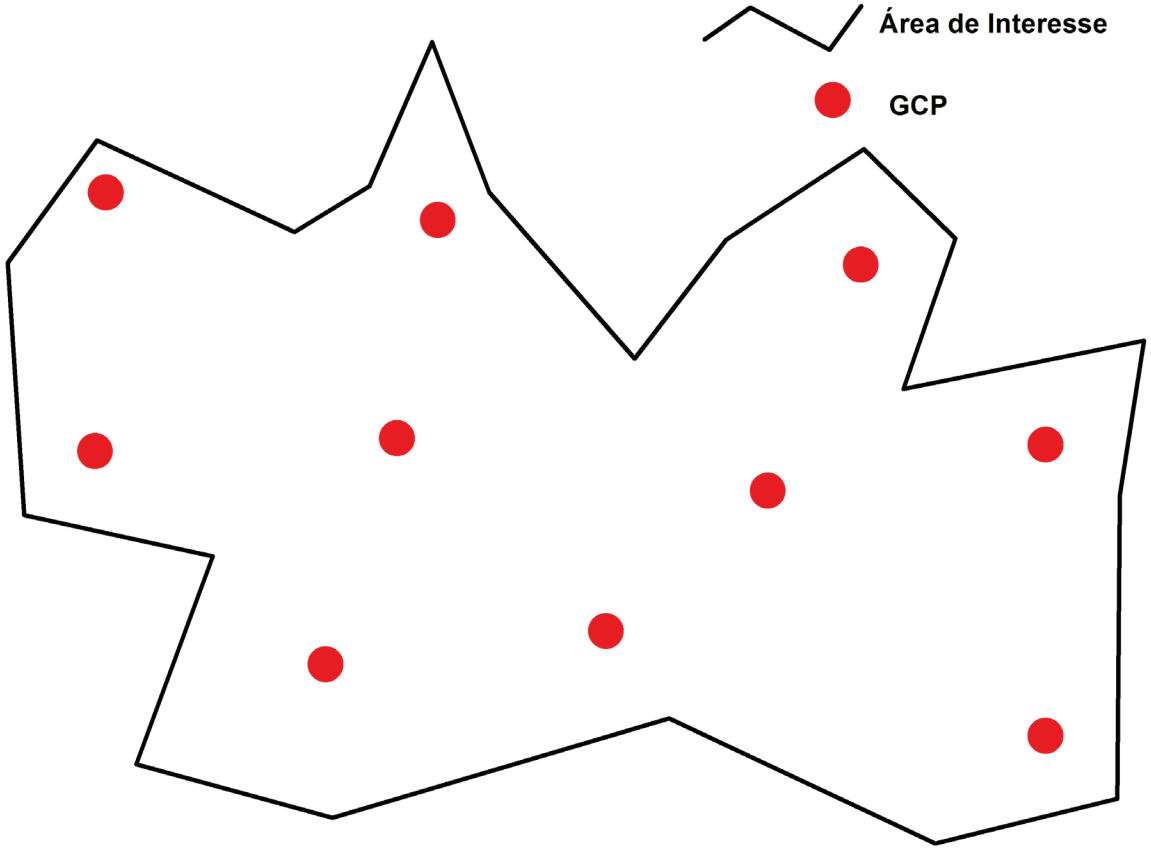


Figura 4. Esquema ótimo para distribuição dos pontos de controle de solo (ground control point – GCP) na geração de ortofotos com boa amarração geográfica.

Fonte: Adaptado de PIX4D (2015a).

Para este estudo, os três GCPs apresentavam distância média entre as posições de 1.516 m, constituindo um polígono no formato de triângulo. Cada ponto de controle foi apropriado (em média) durante um tempo de 241 minutos com um receptor GNSS L2, configurado no *datum* horizontal WGS84 e vertical World EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) e pós-processado com a base de referência RIOB 93911 da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC). Com essa estratégia de distribuição de GCPs e apropriação das coordenadas foi possível alcançar excelentes resultados de precisão (Tabela 1).

Tabela 1. Posição geográfica pós-processada, desvio padrão e tempo de apropriação das GCPs (ground control point) com GNSS L2, *datum* WGS-84, base de referência RIOB 93911 da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS, Rio Branco, Acre, 2017.

GCP	Frequência	Posição pós-processada			Desvio padrão da posição			Tempo de apropriação (min)
		X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	
Marco 01	L2	642777,457	8890185,057	176,676	0,161	0,018	0,041	221
Marco 02	L2	642663,969	8890559,236	159,471	0,145	0,016	0,051	238
Marco 03	L2	644176,457	8890743,365	162,559	0,004	0,005	0,013	265
Média		-	-	-	0,103	0,013	0,035	-

A área de estudo contempla vários experimentos da Embrapa Acre com geotecnologias para o planejamento florestal e apresenta perfilamento com LiDAR aerotransportado. Com isso foi possível avaliar a correlação da nuvem de pontos LiDAR e a nuvem de pontos por fotogrametria com RPA, sendo alcançados 97% entre as duas bases de dados, demonstrando assim a ótima consistência das informações geradas a partir das RPAs.

Para o processamento das imagens aéreas foi utilizado o software PIX4D Mapper, considerando a sequência básica para obtenção de mapas, denominado de "*3D Maps*", o qual emprega o princípio do algoritmo SIFT (Lowe, 1999, 2004). Esse processamento é destinado aos dados adquiridos em missão de voo com a câmera em posição nadir e imagens com alto recobrimento (*overlap*) lateral e longitudinal, assim são gerados ortomosaicos, modelo digital de superfície (MDS) e nuvem de pontos de alta qualidade e consistência de resultados geográficos.

Os resultados desse processamento básico permitem realizar mensurações precisas de comprimento, área e volume de objetos de interesse sobrevoados durante a missão de mapeamento, além de gerar curvas de nível a partir de uma estimativa do modelo digital do terreno (MDT). O resultado desse processamento gerou uma ortofoto para cada mês em que foi realizado o voo, com GSD médio de 4,31 cm (Figura 5).

Essas ortofotos foram empregadas para a geolocalização das copas das árvores dominantes e codominantes, onde foi realizado o processo de segmentação e classificação de imagens, por meio de software específico.

Foto: Evandro Orfanó Figueiredo

Figura 5. Ortofoto obtida no processamento "*3D Maps*" do software Pix4D Mapper, com GSD de 4,31 cm, visando à segmentação da imagem para inventário florestal, Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, março de 2017.

Identificação e geolocalização automatizada das árvores dominantes

Vários são os métodos para identificar e geolocalizar uma árvore dominante a partir de uma imagem de alta resolução. A exemplo dos métodos tradicionalmente empregados no sensoriamento remoto de imagem de sensores orbitais, é possível vetorizar a bordadura das copas das árvores individualmente ou realizar uma segmentação/classificação.

A vetorização é um processo totalmente manual em que o técnico delimita com auxílio do mouse na tela do computador a borda da copa de cada árvore de interesse, tendo como fundo uma ortofoto. Esse procedimento é moroso e sujeito a interpretações pessoais do técnico que realiza a tarefa, portanto, a vetorização da copa da árvore depende da experiência de cada profissional.

Um aspecto importante do processo de vetorização de imagens de alta resolução é o alto nível de detalhes a serem contornados pelo desenho no monitor feito pelo técnico. Com isso o profissional acaba criando um vetor médio da real borda da copa e negligencia a riqueza de informações presentes nas ortofotos de áreas florestais.

Os algoritmos de classificação automática são conhecidos como supervisionados ou não supervisionados, sendo a principal distinção entre eles o grau de interação do técnico/intérprete no processo. Os classificadores também são separados de acordo com o método, pixel a pixel ou contextual, esse último quando há o processo de segmentação (Hay; Castilla, 2008).

Os métodos mais empregados na classificação de imagens de sensores remotos utilizam o pixel como elemento de representação do mundo real. Nas duas últimas décadas, a análise geográfica de imagem baseada em objeto (Geobia) emergiu como um novo paradigma para a análise de imagens de alta resolução espacial de sensoriamento remoto (Addink et al., 2012; Hay; Castilla, 2008; Hay; Blaschke, 2010; Wiggers, 2014).

A “alta resolução” em imagens de sensores orbitais é normalmente considerada mais fina que 5 m (Hay; Castilla, 2008). Já as menores resoluções obtidas por uma aerofoto de uma RPA ficam em torno de 20 cm, geralmente, essas ortofotos têm resolução melhor que 7 cm. Assim, a alternativa mais adequada até o momento é a segmentação de imagens pelo algoritmo Geobia.

A segmentação da imagem tem como estratégia metodológica unificar objetos homogêneos, inicialmente baseados nas informações contidas no pixel, porém podem ser espectralmente variável no nível do pixel (Whiteside et al., 2012). Posteriormente, baseando-se em outros atributos relacionados à cor, tonalidade e textura podem-se utilizar parâmetros vinculados ao tamanho, forma, padrão de sombra, padrão espacial e localização (Hay; Castilla, 2008; Wiggers, 2014).

O software adotado no processo foi *e-Cognition* da empresa de geotecnologias Trimble, por meio do procedimento *multiresolution segmentation* (Drăgut et al., 2010). Para executar a segmentação visando ao reconhecimento da área de projeção da copa das árvores dominantes e codominantes e sua geolocalização, foram empregados os seguintes parâmetros:

- Peso das *layers* que compõem a imagem: as *layers* da imagem podem ser priorizadas de acordo com o interesse de segmentação para obtenção das copas das árvores. A ortofoto obtida por uma câmera “*mirrorlens*” com sensor CMOS, geralmente, tem composição RGB formando as bandas espectrais vermelho-R, verde-G e azul-B. Para esse estudo foi conservada a composição original sem atribuição de peso na janela “*segmentation settings/image layer weights*”.

- Parâmetro de escala (*scale parameter*): definirá o tamanho dos segmentos a serem gerados, ou seja, quanto maior o valor adicionado maior será a dimensão do segmento a ser definido pelo algoritmo (Drăgut et al., 2010; Ming et al., 2015; Silva et al., 2016). Esse critério é um dos principais parâmetros que define o sucesso de uma boa segmentação. No entanto, não existe uma regra para atribuir o valor mais adequado. O valor depende de múltiplos fatores, a exemplo da resolução espacial da imagem, da combinação espectral dos objetos de interesse que se pretende segmentar e do ambiente florestal inventariado, onde há copas de árvores com formas mais homogêneas ou heterogêneas. Assim, para obter objetos maiores usa-se uma escala maior. Para este estudo no qual o GSD médio das ortofotos ao longo dos meses foi de 4,31 cm, utilizou-se o valor de 200. Porém, antes da definição do valor de 200 para o parâmetro de escala, foi necessário realizar dezenas de ensaios em uma "área amostra" (200 m x 200 m), cuja dimensão representa uma porção menor da floresta a ser inventariada pela segmentação de imagens. Esse procedimento do ensaio prévio é recomendado quando o técnico em sensoriamento remoto não tem referências anteriores para ajustar a rotina.
- Composição do critério de homogeneidade (*composition of homogeneity criterion*): na definição da homogeneidade dos objetos (copas das árvores), definem-se dois critérios: o parâmetro de forma (*shape*) e de compacidade (*compactness*). É importante compreender que ambos os critérios possuem um discernimento oposto, cuja soma entre eles acarreta no valor 1. O parâmetro *shape* define o peso da forma/cor na segmentação, um valor baixo implica no maior peso no uso da cor, que é baseada nas características espectrais (ou valores de pixels) da imagem. O critério compacidade compõe o entendimento de compacidade/suavidade dos objetos, um valor baixo cria objetos mais alongados e com bordas suaves, enquanto um valor alto implica em objetos mais compactos e menores (Baatz; Schäpe, 2000; Blaschke et al., 2014; Silva et al., 2016). No trabalho foram utilizados os parâmetros 0,3 para forma/cor e 0,5 para compacidade/suavidade.

Dependendo do GSD, da época do ano em que foi obtida a ortofoto e da fenofase da maioria das árvores dominantes, esses parâmetros devem ser ajustados para a nova realidade do ambiente florestal.

O resultado do processo de segmentação da ortofoto, com delimitação automática da copa das árvores, foi convertido para o formato vetorial *shapefile* e exportado para SIG (Sistema de Informações Geográficas), com objetivo de edição (Figura 6). A classificação dos segmentos com o treinamento do algoritmo demanda um esforço de seleção de segmentos similares, o que pode levar a um processo demorado e subjetivo de otimização do subconjunto de recursos (Ma et al., 2017), acarretando um esforço parecido ao de edição em um software SIG.

Os melhores resultados de classificação ocorrem quando se pretende identificar um grupo de espécies com feições de copas parecidas, o que facilita o processo de treinamento do algoritmo Geobia. No entanto, o inventário censitário objetiva geolocalizar e demarcar a copa de todas as árvores dominantes e codominantes, as quais provavelmente serão de interesse comercial atual ou silvicultural para o planejamento de uma estratégia de manejo.

Dessa maneira, uma boa etapa de segmentação praticamente atende a demanda de geolocalização das árvores de interesse. E quando a intenção for identificar um grupo de espécies florestais mais restrito, deve-se optar pela segmentação seguida do processo de classificação, a exemplo dos resultados obtidos por Chen et al. (2015) e Schäfer et al. (2016).

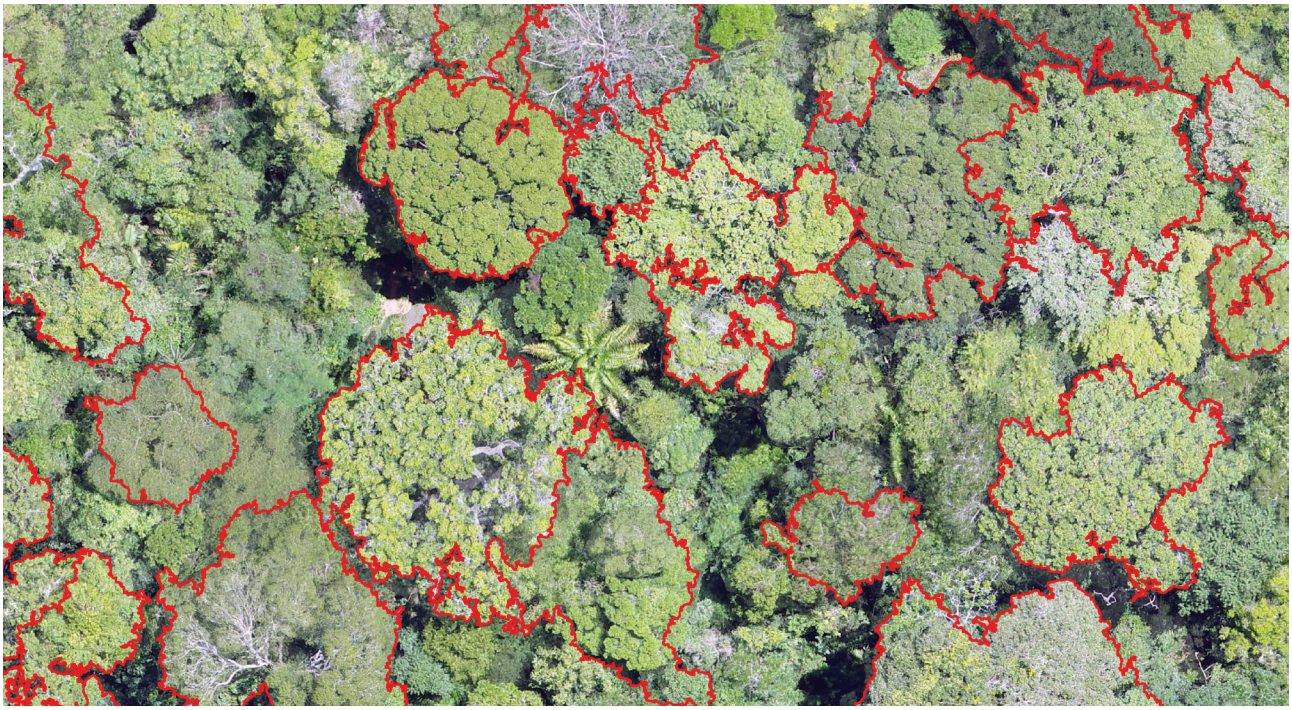


Foto: Evandro Orfanó Figueiredo

Figura 6. Ortofoto no mês de março e os limites de copa obtidos no processo de segmentação da imagem pelo algoritmo Geobia, Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2017.

Caracterização das copas das árvores

A forma da copa das árvores diz muito a seu respeito, é um indicativo da caracterização de determinada espécie, da capacidade produtiva de madeira e frutos, da sua condição fitossanitária e do estágio fitossociológico no ecossistema florestal. Muitos são os estudos que contemplam a importância da morfometria da copa das árvores, a exemplo de Burger (1939); Cunha e Finger (2012); Figueiredo et al. (2016); Tonini e Arco-Verde (2005) dentre outros.

Porém, uma visão detalhada (centimétrica), a partir de um ângulo nadir de uma ortofoto obtida com uma RPA, possibilita compreender a estrutura da copa das árvores de um ponto de vista pouco usual. Geralmente, as copas das árvores recebem inúmeras classificações do ponto de vista do observador quando este se encontra no solo. Quando a visada do dossel é aérea, as sugestões feitas por Dawkins (1963) e desenhadas por Cunha (2009) são adequadas para a compreensão espacial das copas.

O estabelecimento de parâmetros prévios de classificação de copas é de significativa importância para a fase de treinamento do classificador de imagem do Geobia. Assim, quando o objetivo for identificar preliminarmente algumas espécies florestais a partir da ortofoto, o técnico em sensoriamento remoto terá a referência básica para cada fenofase florestal. Para este estudo foram considerados na classificação das copas os seguintes parâmetros: forma, fenofase, galhos e coloração.

Na caracterização da forma foram considerados apenas dois atributos básicos, no intuito de simplificar a compreensão: copa regular e irregular (Figura 7). A forma regular é caracterizada principalmente por uma copa com formato circular, compacta e de bordas suaves, enquanto a forma irregular é constituída por uma copa mais alongada e de bordadura com grandes reentrâncias. Essa classificação simplificada busca gerar uma compatibilização com a segmentação da imagem feita com o algoritmo Geobia.

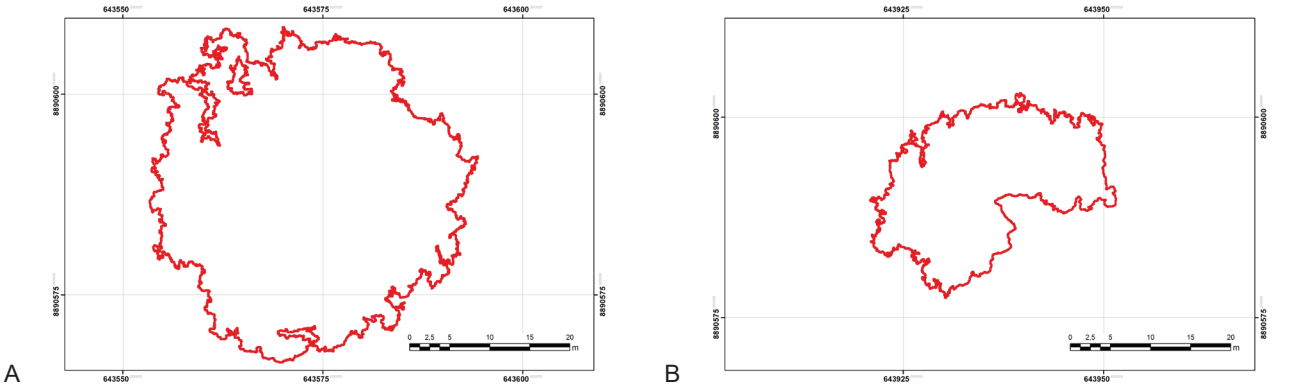


Figura 7. Forma da copa obtida de uma ortofoto a partir de RPAs: forma regular (A) e forma irregular (B), Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2018.

Na classificação da fenofase, o objetivo principal é demarcar a transição da deciduidade foliar para as espécies florestais que apresentam essa característica e registrar o momento de floração para aquelas espécies que se distinguem pela intensa floração. Assim, foram consideradas as árvores com área foliar completa, incompleta, copa decídua (sem folhas) e florada (Figura 8).

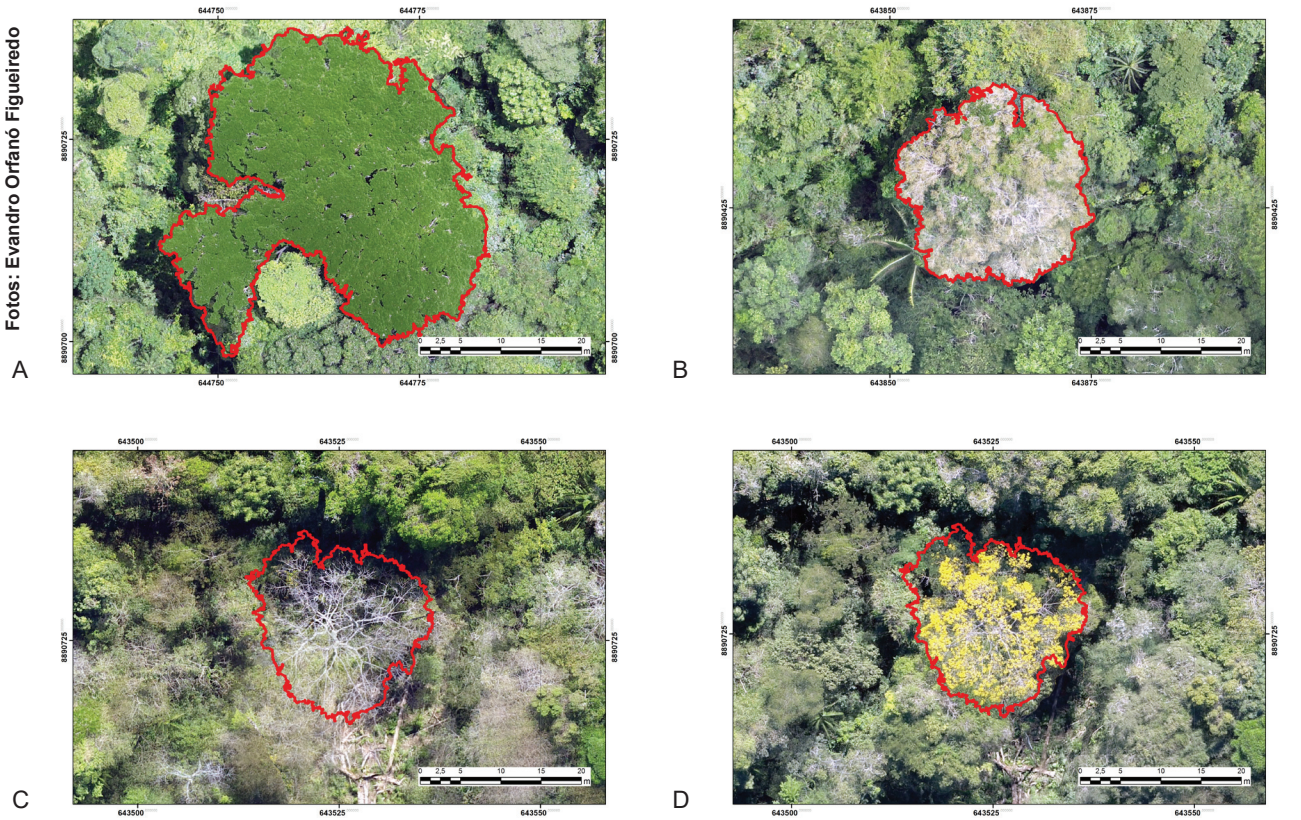


Figura 8. Classificação da copa pela fenofase obtida de uma ortofoto a partir de RPAs: área foliar completa (A), área foliar incompleta (B), copa decídua (C) e copa florada (D), Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2018.

A caracterização das estruturas de galhos presentes na copa, observadas em ângulo nadir, pode ser associada à fenofase florestal, mas também é correlacionada com uma diferenciação da espécie florestal para os indivíduos que alcançaram o dossel (Figura 9). A presença de galhos de grande dimensão, com diâmetro acima de 35 cm (Figura 9B), exerce forte influência no processo de segmentação pelo Geobia e essa característica tende a constituir copas com formas mais alongadas. Com isso, a estrutura de galhos interfere diretamente no valor do parâmetro da compacidade (*compactness*), em que valores baixos favorecem a segmentação das copas com galhos grossos (>35 cm) e de forma mais alongada, enquanto valores altos favorecem copas com galhos finos e mais compactas (Figura 9A).

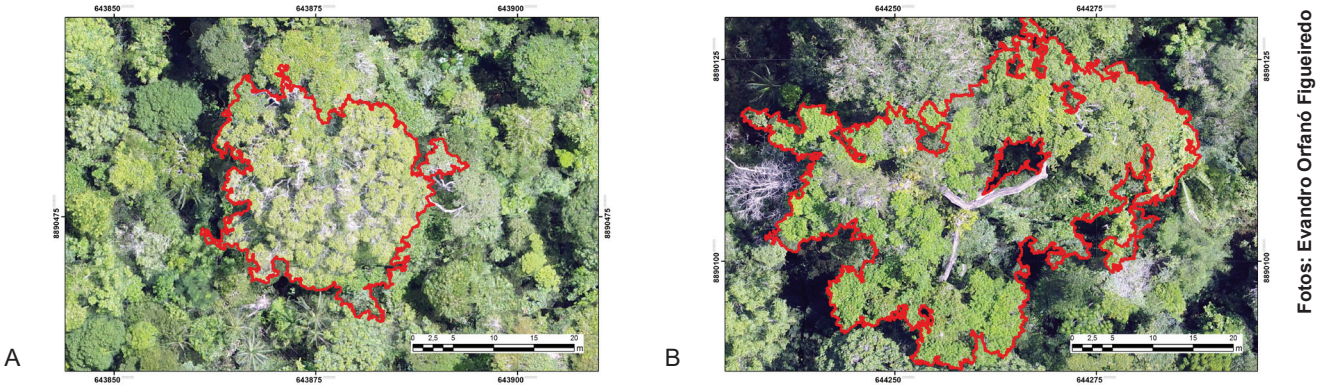


Figura 9. Classificação da copa pela dimensão dos galhos obtida de uma ortofoto a partir de RPAs: copa com galhos finos (A) e copa com galhos grossos (B), Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2017.

As cores predominantes da copa também são relacionadas com a espécie e sua fase fenológica, consistindo em uma característica importante na determinação do valor do parâmetro "*shape*" que deverá ser empregado no Geobia. Quando se tem uma floresta com um dossel com cores contrastantes, é recomendado usar valor "*shape*" mais baixo, possibilitando executar uma segmentação em que as cores serão valorizadas. Chavana-Bryant et al. (2017) apontam que a coloração das copas das árvores está correlacionada com o envelhecimento das folhas e consiste em um processo ecossistêmico e de dinâmica do dossel para a detecção remota, portanto, considerar as cores é fundamental para o inventário florestal com o uso de RPAs.

Durante os meses de acompanhamento da floresta foram observadas fortes alterações entre março, agosto e novembro de 2017 (Figura 10).

Em março observa-se uma floresta com matizes de verde-escuro e praticamente todas as copas com folhagem completa (Figura 10A). No mês de agosto tem-se uma situação oposta, em que se observa uma floresta com dossel esbranquiçado pela exposição dos galhos das copas sem folhagens (Figura 10B). Em novembro, o verde de distintos tons claros é predominante no dossel superior, onde a maioria das copas tem a emissão de folhas novas (Figura 10C).

Fotos: Evandro Orfanó Figueiredo

A

B

C

Figura 10. Características do dossel a partir de ortofotos de RPAs, no intervalo de 9 meses de observação: tons de verde-escuro – março de 2017 (A); predomínio de tons brancos – agosto de 2017 (B); e verde de distintos tons claros – novembro de 2017 (C), Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Observando individualmente cada caracterização de copa ao longo dos meses, foi possível destacar as seguintes cores mais marcantes nas copas das árvores: verde-escura (Ve), verde-clara (Vc), branca (B), marrom (M), amarela (Am) e roxa (Rx) (Figura 11).

A coloração verde-escura (Ve) é a característica predominante da folhagem completamente desenvolvida, enquanto a verde-clara (Vc) marca uma fase de início do desenvolvimento foliar. Os matizes marrom (M) e amarelo (Am) também podem caracterizar o limiar de mudança abrupta das fases de folhagem madura para a condição decídua ou, ainda, de decídua para folhagem jovem, período em que pode ocorrer a presença de uma cerosidade sobre as folhas, a qual pode proporcionar uma mudança da coloração predominante da copa por alguns dias.

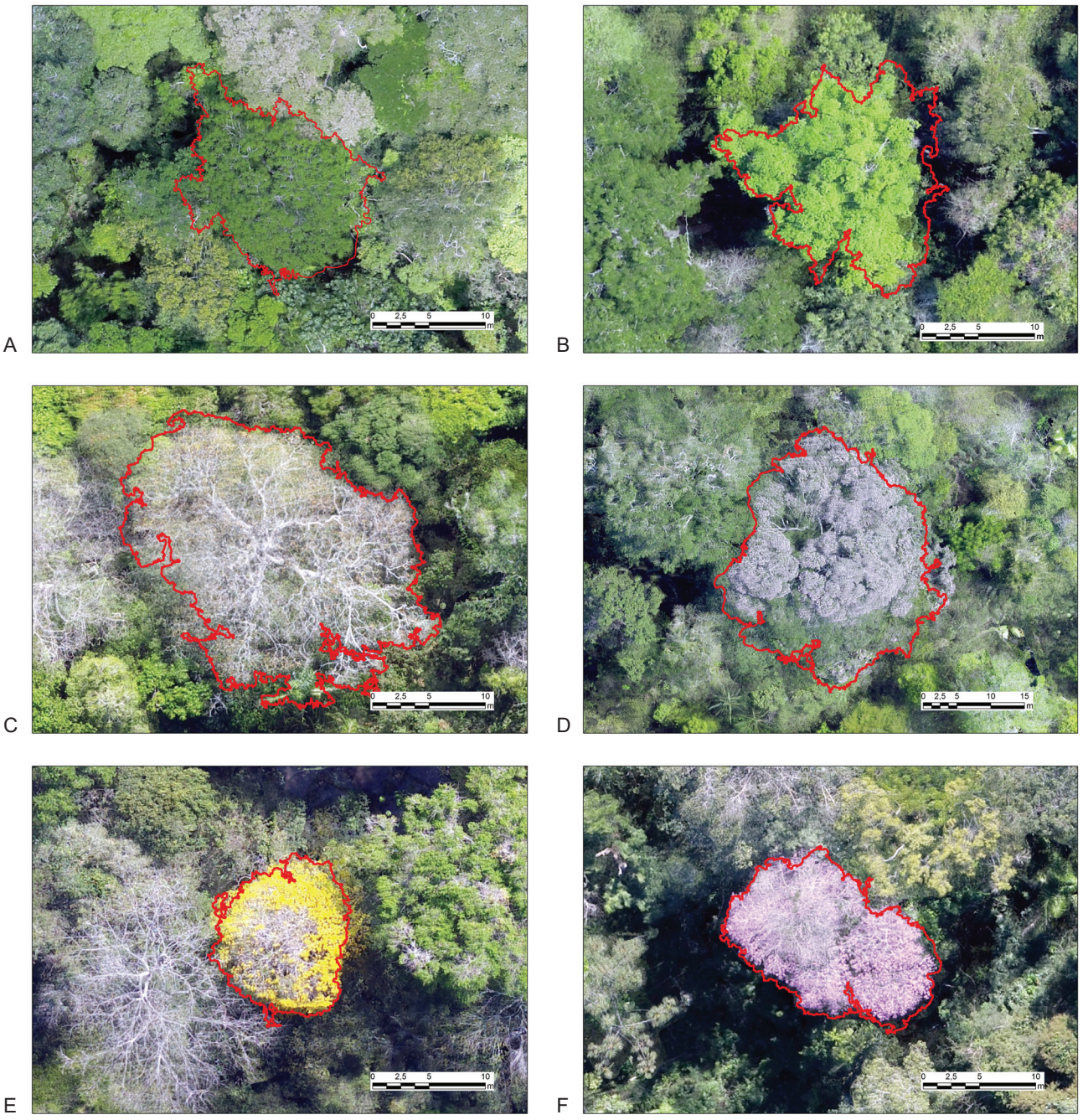


Figura 11. Coloração predominante das copas a partir de ortofotos por RPAs, no intervalo de 9 meses de observação: verde-escura (A); verde-clara (B); branca (C); marrom (D); amarela (E); e roxa (F), Reserva Florestal da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2017.

Já as tonalidades vivas das cores amarela (Am), vermelha (Vm) e roxa (Rx) são características típicas das floradas, dominadas no ambiente estudado pelas florações intensas de quatro espécies florestais: *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, *Phyllocarpus riedelii* Tul., *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Schizolobium amazonicum* Ducke.

A cor branca (B) é a propriedade principal das copas sem folhas, quando vistas em nadir. Os tons branco e cinza-claro são predominantes na paisagem entre o final de junho até meados de setembro. Essa situação é alterada a cada ano de acordo com as condições climáticas, com anos mais chuvosos e anos com menor precipitação pluviométrica.

Caracterização das espécies florestais a partir da ortofoto

O acompanhamento mensal da floresta a partir de ortofotos de alta resolução obtidas com as RPAs possibilita traçar um perfil modal preliminar do padrão da fenofase de cada uma das 14 espécies estudadas.

Para facilitar a compreensão do comportamento fenológico, foi selecionado um indivíduo de cada espécie, com a finalidade de representar as características principais de morfometria de copa e localização predominante (terra firme, encosta, baixio, floresta aberta ou densa), de maneira a retratar da melhor forma o padrão fenológico de cada época e duração de estágio (Newstrom et al., 1994), além das características de copa quanto à forma, fenofase, galhos e matizes de cor.

As 14 espécies madeireiras e não madeireiras foram selecionadas em função da presença na área estudada, do número de indivíduos dominantes por espécie (n) e da importância econômica regional (Tabela 2).

Tabela 2. Relação das espécies florestais estudadas, nome científico e uso predominante, visando à confecção do calendário preliminar de inventário florestal a partir de ortofotos obtidas com RPAs, Rio Branco, Acre, 2017.

Seq.	Espécie	Nome científico	Uso predominante
1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	Madeira para serraria
2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	Madeira para serraria
3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	Não madeireiro, frutos
4	Cedro	*Cedrela* odorata L.	Madeira para serraria
5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm.	Madeira para serraria
6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	Madeira para serraria
7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.	Madeira para serraria
8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.	Madeira para serraria
9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	Madeira para serraria
10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos	Madeira para serraria
11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	Madeira para serraria e laminação
12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.	Madeira para serraria e laminação
13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	Madeira para laminação
14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	Madeira para serraria

Micropholis guyanensis (A.DC.) Pierre

Micropholis guyanensis (A.DC.) Pierre pertence à família Sapotaceae. Na Amazônia Brasileira a espécie é conhecida popularmente como abiu, abiu-rosa (Baraloto et al., 2018) e também como maparajuba. É uma espécie bastante valorizada no mercado (Reis et al., 2014), sua madeira é utilizada na construção civil e fácil de ser trabalhada (Amata, 2018).

A espécie ocorreu apenas na parte oeste da floresta estudada, em uma região que compreende 78 hectares, onde se localiza a zona mais baixa da área de estudo. Sua distribuição nos 78 hectares é uniforme, com presença tanto em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como nos divisores de águas.

Na observação por ortofotos, a espécie se caracteriza por uma copa frondosa e de forma regular. Entre os meses de março a maio, a copa apresenta folhagem de matizes verde-escuros e exposição de galhos finos, o que aparenta manchas sobre a superfície verde.

Predominantemente, no mês de junho, ocorre a deciduidade com perda total das folhas para a maioria dos indivíduos. Nas árvores localizadas em regiões baixas do terreno (onde se observa maior disponibilidade de umidade), a perda de folhas foi postergada para o mês de julho.

A partir de agosto foi observada a emissão de folhas novas com matizes de verde-claro, porém essa emissão de folhagem não recobriu toda a área da copa, ficando expostos os galhos finos em tons de branco e cinza.

Nos meses de setembro, outubro e novembro a copa de todos os indivíduos observados já estavam completamente cobertas por folhas jovens com tons de verde-claro e poucos galhos finos eram observados (Figura 12).

Durante o período de estudo não foi possível detectar o momento da floração.

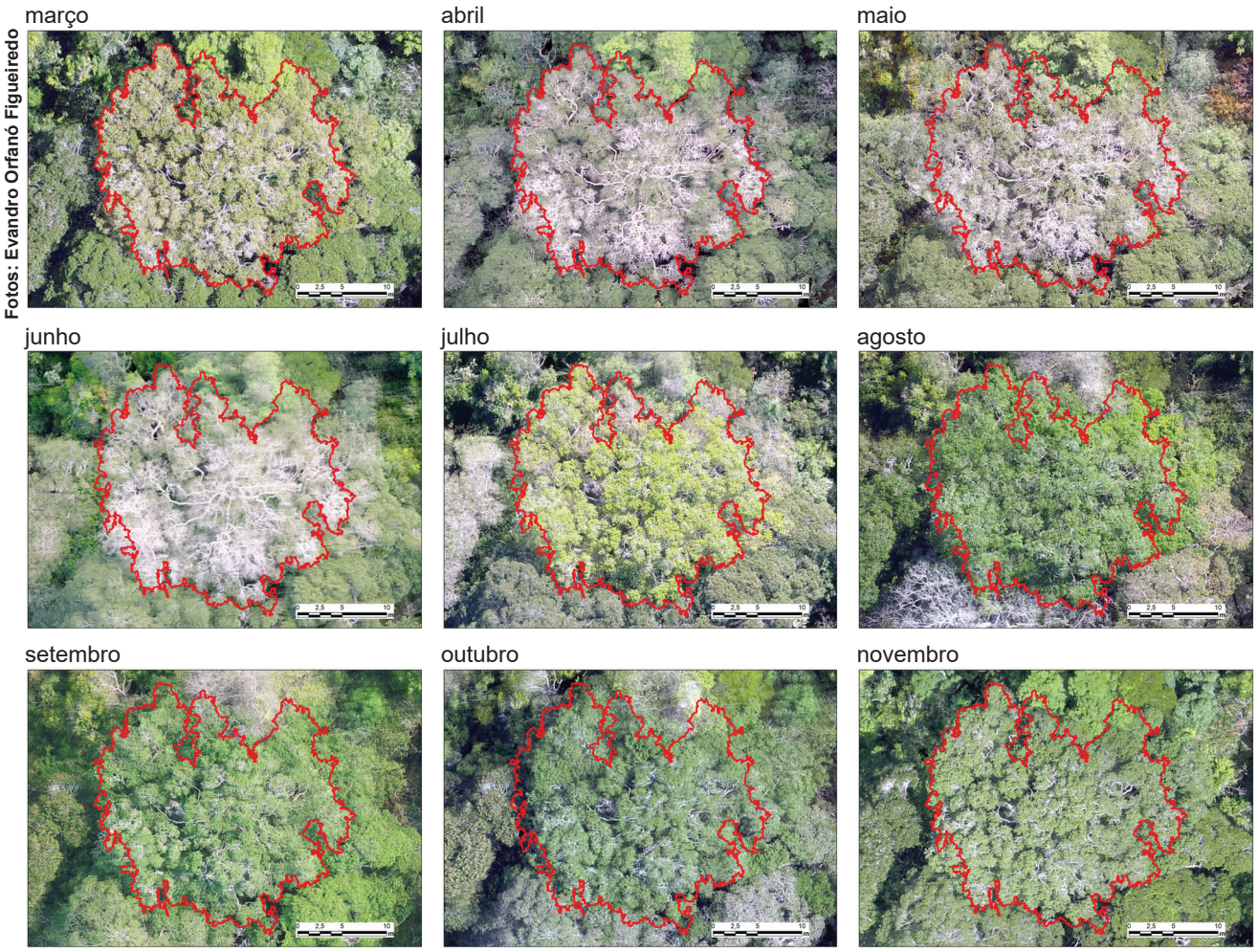


Figura 12. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre, entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Parkia nitida Miq.

Parkia nitida Miq., pertencente à família Mimosaceae, é conhecida popularmente como angico-vermelho (Baraloto et al., 2018) ou, simplesmente, angico (Araujo, 2006). Essa espécie produz uma madeira de excelente qualidade e bastante demanda no mercado para utilização na construção civil (Araujo, 2016; Reis et al., 2014).

A distribuição espacial da espécie ocorreu em toda a área da floresta estudada, sendo 70% das árvores observadas localizadas até 50 metros de distância de um curso d'água e em condições de solos mal drenados (Gleissolos e Plintossolos).

A copa do angico é caracterizada por ser compacta e de forma regular. Entre os meses de março a julho, apresenta folhagem uniforme de matizes verde-escuros.

Nos meses de agosto e setembro, ocorre a perda total das folhas na maioria dos indivíduos, independentemente da localização geográfica das árvores. No mês de outubro foi observada a emissão de folhas novas em tons de verde-claro brilhante e com recobrimento homogêneo de toda área da copa (Figura 13).

No mês de novembro, a tonalidade de verde-claro brilhante das folhas jovens é substituída por um matiz mais escuro, característico da folhagem mais madura. Nem antes, nem depois da perda de folhas foi possível identificar o momento da floração.

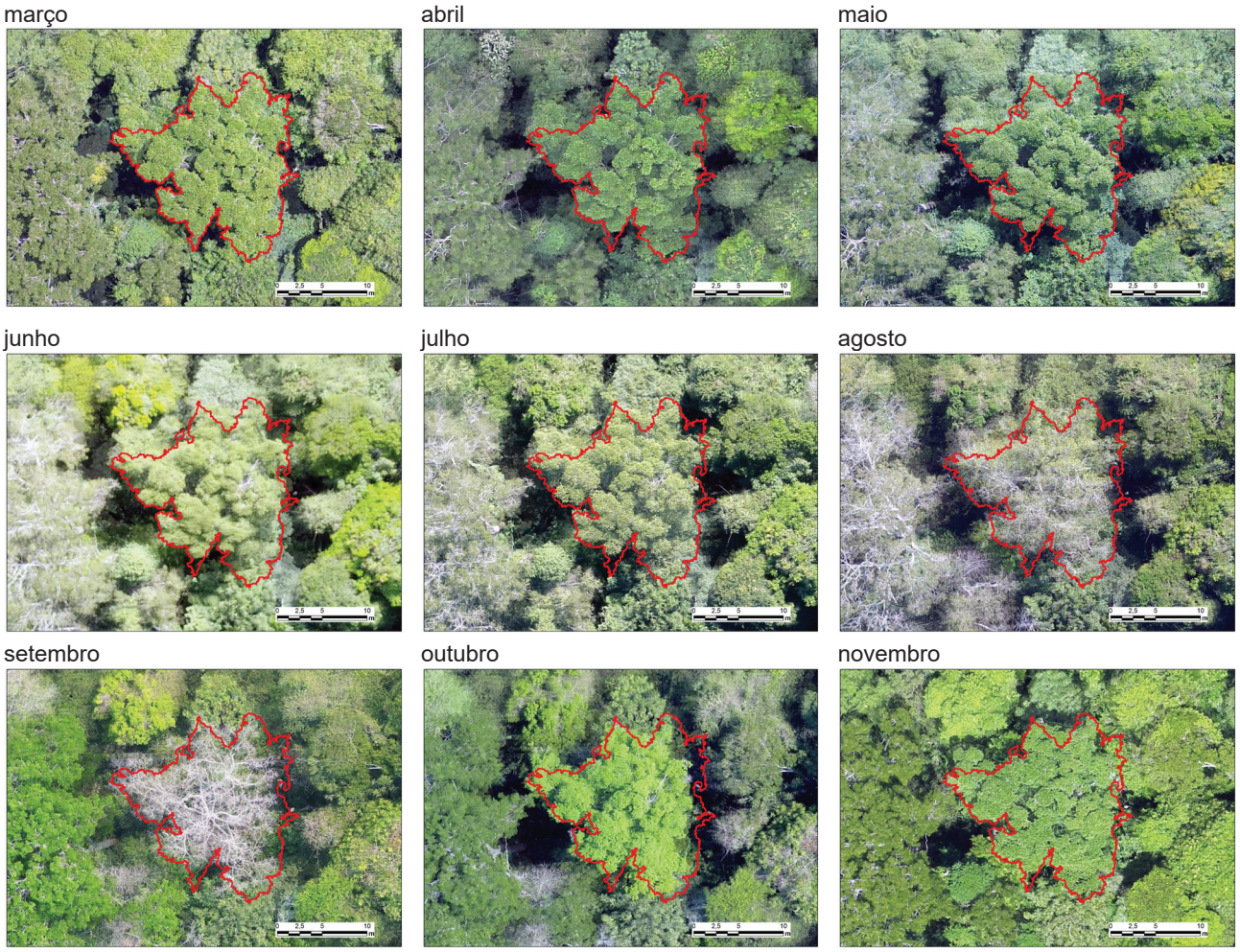


Figura 13. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Parkia nitida* Miq., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Bertholletia excelsa Bonpl.

Bertholletia excelsa Bonpl., provavelmente a árvore que melhor representa a cultura extrativista da Amazônia Brasileira, é conhecida como castanha, castanheira, castanheira-do-pará e castanheira-do-brasil.

A produção extrativista abastece quase todo o mercado nacional e internacional e é fonte de renda de milhares de famílias na Amazônia (Santos et al., 2017; Wadt et al. 2018). Apesar de protegida por lei, não é raro encontrar sua madeira sendo utilizada em construções rurais em distintos rincões da Amazônia.

A castanheira é uma espécie que se destaca pela dominância no dossel. A sua distribuição na floresta estudada aconteceu de maneira homogênea e bastante frequente. Essa espécie apresentou o maior número de indivíduos dominantes (n = 138) e apenas 24% das árvores ocorreram em APP.

A copa se destaca pela grande dimensão e formas regulares e irregulares. Para os indivíduos de maior área basal é frequente observar nas ortofotos a presença de galhos grossos com diâmetro de até 100 centímetros.

Entre os meses de março a julho, a castanheira manteve, para maioria dos indivíduos, uma folhagem homogênea e compacta em toda a área da copa, com tonalidade verde-escura opaca.

Nos meses de agosto e setembro, mas principalmente em agosto, as árvores se apresentavam completamente sem folhas com a exposição completa dos galhos. Esse período de deciduidade ocorre sempre no ápice da estação seca e em um intervalo de poucas semanas; esse fenômeno também é relatado por Tonini (2015).

Setembro consiste em um período de transição de fenofase, em que uma significativa parte da população de castanheira já tem folhas jovens e sua copa é vista em uma coloração verde-clara brilhante. Posteriormente, nos meses de outubro e novembro, o padrão de cor muda de forma gradativa para matizes verdes mais escuros (Figura 14).

Apesar de intensa, não foi possível visualizar na ortofoto a floração da castanheira.

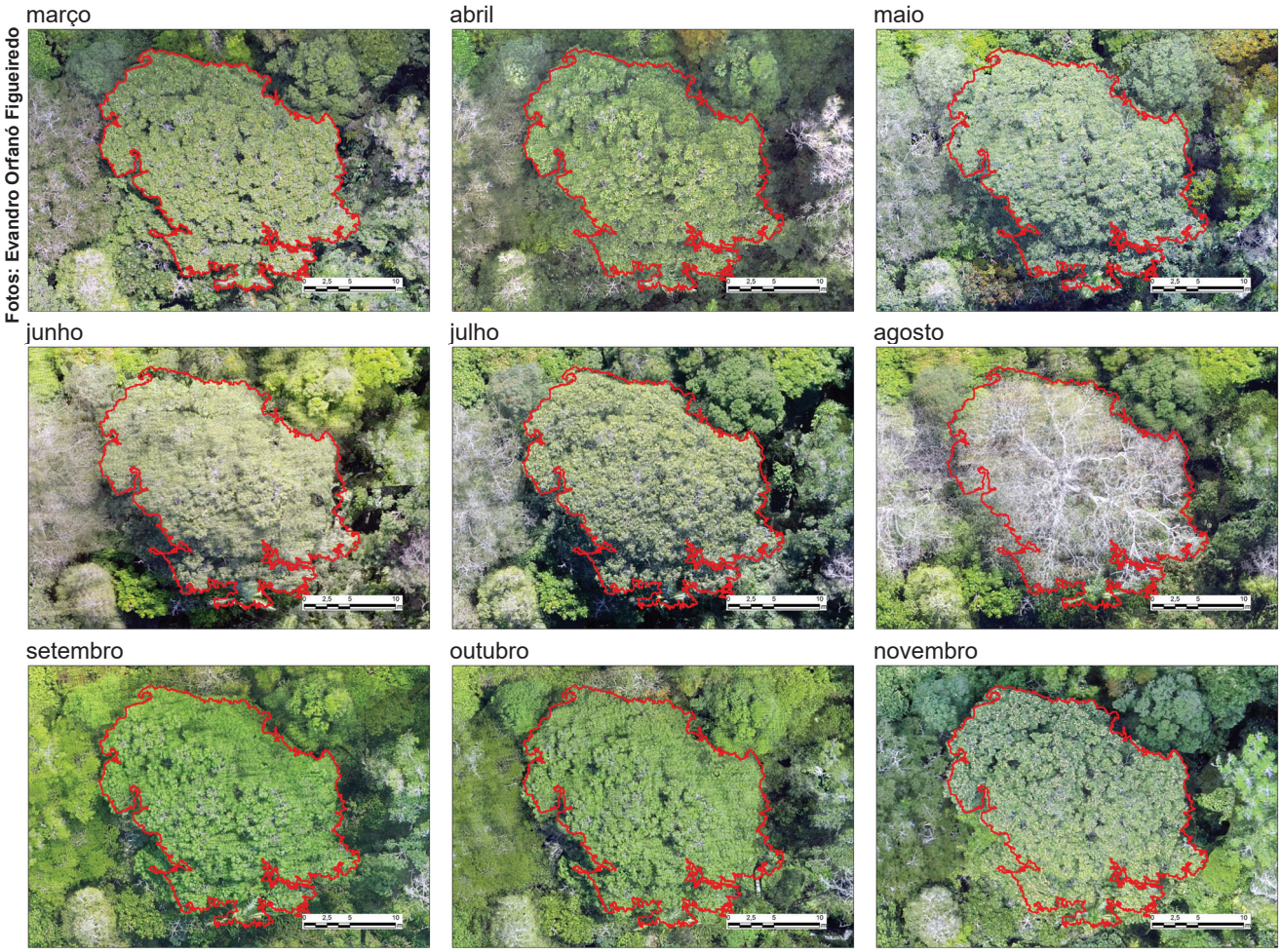


Figura 14. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Bertholletia excelsa* Bonpl., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Cedrela odorata L.

Cedrela odorata L., pertencente à família Meliaceae (Locatelli et al., 2008), é uma árvore cuja copa alcança facilmente o dossel. A espécie é conhecida como cedro, cedro-rosa, cedro-vermelho, cedro-colorado, cedro-amargo e *red cedar* (Cavers et al., 2003; Fernandes et al., 2018; Lobão, 2011). Sua ocorrência compreende do México ao norte da Argentina (Lobão, 2011). A espécie prefere solos profundos e úmidos (Locatelli et al., 2008), no entanto, na área de estudo ocorreu em toda a extensão e apenas 25% dos indivíduos ocorreram em APP.

É uma das principais madeiras do mercado nacional e internacional (Amata, 2018; Lobão, 2011) utilizada na construção civil para obras de entalhes, forros, lâminas e móveis de fino acabamento.

Sua copa é caracterizada por formas regulares e compactas, facilmente distinguida das demais, quando vista em ortofotos de alta resolução.

Entre os meses de março a julho, a copa apresenta uma folhagem densa, sem a presença de galhos visíveis, com uma coloração verde-escura. A perda total de folhas ocorre no mês de agosto, permanecendo até outubro. Ao longo dos 3 meses, a copa apresenta uma coloração de matizes cinza-claros e brancos, sendo possível visualizar muitos galhos finos.

No mês de outubro, a população de cedro já está com suas copas completamente enfolhadas e sua tonalidade predominante é a verde-clara (Figura 15). Durante os meses de acompanhamento com ortofotos, elaboradas com RPAs, não foram identificadas mudanças importantes nos parâmetros observados que indicassem o momento da floração.

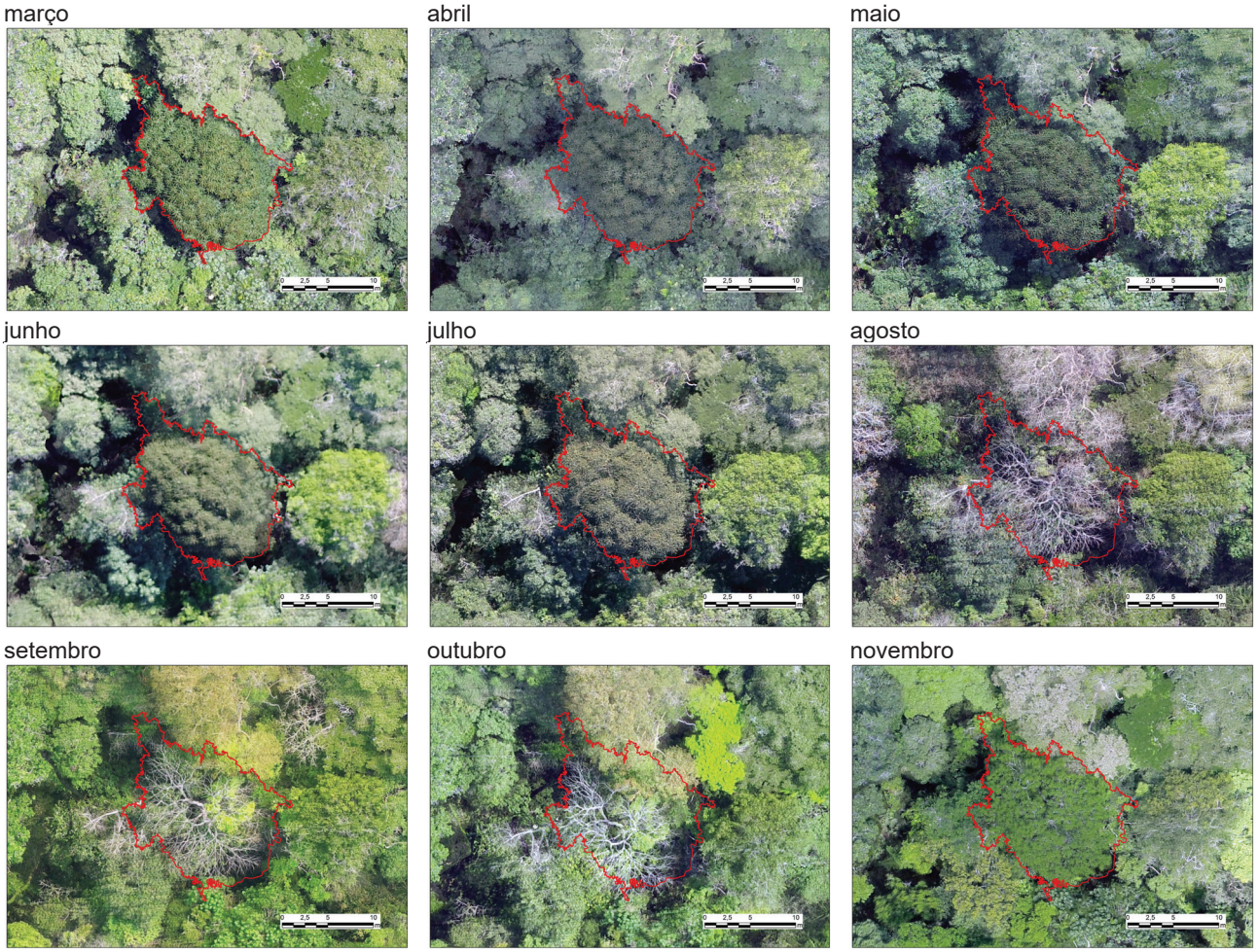


Figura 15. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Cedrela odorata* L., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Amburana acreana (Ducke) A.C.Sm

Amburana acreana (Ducke) A.C.Sm é sinônimo científico de *Torresea acreana* (Ducke), em desuso desde 2010 (The Plant List, 2018a). É uma das espécies madeireiras de maior interesse no mercado regional de movelaria, com uma madeira clara rajada e com perfume característico. É de fácil trabalhabilidade na marcenaria e alta resistência às intempéries. É bastante usada nas construções rurais como mourões e postes, sendo conhecida popularmente como cerejeira e cumaru-de-cheiro.

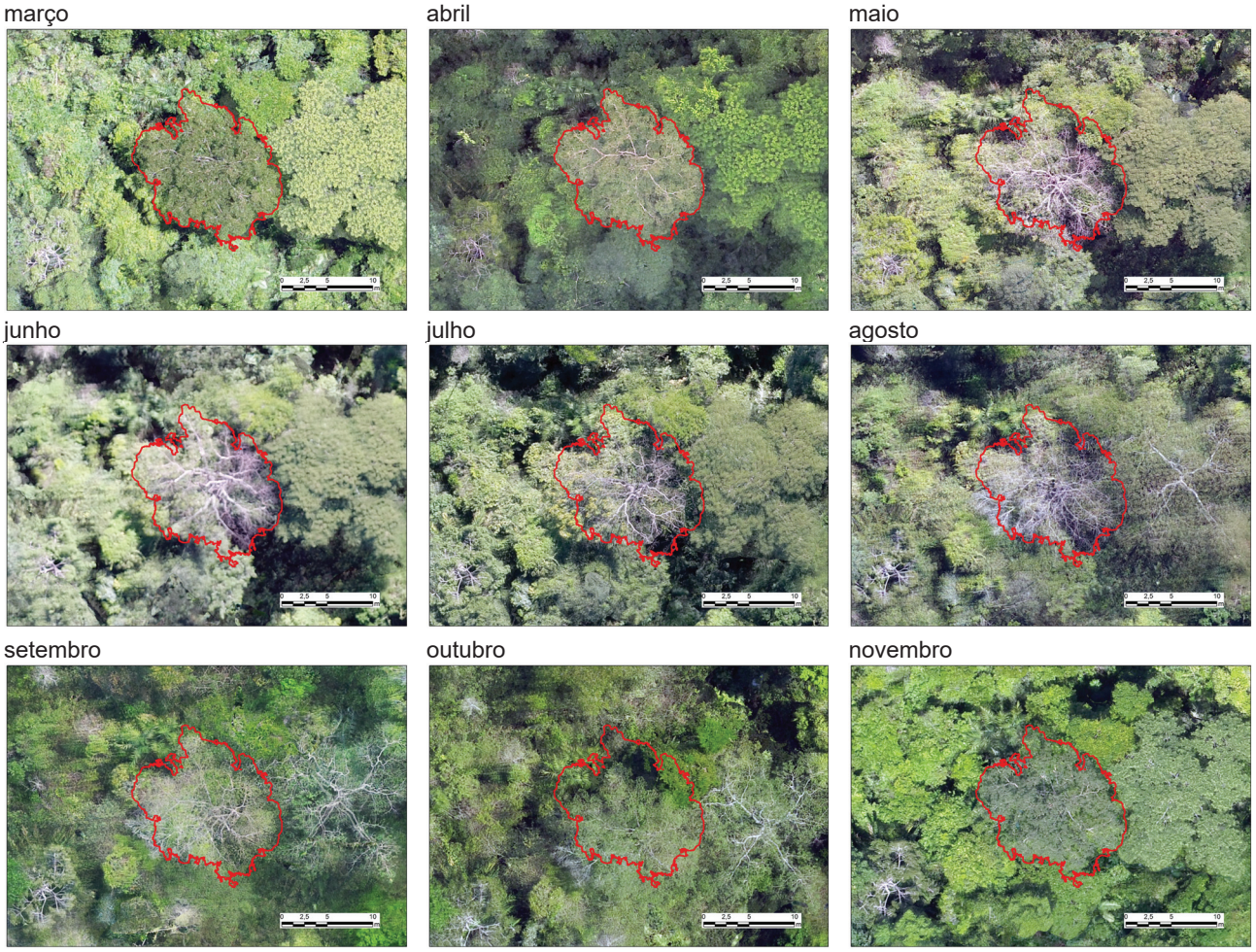
Possui copa caracterizada por formas regulares, compactadas e com pequenas dimensões, entre 5 m e 15 m de diâmetro.

A segmentação nas ortofotos de alta resolução, visando demarcar as copas, somente foi possível nos meses de março e novembro, quando a copa se encontra completamente enfolhada em tom verde-escuro.

Nos meses de abril e outubro, período que compreende a transição entre fenofases, ainda é possível segmentar a ortofoto e localizar as copas, porém essas expõem parte dos galhos principais, o que acaba dificultando o processo de construção dos polígonos correspondente à copa de cada árvore individualmente.

Entre maio e setembro, a copa permanece completamente sem folhas (Figura 16), o que dificulta a localização das árvores em um processo automático de segmentação da imagem, portanto, caso o inventário seja focado para essa espécie, deve-se evitar voos nesses meses. Entre as 14 espécies estudadas, a *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm foi aquela que apresentou o maior período em estado fenológico decíduo, o que restringe muito o período de inventário com as RPAs.

A cerejeira apresenta uma floração de coloração branca, escassa e em um pequeno intervalo de dias. Essa situação impossibilita que a floração seja observada em uma ortofoto.



Fotos: Evandro Orfanó Figueiredo

Figura 16. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Dipteryx odorata (Aubl.) Willd

Cumaru, cumaru-de-ferro ou cumaru-ferro são os nomes populares mais usuais da *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (The Plant List, 2018b). Atualmente, é a principal espécie madeireira comercial de exportação na pauta fiscal do estado do Acre. A madeira tem ótima aplicabilidade em esquadrias, decks, tesouras de telhado, vigas e colunas para a construção civil (Amata, 2018), porém o uso em marcenarias é restrito em decorrência de sua dureza e peso.

A copa do cumaru é regular e as árvores dominantes alcançam diâmetro médio de copa superior a 40 metros. A distribuição da espécie no terreno é regular, sem preferência de ocorrência, seja em ambiente de terra firme ou sob influência da APP.

Entre os meses de março a junho, a copa se apresenta frondosa na coloração verde-escura e com exposição de galhos grossos na parte central. Nos meses de julho e/ou agosto, período da fenofase, observa-se a copa decídua. No mês seguinte (setembro) ocorre a emissão de folhagem jovem em matizes verde-claros. Em novembro ocorre a floração cobrindo a copa quase que totalmente de flores roxas/lilás; na ortofoto o aspecto observado foi de uma copa prateada/marrom (Figura 17). Pinto et al. (2008) já haviam revelado que a *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd apresenta floração anual, porém com período irregular, sem, no entanto, precisar os motivos da anormalidade da ocorrência da floração. Isso também foi observado na população estudada, pois a floração oscilou em uma

janela temporal de aproximadamente 60 dias, entre a segunda metade de setembro e a primeira quinzena de novembro, porém o mês mais importante foi outubro.

Essa característica fenológica do cumaru, o qual apresenta um pequeno período decíduo, seguido da emissão de folhagem verde-clara, e, posteriormente, uma abundante floração roxa, permite traçar uma fácil estratégia de mapeamento da espécie. Assim, dependendo do período do ano, é possível geolocalizar a copa e distingui-la das demais pelo classificador do algoritmo Geobia.

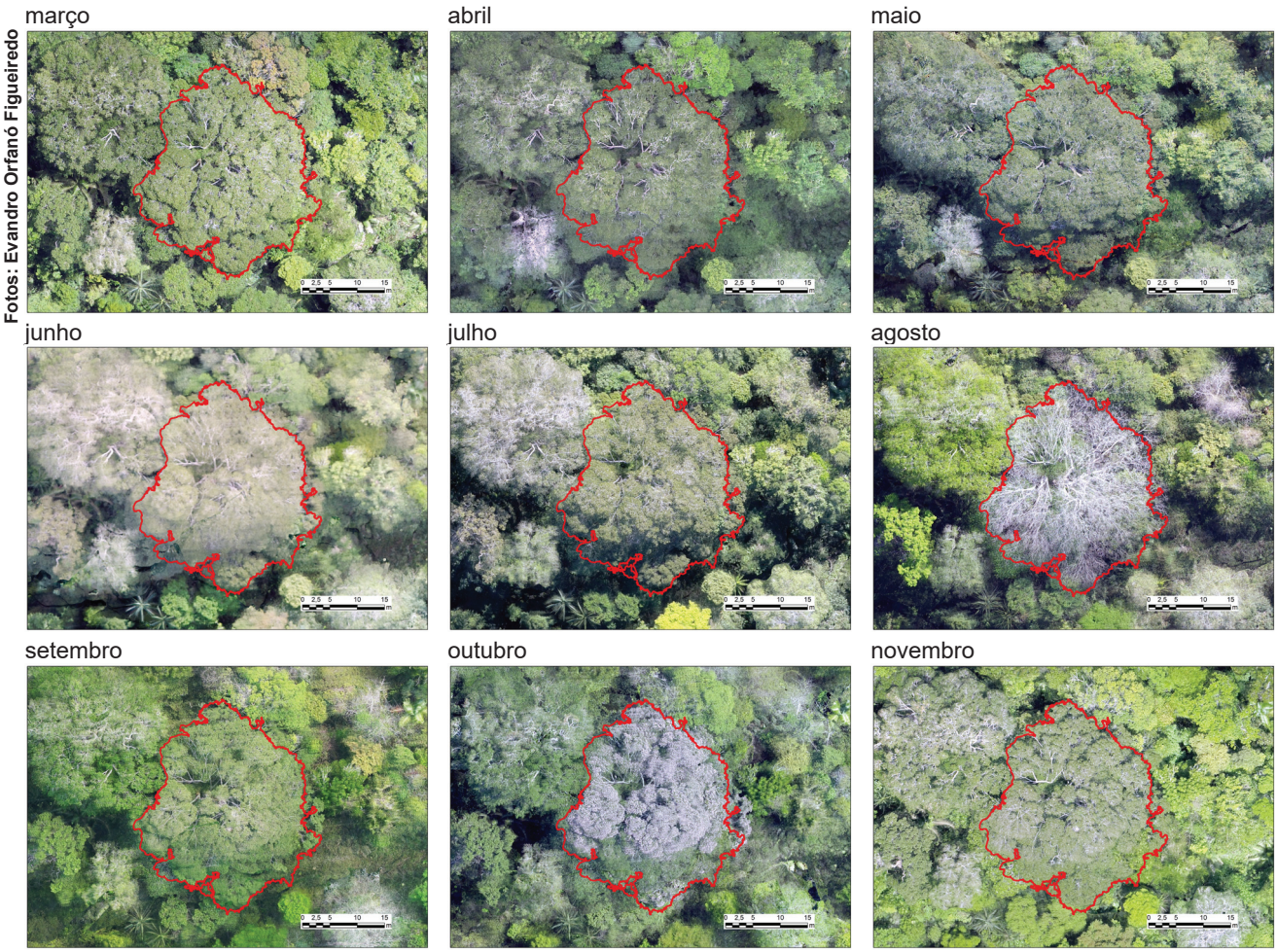


Figura 17. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr.

Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F.Macbr. tem três sinônimos populares, sendo mais conhecida por garapa, garapeira e cumaru-cetim. A garapa, conjuntamente com o cumaru-ferro, compõe o principal pacote comercial na pauta de exportação madeireira do estado do Acre (Acre..., 2017; Silva et al., 2015).

A madeira é utilizada na construção civil para a produção de pontes, estacas, dormentes ferroviários, cruzetas, mourões, postes, vigas, caibros, portas, venezianas, caixilhos, guarnições, forros, rodapés, assoalhos, tacos, tábuas, paquetes, degraus de escada, móveis decorativos e cabos de ferramentas (Amata, 2018).

Sua copa tem forma regular e se destaca entre as árvores dominantes no dossel. A espécie tem distribuição uniforme em toda área de estudo, porém ocorre predominantemente em regiões de terra firme (86% dos indivíduos).

De março a junho a copa é observada com a folhagem parcialmente formada e grande exposição de galhos, dando uma tonalidade de cor verde-clara com manchas brancas (caracterizada pelos galhos). Julho e agosto são os meses em que a copa fica completamente decídua (Figura 18), dessa forma não é possível localizar a copa da árvore de maneira automatizada, prejudicando o processo de geolocalização.

No mês de setembro inicia-se a emissão de folhagem jovem em tons de verde-claro. A copa permanece com essa aparência nos meses subsequentes de outubro e novembro. Não foi possível verificar a floração por ortofoto nos meses avaliados.

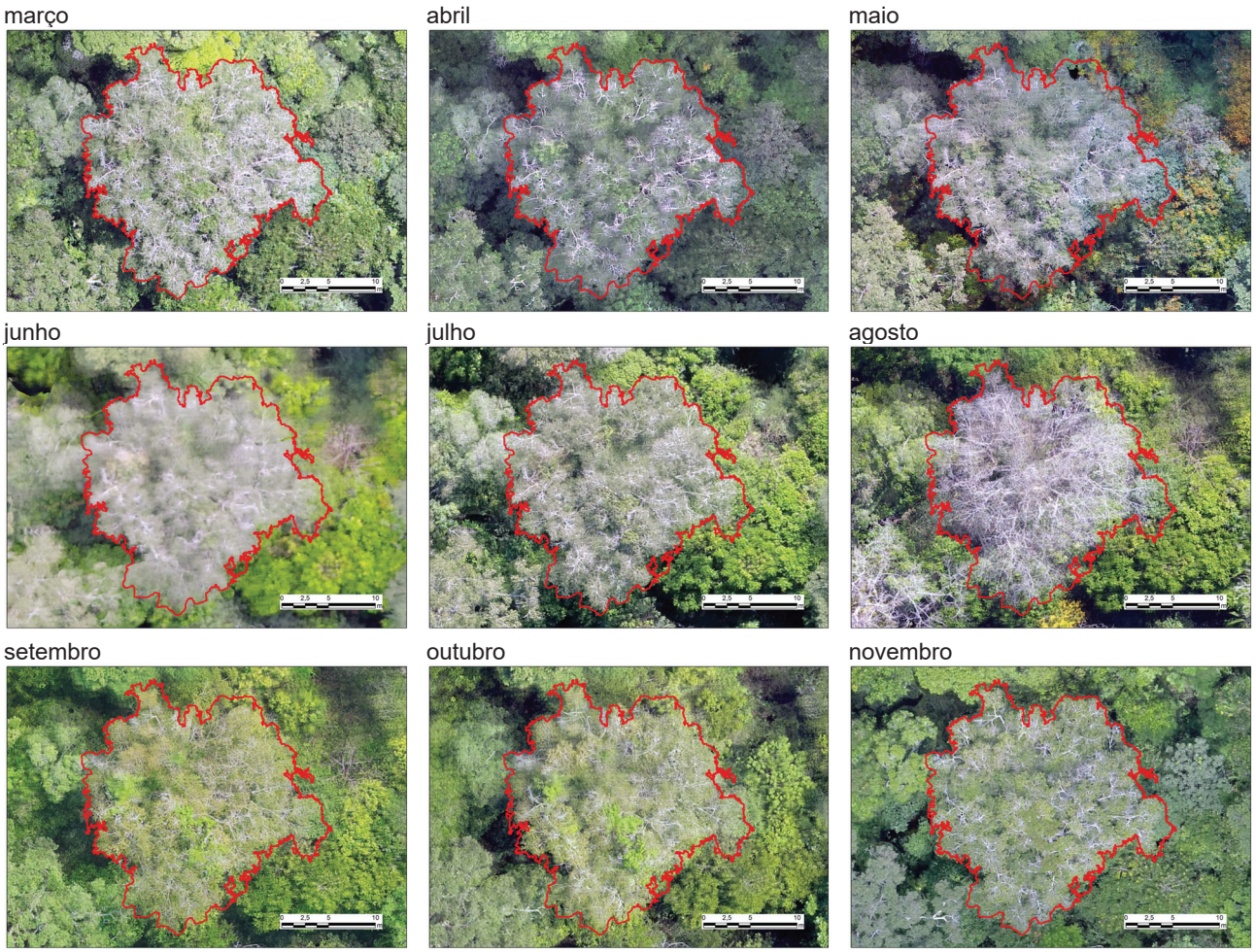


Figura 18. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Phyllocarpus riedelii Tul.

O guaribeiro (*Phyllocarpus riedelii* Tul.), apesar de ser uma árvore bastante explorada (Silva et al., 2015), é considerada uma espécie de segunda qualidade no mercado regional, geralmente utilizada na construção civil em obras provisórias, segundo Araujo et al. (2017), sendo altamente susceptível às intempéries e ao ataque de organismos xilófagos (cupins e fungos).

A ocorrência da espécie na área de estudo foi preferencialmente na região de solos de textura com baixa permeabilidade, porém, sem indivíduos na região de influência das APPs, com 69% das árvores localizadas nos divisores de águas.

A copa do guaribeiro apresenta forma regular alongada e o diâmetro médio das maiores árvores não ultrapassa 20 metros. Nos meses de março e abril, a copa tem cor predominante em tons de verde-escuro com exposição de galhos na parte central. Em maio, ocorre a floração da espécie, porém a percepção da fenofase é registrada com uma pequena mudança das cores (vermelha) no perímetro da copa e a completa perda de folhas, caracterizando uma copa com cores avermelhadas na parte externa e branca na parte interna. Nos meses de junho e julho, a copa permanece sem a folhagem, com matizes entre branco e cinza-claro.

Em agosto foi registrada a emissão de folhas jovens na maioria da população observada, formando uma copa com densa folhagem verde-clara até novembro, quando as folhas mudam sua tonalidade para um verde mais escuro (Figura 19).

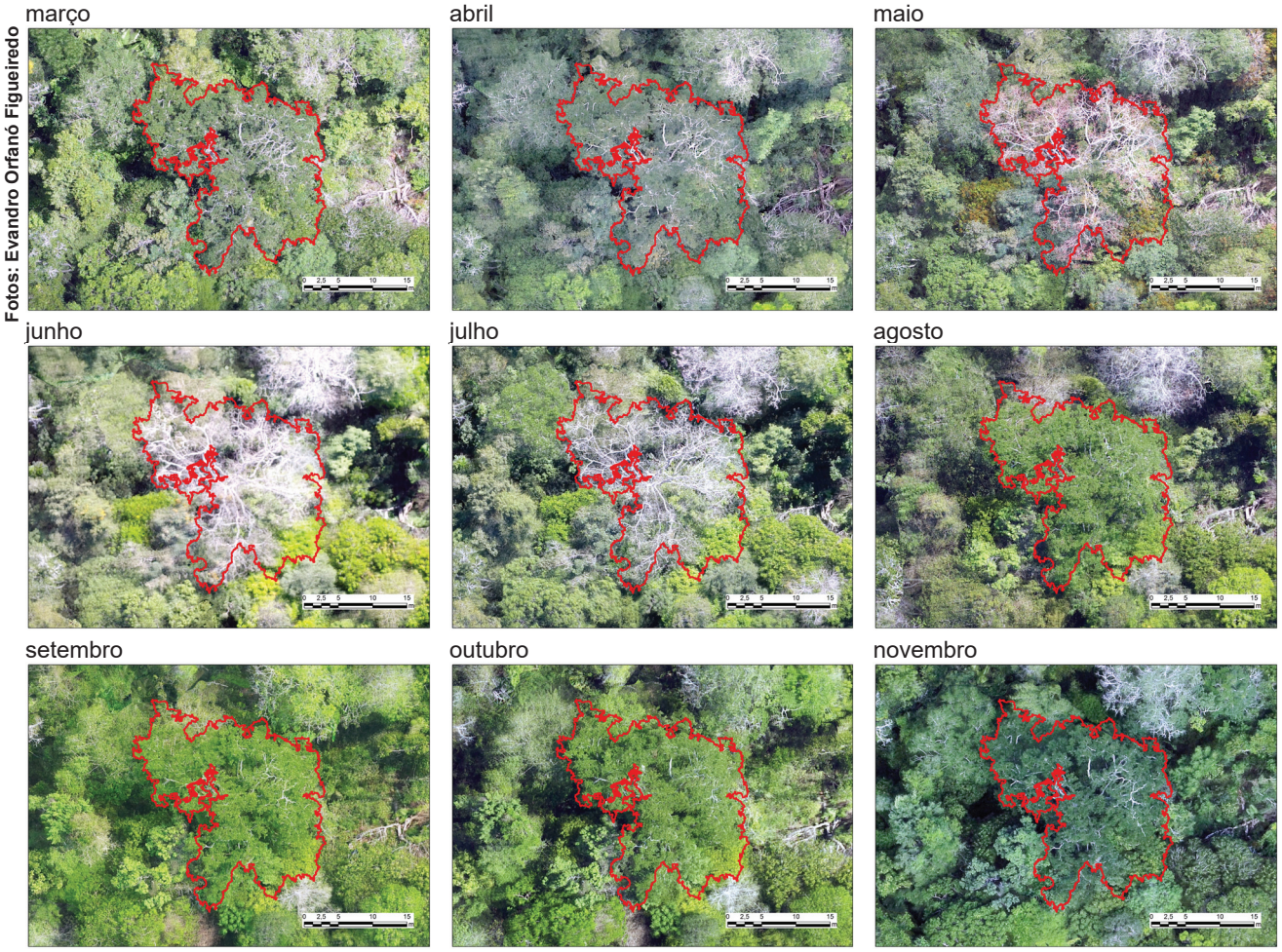


Figura 19. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Phyllocarpus riedelii* Tul., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O.Grose

O ipê-amarelo é uma das principais espécies comerciais de madeira dura, amplamente utilizada na construção civil para confecção de tacos, tesouras, réguas, forros (Amata, 2018). Na região estudada, raramente se observa um indivíduo de grande dimensão diamétrica (média de 50 cm de DAP) e sua copa, apesar de alcançar o dossel, apresenta diâmetro médio menor que 10 metros e seu crescimento anual é lento, com média de 0,41 cm.ano^{-1} (Andrade, 2015).

Na floresta estudada, o ipê-amarelo ocorreu predominantemente em divisores de água (84% das árvores), longe da influência das APPs.

Sua copa permanece com folhas de março a junho. Em julho, parte da população começa a fase decídua; no mês de agosto ocorre uma floração intensa, a qual é facilmente observada nas ortofotos. Nos meses seguintes (setembro e outubro), a maioria dos indivíduos fica sem folhas, nesse período tem-se uma pequena janela de mapeamento da espécie, que consiste em poucos dias no mês de agosto correspondentes à floração (Figura 20).

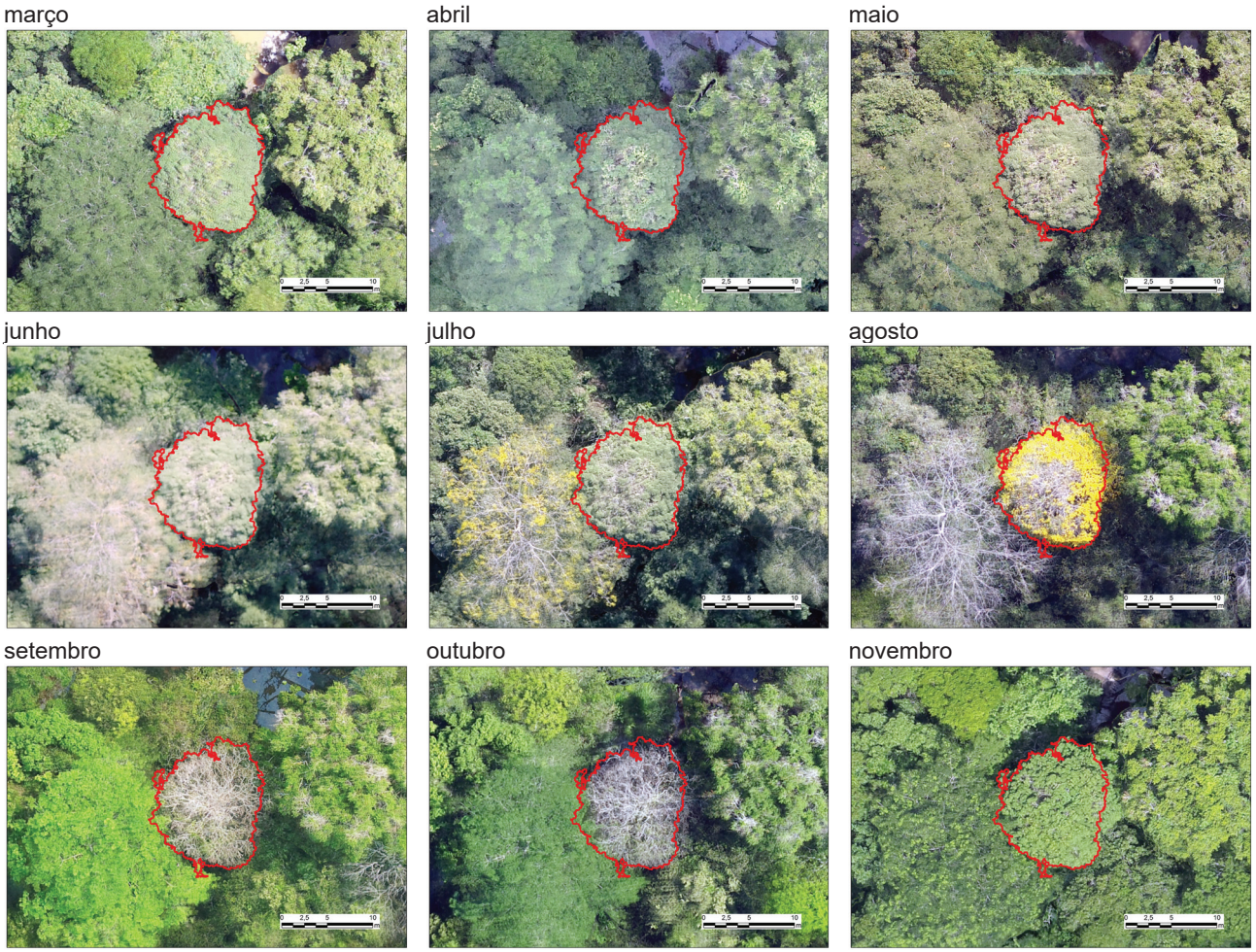


Figura 20. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose, entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

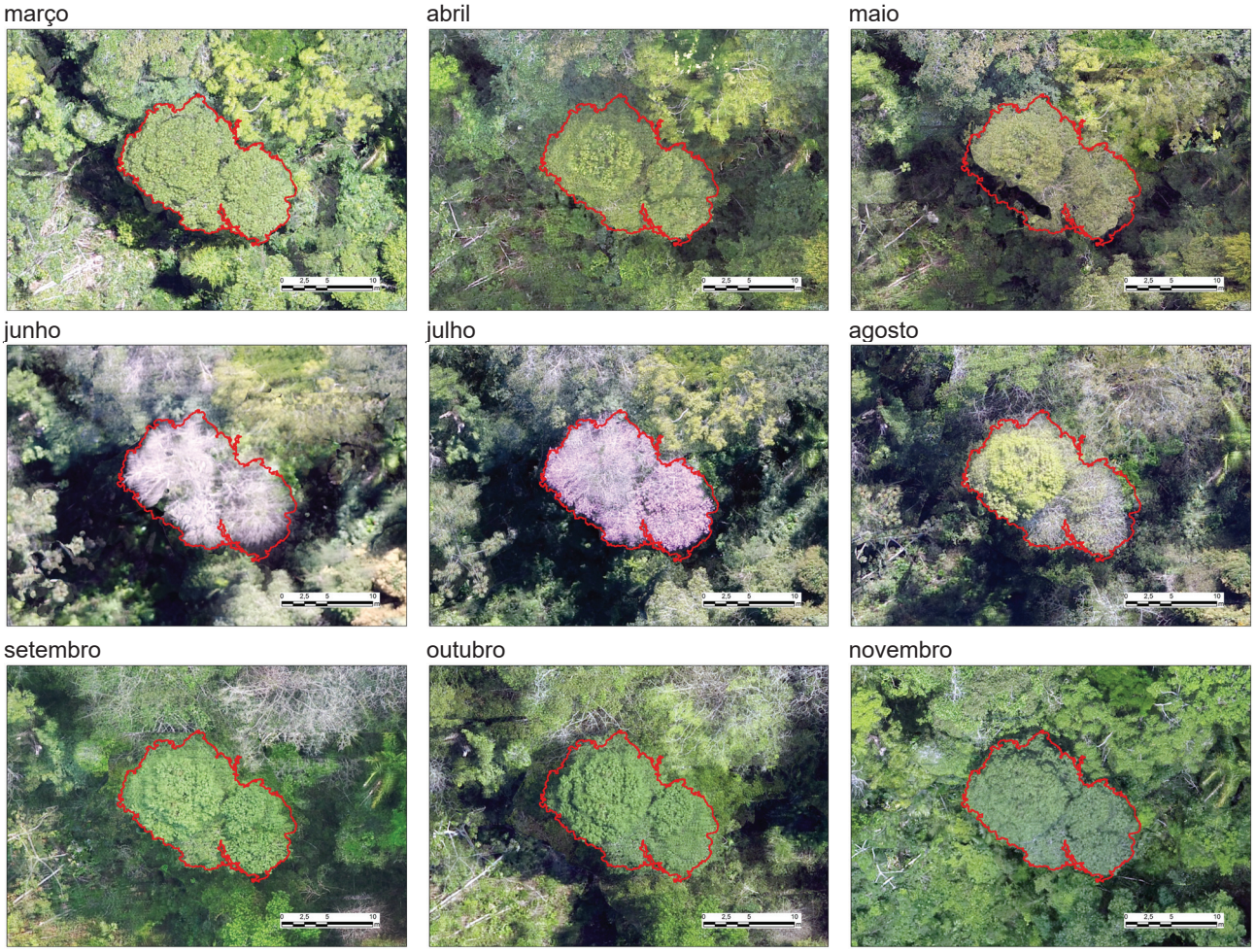
Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos, conhecida popularmente pelos nomes de ipê-roxo, pau-d'arco-roxo, açoita-cavalo, camarão, embiratã, folha-larga, ipê-ovo-de-macaco dentre outros sinônimos (Amata, 2018; Pestana, 2011), é uma espécie de alto valor no mercado e de grande procura na construção civil, tanto para peças pesadas, como para móveis de fino acabamento (Amata, 2018). Também é muito apreciada pela alta durabilidade da madeira na construção rural, principalmente, no emprego como mourões e postes. Estudos preliminares, realizados por Araujo et al. (2017), apontam que após 18 meses em condições severas de exposição às intempéries climáticas, e parcialmente enterrada no solo, a espécie manteve as mesmas características físicas da madeira, demonstrando excelente resistência a insetos, fungos e umidade.

O ipê-roxo ocorreu, predominantemente, nas cotas mais altas do terreno. Sua copa varia entre uma copa regular e irregular alongada.

Entre os meses de março e maio, a copa permanece completa recoberta com folhas em tons de verde-escuro. Já no final de maio e durante todo o mês de junho, muitas copas ficam decíduas, predominando a coloração branca. Em julho, ocorre uma floração intensa na coloração roxa/lilás, a qual é facilmente segmentada em software de classificação de imagens.

No mês seguinte (agosto), as flores já não estão presentes e a copa fica novamente sem folhas. Somente em setembro ocorre intensa emissão de folhagem jovem na coloração com matizes verde-claros, e essa característica se mantém até outubro. No mês de novembro ocorre uma mudança na coloração das folhas, que a partir de então, ficam mais maduras e são visualizadas nas ortofotos em tons de verde-escuro (Figura 21).



Fotos: Evandro Orfanó Figueiredo

Figura 21. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Schizolobium amazonicum Ducke

Pinho-cuiabano, paricá, bandarra, bucurubu, guapurubu, ficheira, bacurubu, garapivu, pataqueira, pau-de-vintém, birosca e faveira são alguns dos sinônimos populares mais conhecidos na Amazônia da espécie *Schizolobium amazonicum* Ducke (Amata, 2018; Serviço Florestal Brasileiro, 2018; The Plant List, 2018c). A espécie tem uma madeira amarela, sendo bastante demandada para produção de painéis, portas, brinquedos, molduras (Amata, 2018), porém sofre forte ataque de fungos, provocando grave depreciação de sua qualidade (Almeida et al., 2016; Cordeiro et al., 2016).

A espécie *Schizolobium amazonicum* Ducke é uma pioneira e ocupa com maior frequência as florestas secundárias, bordadura de floresta primária e clareiras. Essa característica não é alterada na área de estudo, onde 67% dos indivíduos encontram-se na borda da floresta, limite com áreas já convertidas para atividades agropecuárias.

A copa tem forma regular e compacta, com diâmetro médio que pode ultrapassar 25 metros.

De março a maio, a copa encontra-se com a folhagem completa com a cor predominante verde-escura. No mês de junho, a copa já está decídua e em julho ocorre uma intensa floração que é facilmente verificada nas imagens aéreas (Figura 22). Em agosto, as flores já não estão presentes e

a copa fica sem a folhagem, com predomínio da coloração branca, em decorrência da exposição da galhada. Em setembro e outubro ocorre a emissão de folhas jovens (tom verde-claro) e em novembro as copas já se encontram completamente enfolhadas em um matiz de verde-escuro brilhante.

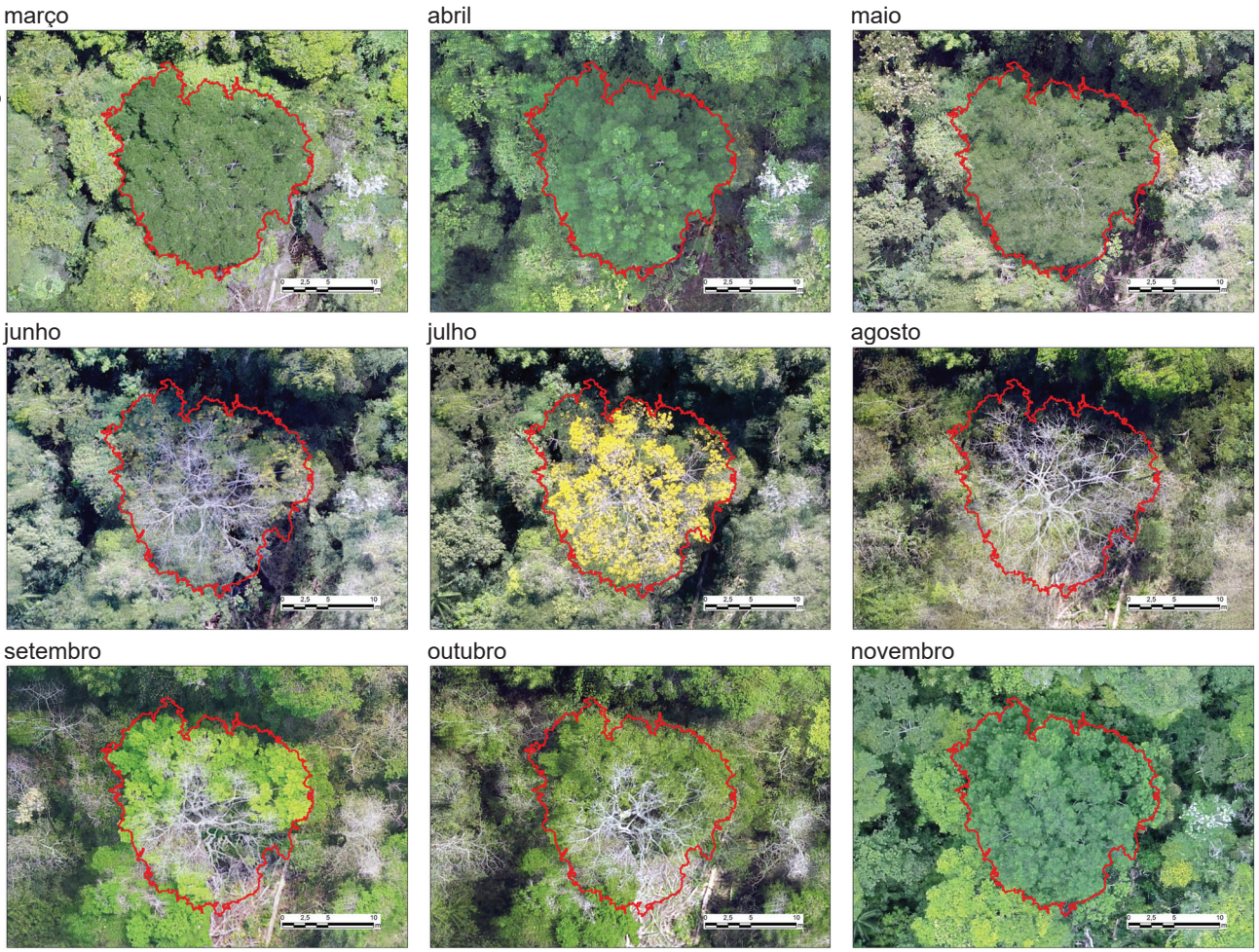


Figura 22. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Schizolobium amazonicum* Ducke, entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Hura crepitans L.

Hura crepitans L. é conhecida como açacu, porém, por uma estratégia de reposicionamento de marketing, seu nome comercial agora também é conhecido como pinho-do-norte. Sua madeira tem coloração semelhante ao *Pinus* spp. (sem as marcas de anéis de crescimento) e com baixa densidade (0,40) (Mendes et al., 2015), porém, altamente resistente as intempéries, quando não colocada diretamente ao solo. Em decorrência de sua leveza e durabilidade, é fácil de ser trabalhada, sendo utilizada em móveis e amplamente empregada para a construção naval na região Amazônica.

Conforme já apontado por Figueiredo et al. (2015), a espécie ocorre preferencialmente na zona de influência das APPs, bem próxima aos cursos d'água. Na floresta estudada, 89% das árvores de *Hura crepitans* L. ocorrem a menos de 30 metros das margens de um igarapé.

Geralmente, são árvores de grandes dimensões com indivíduos que podem alcançar mais de 50 metros cúbicos de madeira no fuste comercial e com mais de 45 metros de diâmetro médio das copas. Portanto, são facilmente localizadas nas ortofotos obtidas com as RPAs.

De março a julho, a copa permanece com todas as folhas, em um padrão de coloração verde--escura, e não é raro observar nas imagens aéreas os galhos de grande diâmetro. Em agosto, observa-se a perda parcial das folhas (semidecídua), principalmente, na parte externa da copa, onde se vê um emaranhado de pequenos galhos (coloração branca).

Em setembro, a parte externa da copa emite novas folhas e o manto da copa ganha uma coloração verde brilhante, mudando de forma gradual para um verde mais escuro nos meses de outubro e novembro (Figura 23). Durante o período de observação não foi possível visualizar o momento da floração da espécie, por meio das ortofotos.

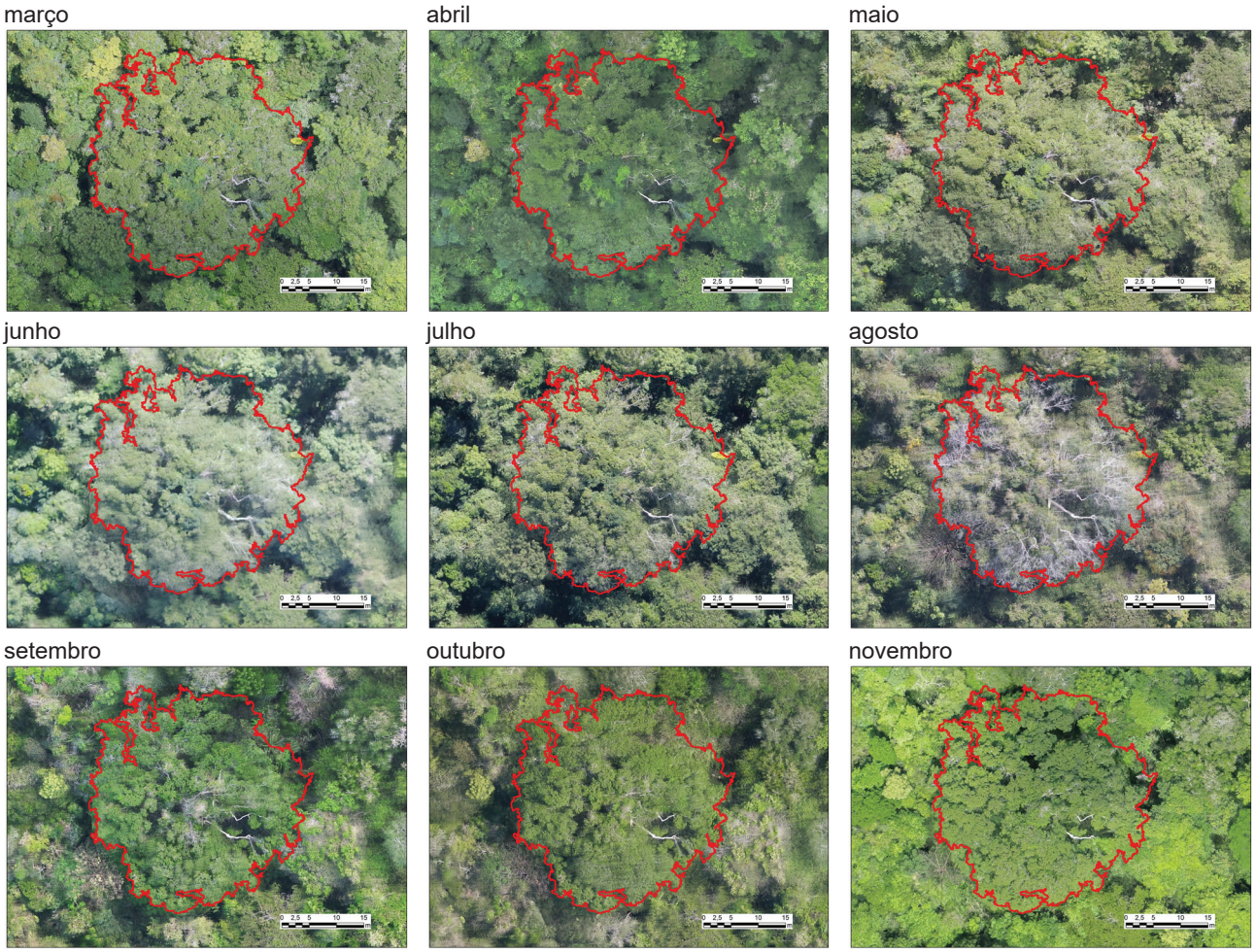


Figura 23. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Hura crepitans* L., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Ceiba pentandra (L.) Gaertn.

Ceiba pentandra (L.) Gaertn (The Plant List, 2018d), conhecida popularmente por samaúma, samaúma-branca, samaúma-verdadeira ou sumaúma, é uma das árvores mais icônicas da Amazônia, em decorrência de sua exuberância (fuste e copa de grandes dimensões) e localização sempre próxima a cursos hídricos (Carim et al., 2017), o que facilita sua visualização durante as viagens pelos rios da região. Na área de estudo, 81% dos indivíduos ocorreram próximos às margens dos igarapés.

Sua madeira é clara e leve (Mendes et al., 2015), sendo uma das espécies mais apreciadas na indústria de compensados.

A copa tem formato que varia de regular compacta à irregular alongada, porém uma característica comum nos indivíduos dominantes é a grande dimensão, podendo alcançar mais de 30 metros de diâmetro.

Durante o período estudado, a samaúma teve um comportamento de deciduidade parecido com a *Hura crepitans* L., com perda total das folhas no mês de agosto, enquanto no pinho-do-norte, a deciduidade foi parcial (Figura 24). Também não foi possível detectar o período de floração nas imagens aéreas.

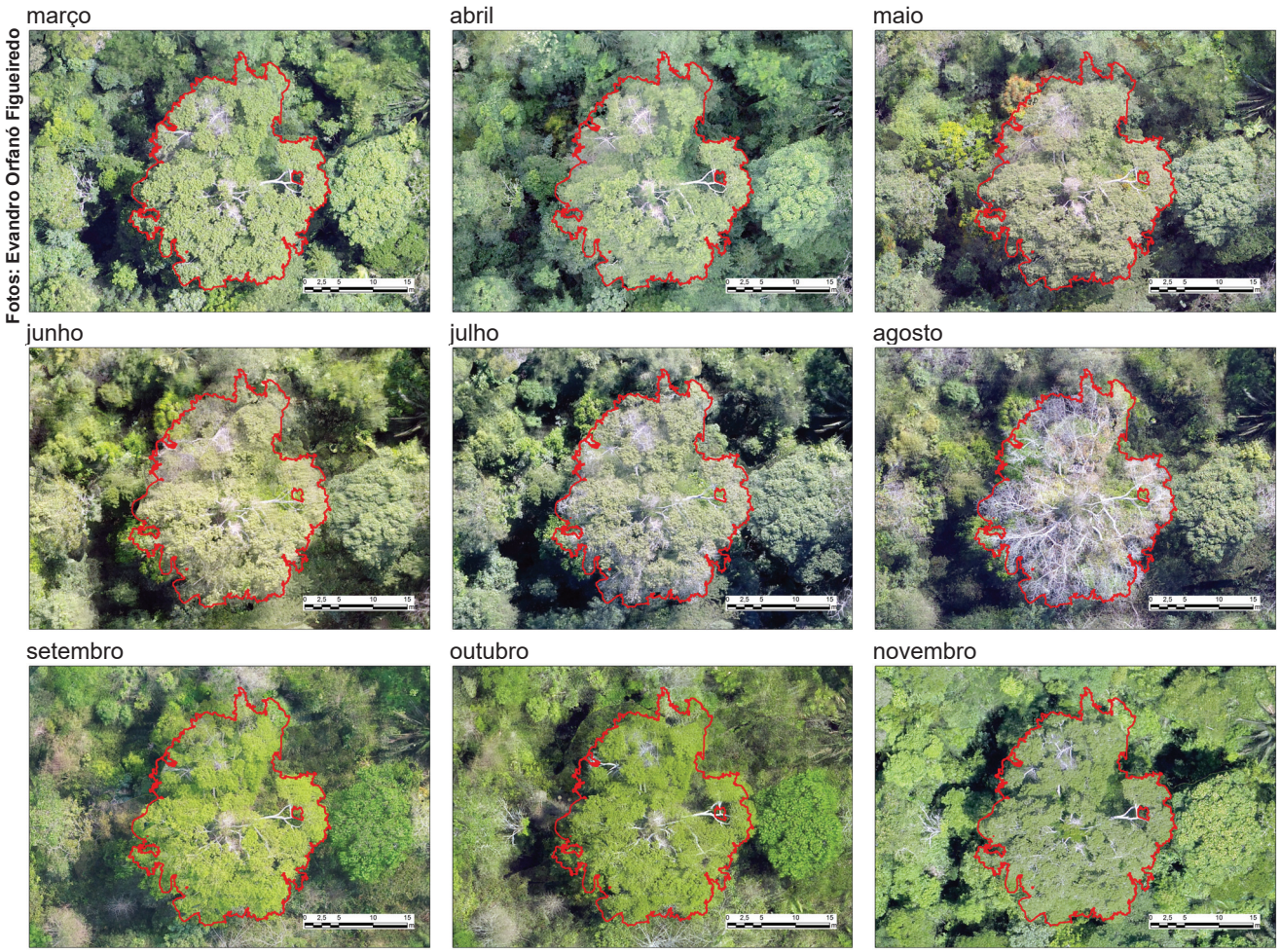


Figura 24. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Couratari macrosperma A.C.Sm.

Couratari macrosperma A.C.Sm. apresenta sinônimos populares como tauari, toari, castanha-de-macaco, copinho e jequitibá-do-brejo. Sua madeira é considerada de segunda categoria e apresenta acentuado grau de degradação, quando submetida às intempéries do ambiente externo (Araujo et al., 2017). Portanto, o uso dessa espécie é limitado para construções temporárias e peças de menor valor no mercado (paletes e embalagens) (Amata, 2018).

Na área de estudo, sua ocorrência foi predominantemente nas regiões de divisores de água e apenas 25% dos indivíduos ocorreram na APP. Sua copa tem forma regular e compacta, atingindo facilmente 25 metros de diâmetro.

Entre março e maio, a copa permanece com a folhagem bem formada em uma coloração verde-escura, sem a exposição dos galhos. Nos meses de junho e julho, a copa fica completamente decídua e sua tonalidade na imagem aérea aparece esbranquiçada. Em agosto, as copas dos tauaris, na sua maioria, foram visualizadas com a presença de folhas jovens verde-claras e essa tonalidade foi sendo modificada ao longo dos meses (outubro e novembro) para um matiz de verde mais escuro (Figura 25).

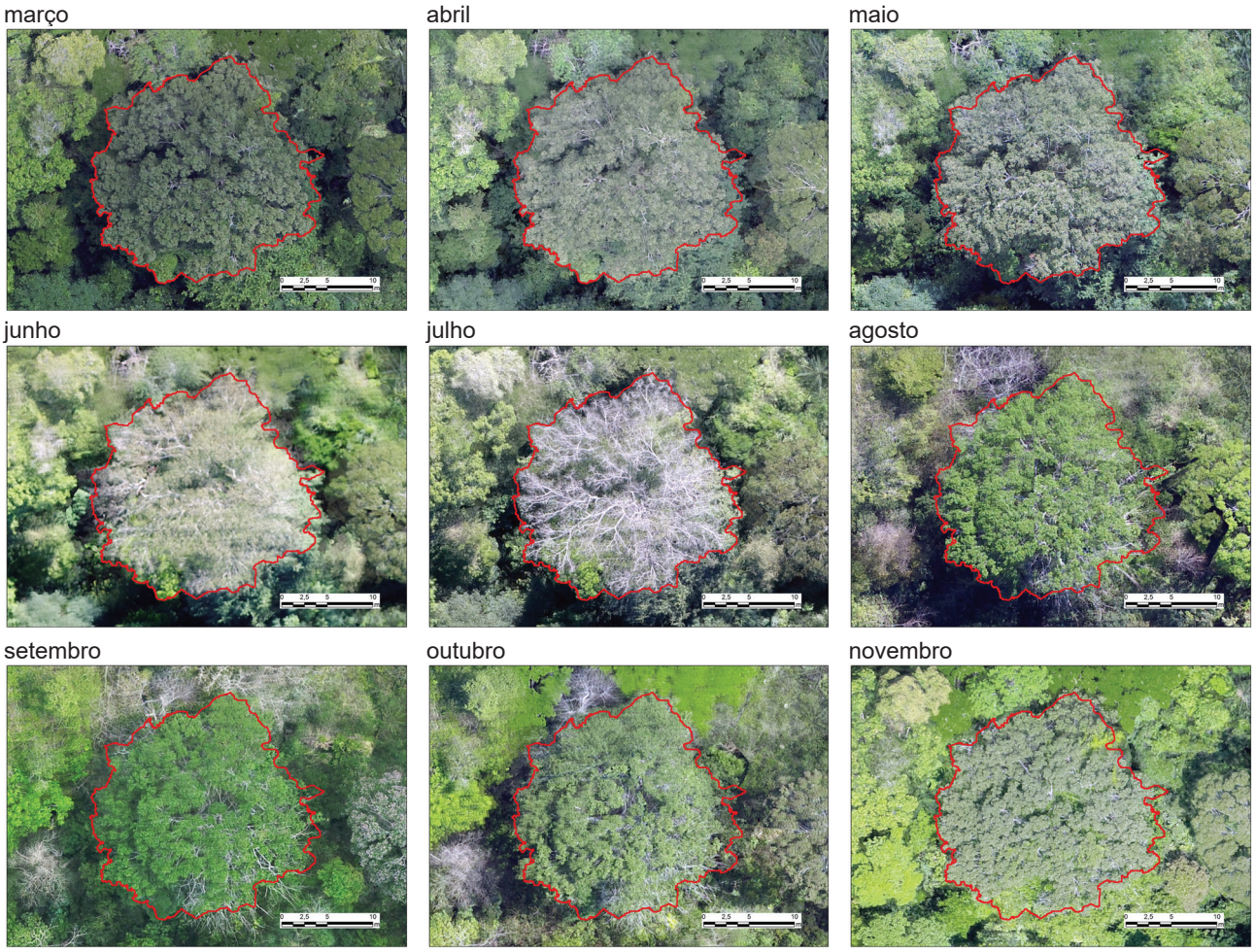


Figura 25. Ortofoto com o polígono da segmentação automática da copa e as características dominantes para a espécie *Couratari macrosperma* A.C.Sm., entre os meses de março a novembro de 2017, Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Calendário preliminar para realização do inventário florestal e considerações finais

Aleixo (2014); Peñuelas e Filella (2009); Wright et al. (1999); Wright e Calderon (2006) revelam que padrões fenológicos podem variar entre diferentes espécies e entre indivíduos da mesma espécie, isso também foi constatado no decorrer desse estudo e o calendário preliminar representa uma situação modal de cada espécie para o primeiro ano de estudo.

A continuidade dos sobrevoos de inventário florestal e o aprofundamento dos estudos ao longo dos anos vão esclarecer os demais fatores que podem influenciar as fenofases e interferir no calendário de inventário, a exemplo, das condições de clima local, eventos climáticos extremos, solos e nutrição, tipologia florestal, estágio sucessional, relevo e hidrografia, conforme já relatados por Bentos et al. (2008); Borchert (1994); Bullock e Solis-Magallanes (1990); Peñuelas e Filella (2009); Wright e Calderon (2006). Portanto, com referência aos ambientes, quanto mais abrangente e mais longo for o estudo fenológico, mais confiáveis serão as respostas.

De acordo com a classificação proposta por Newstrom et al. (1994), os padrões da fenofase (época, duração e frequência) podem ser categorizados, estando o termo época relacionado ao mês ou estação do ano em que a fenofase é observada com maior frequência entre os indivíduos da mesma espécie.

A duração é a quantidade de meses de ocorrência da fenofase, sendo até 1 mês considerado um fenômeno breve; de 2 a 5 meses, intermediário; e mais de 5 meses, prolongado. A frequência é o número de ciclos por ano, podendo ser subanual, quando há múltiplas ocorrências; anual, quando houver uma fase por ano; ou supra-anual, com intervalos de mais de 2 anos por ciclo (Newstrom et al., 1994).

O calendário preliminar de inventário (Tabela 3) consiste na primeira aproximação de um estudo, em longo prazo, que responde de forma liminar e parcialmente a duas perguntas das três questões principais das fenofases para realização do inventário com as RPAs, ou seja, época, duração das fases fenológicas de 14 espécies florestais para um determinado ano e tipologia florestal.

Tabela 3. Calendário preliminar para obtenção de ortofotos a partir de RPAs, visando realizar o procedimento de geolocalização, obtenção dos dados de morfometria de copa e identificação automática prévia de espécies, Rio Branco, Acre, 2017.

Seq.	Espécie	Nome científico	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	N[1]
1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre													119
2	Angico	*Parkia nitida* Miq.													34
3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.													138
4	Cedro	*Cedrela odorata* L.													65
5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm													16
6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd													31
7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.													64
8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.													45
9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose													25
10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos													16
11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke													28
12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.													35
13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.													21
14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.													88

[1]N = Número de indivíduos da espécie estudada. ■ = Período possível para realização do voo de inventário florestal. ■ = Período em que não é possível realizar o voo em decorrência da estação chuvosa. ■ = Período possível para realização do voo de inventário florestal com nítida identificação da florada. Células em branco demarcam o período em que não é possível identificar e geolocalizar a copa.

A forma concisa do comportamento das fenofases ao longo dos meses de acompanhamento no ano de 2017 e a possibilidade do emprego do algoritmo Geobia para segmentação e classificação das copas das espécies de interesse constam nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4. Características de copa, fenofases, coloração predominante da folhagem e possibilidade de segmentação e classificação (algoritmo Geobia) da copa das árvores dominantes e codominantes, a partir de ortofotos obtidas com RPAs, Rio Branco, Acre, 2017.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação	Classificação
Março	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X	X						VcVe	X	
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X						Ve	X	
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X			X			Vc	X	
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X	X						Ve	X	X
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X			X	X				Ve	X	
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X						Vc	X	
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X	X		X				VeB	X	
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X	X		X				Ve	X	
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X		X						VcB	X	
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X						Ve	X	
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X		X						Ve	X	X
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X	X						Ve	X	
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X	X			X			VeB	X	
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X		X						Ve	X	

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação	Classificação
Abril	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X		X	X				VcVeB	X	X
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X						Ve	X	
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X			X			Vc	X	
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X	X						VcB	X	
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X			X	X				Vc	X	
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X						Vc	X	
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X	X		X				VeB	X	
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X		X	X				VcVe	X	
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X		X						VcB	X	
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X						Ve	X	
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X		X						Ve	X	
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X	X						Ve	X	
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X	X			X			VeB	X	
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X		X						VcB	X	
Maio	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X		X	X				BVc	X	
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X						Ve	X	
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X			X			Vc	X	
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X	X						VcB	X	
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X				X		X		BVc		
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X						Vc	X	
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X		X	X				VeB	X	
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X			X		X	X	BV		
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X			X					VcB	X	
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X	X					M		
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X		X						Ve	X	
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X	X						Ve	X	
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X	X			X			VeB	X	
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X			X					VcBM	X	

[1]Vc = Verde-claro. Ve = Verde-escuro. B = Branco. M = Marrom.

Tabela 5. Características de copa, fenofases, coloração predominante da folhagem e possibilidade de segmentação e classificação (algoritmo Geobia) da copa das árvores dominantes e codominantes, a partir de ortofotos obtidas com RPAs, Rio Branco, Acre, 2017.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação Classificação
Junho	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X			X		X		B	
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X		X				VcB	X
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X		X	X			Vc	X
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X	X						VcB	X
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X				X		X		B	
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X		X				Ve	X
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X		X	X				VcB	X
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X		X	X		X		B	
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X			X					VcB	X
	10	Pau-d'arco--roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X			X		X		BRx	
	11	Pinho--cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X				X		X		B	
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X		X	X				Vc	X
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X		X		X			VeB	X
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X			X	X				BVc	
Julho	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X		X	X		X		VcB	
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X		X				VcB	X
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X		X	X	X			Vc	X
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X		X	X				VcM	X
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X				X		X		B	
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X		X	X				Ve	
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X		X	X		X		VcB	
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X			X		X		B	
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X				X		X		B	
	10	Pau-d'arco--roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X			X			X	Rx	X
	11	Pinho--cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X				X			X	Am	X
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X		X	X	X			VcB	X
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X		X		X			VeB	
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X				X	X	X		BV	

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação	Classificação
Agosto	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X		X	X				Vc	X	
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X		X	X	X	X		B		
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X			X	X	X		B		
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X			X		X		BVcM		
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X				X		X		B		
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X			X	X	X		B		
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X			X		X		B		
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X		X	X				VcVe	X	
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X				X			X	Am	X	
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X		X	X		X		VcB		
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X				X		X		B		
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X			X	X	X		B		
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X			X	X	X		B		
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X			X	X	X			BVc		

[1]Vc = Verde-claro. Ve = Verde-escuro. B = Branco. M = Marrom. Am = Amarelo. Rx = Roxo.

Tabela 6. Características de copa, fenofases, coloração predominante da folhagem e possibilidade de segmentação e classificação (algoritmo Geobia) da copa das árvores dominantes e codominantes, a partir de ortofotos obtidas com RPAs, Rio Branco, Acre, 2017.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação Classificação
Setembro	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X	X						Vc	X
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X			X	X	X		B	
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X		X	X	X	X		VcB	
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X			X		X		BVcM	
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X				X		X		B	
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X						Vc	X
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X		X	X				Vc	
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X	X		X				VeVc	X
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X			X	X		X		BVc	
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X						Vc	X
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X			X	X				BVc	
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X			X	X	X		VcB	X
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X		X		X			VcB	X
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X			X					BVc	X
Outubro	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X	X						Vc	X
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X		X					Vc	X
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X		X	X			Vc	X
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X			X		X		BVcM	
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X			X	X				Vc	X
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X					X	Rx	X
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X	X		X				VcVe	X
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X	X		X				VeVc	X
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X		X	X					Vc	X
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X						Ve	X
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X		X	X	X				VcVe	X
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X	X						Ve	X
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X	X			X			VcB	X
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X		X						VcVe	X

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Meses do inventário	Sequência	Espécie	Nome científico	Copa regular	Copa irregular	Área foliar completa	Área foliar incompleta	Copa galhos finos	Copa galhos grossos	Copa decídua	Copa florada	Cor predominante[1]	Segmentação Classificação
Novembro	1	Abiu-rosa	*Micropholis guyanensis* (A.DC.) Pierre	X	X	X						VcVe	X
	2	Angico	*Parkia nitida* Miq.	X	X	X						VcVe	X
	3	Castanheira	*Bertholletia excelsa* Bonpl.	X	X	X		X	X			VcVe	X
	4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	X	X	X						Ve	X
	5	Cerejeira	*Amburana acreana* (Ducke) A.C.Sm	X			X	X				Ve	X
	6	Cumaru-ferro	*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd	X	X	X						VeVc	X
	7	Garapa	*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.		X	X		X				VeB	X
	8	Guaribeiro	*Phyllocarpus riedelii* Tul.		X	X		X				Ve	X
	9	Ipê-amarelo	*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose	X		X						Vc	X
	10	Pau-d'arco-roxo	*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos		X	X						Ve	X
	11	Pinho-cuiabano	*Schizolobium amazonicum* Ducke	X		X						Ve	X
	12	Pinho-do-norte	*Hura crepitans* L.		X	X						Ve	X
	13	Samaúma	*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.	X	X	X			X			VeBVc	X
	14	Tauari	*Couratari macrosperma* A.C.Sm.	X		X						Ve	X

[1]Vc = Verde-claro. Ve = Verde-escuro. B = Branco. M = Marrom. Rx = Roxo.

Referências

ACRE em números 2017. Rio Branco: Seplan, 2017. 179 p. Disponível em: <http://www.ac.gov.br/wps/wcm/connect/4bb6ed00414180378291f31a15eb5101/acre-em-numeros-2017.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=4bb6ed00414180378291f31a15eb5101>. Acesso em: 10 maio 2018.

ADDINK, E. A.;VAN COILLIE, F. M. B.; DE JONG, F. M. B. Introduction to the GEOBIA 2010 special issue: from pixels to geographic objects in remote sensing image analysis. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 15, p. 1-6, Apr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Requisitos gerais para veículos aéreos não tripulados e aeromodelos**. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/2015/aud13/ anexoI.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.

ALEIXO, I. F. **Padrões e tendências de 30 anos de floração em espécies arbóreas de terra firme na Amazônia Central**. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais: Silvicultura Tropical) – Instituto de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

ALMEIDA, P. R.; JESUS, B. A.; QUADROS, A. F. F.; BATISTA, I. C. A.; BRANDÃO, A. T. O. Fungos associados ao escurecimento da madeira em paricá. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 4., 2016, Belém, PA. **Anais**... Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. p. 45-48.

AMATA. **Guia de madeiras**. Disponível em: http://<www.amatabrasil.com.br/download-arquivo?id=1875>. Acesso em: 30 maio 2018.

ANDRADE, V. H. F. **Modelos de crescimento para *Hymenaea courbaril* L. e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) SO Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento**. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ARAUJO, H. J. B. Crescimento de espécies madeireiras em uma floresta acreana e compatibilidade com a legislação florestal. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 2, p. 113-123, 2016.

ARAUJO, H. J. B. Inventário florestal a 100% em pequenas áreas sob manejo florestal madeireiro. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 447-464, 2006.

ARAUJO, H. J. B.; OLIVEIRA, L. C.; SANTOS, R. S.; SIVIERO, A. Durabilidade natural de madeiras amazônicas ocorrentes no acre (resultados preliminares). In: SEABRA, G. (Org.). **Educação ambiental**: a sustentabilidade dos ambientes rurais e urbanos. Ituiutaba: Barlavento, 2017. p. 340-352.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. (Ed.). BEITRÄGE ZUM AGIT SYMPOSIUM, 20., 2000, Salzburg. **Angewandte Geographische Informationsverarbeitung**. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag, 2000. p. 12-23.

BARALOTO, C.; WALTHIER, F.; FERREIRA, E.; ROCKWELL, C. **Árvores madeireiras do Acre, Brasil**: um guia para os mateiros. Disponível em: <http://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/187_Acre_Arvores_v2_1.pdf>. Acesso em: 3 maio 2018.

BARBIERI, C. Empresa brasileira desenvolve “Internet das Vacas”. **Estadão, Economia & Negócios**, 10 nov. 2017. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,empresa-brasileira-desenvolve-a-internet-das-vacas-inovacao-no-campo-e-tema-central-de-summit-em-sp,70002078869>. Acesso em: 3 maio 2018.

BENTOS, T. V.; MESQUITA, R. C. G.; WILLIAMSON, G. B. Reproductive phenology of Central Amazon pioneer trees. **Tropical Conservation Science**, v. 1, n. 3, p. 186-203, 2008.

BERVEGLIERI, A.; TOMMASELLI, A. M. G. Locating control points in aerial images with a multi-scale approach based on terrestrial image patches. **The Photogrammetric Record**, v. 30, n. 149, p. 63-81, 2015.

BLASCHKE, T.; HAY, G. J.; KELLY, M.; LANG, S.; HOFMANN, P.; ADDINK, E.; FEITOSA, R. Q. Geographic object-based image analysis – towards a new paradigm. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 87, p. 180-191, 2014.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1437-1449, 1994.

BULLOCK, S. H.; SOLIS-MAGALLANES, J. A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. **Biotropica**, v. 1, n. 1, p. 22-35, 1990.

BURGER, H. Baumkrone und zuwachs in zwei hiebsreifen fichtenbeständen. **Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen**, v. 21, p. 147-176, 1939.

CARIM, M. D. J. V.; WITTMANN, F. K.; PIEDADE, M. T. F.; SILVA GUIMARÃES, J. R.; TOSTES, L. D. C. L. Composition, diversity, and structure of tidal “Várzea” and “Igapó” floodplain forests in eastern Amazonia, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, n. 1, p. 115-124, 2017.

CASSOL, C. I. A. **Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamento implantado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze., em Passo Fundo – RS**. 1982. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CAVERS, S.; NAVARRO, C.; LOWE, A. J. Chloroplast DNA phylogeography reveals colonization history of a neotropical tree, Cedrela odorata L., in Mesoamerica. **Molecular Ecology**, v. 12, p. 1451-1460, 2003.

CHAVANA-BRYANT, C.; MALHI, Y.; WU, J.; ASNER, G. P.; ANASTASIOU, A.; ENQUIST, B. J.; MARTIN, R. E. Leaf aging of Amazonian canopy trees as revealed by spectral and physiochemical measurements. **New Phytologist**, v. 214, n. 3, p. 1049-1063, 2017.

CHEN, G.; METZ, M. R.; RIZZO, D. M.; DILLON, W. W.; MEENTEMEYER, R. K. Object-based assessment of burn severity in diseased forests using high-spatial and high-spectral resolution MASTER airborne imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 102, p. 38-47, 2015.

CORDEIRO, I. M. C.; LAMEIRA, O. A.; MENEZES, I. C.; COSTA, M. P.; REIS, L. R. S. Efeito de diferentes concentrações de nitrato de amônio no controle da oxidação in vitro em segmento caulinar de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, n. 41, p. 97-104, 2016.

CUNHA, T. A. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na floresta amazônica**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G. Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* na Amazônia ocidental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, 2012.

DAWKINS, H. C. Crown diameters: their relationship to bole diameter in tropical trees. Commonw. **Forest Review**, v. 42, p. 318-333, 1963.

DJI. **Phantom 4 Pro**. Disponível em: <https://www.dji.com/phantom-4-pro/info#specs>. Acesso em: 4 abr. 2018.

DRĂGUŢ, L.; TIEDE, D.; LEVICK, S. R. ESP: a tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 24, p. 859-871, 2010.

FERNANDES, N. C. L.; VALLE, M. L. A.; CALDERON, C. M. A. Physical and anatomical characteristics of *Cedrela odorata* L. and *Cedrelinga cateniformis* Ducke. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, 2018.

FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Manejo de precisão em florestas tropicais**: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. V. N. d'; BRAZ, E. M.; PAPA, D. A.; FEARNSIDE, P. M. LIDAR-based estimation of bole biomass for precision management of an Amazonian forest: comparisons of ground-based and remotely sensed estimates. **Remote Sensing of Environment**, v. 187, p. 281-293, Dec. 2016.

FIGUEIREDO, E. O.; FIGUEIREDO, S. M. D. M. **Planos de voo semiautônomos para fotogrametria com aeronaves remotamente pilotadas de classe 3**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2018. 50 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 75).

FIGUEIREDO, S. M. D. M.; VENTICINQUE, E. M.; FIGUEIREDO, E. O.; FERREIRA, E. J. L. Predicting the distribution of forest tree species using topographic variables and vegetation index in eastern Acre, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 167-174, 2015.

HAY, G. J.; CASTILLA, G. Geographic object-based image analysis (GEOBIA): a new name for a new discipline. In: BLASCHKE, T.; LANG, S.; HAY, G. (Ed.). **Object-based image analysis**. Heidelberg: Springer, 2008. p. 75-89.

HAY, G. J.; BLASCHKE, T. Forward: special issue on geographic object-based image analysis (GEOBIA). **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 76, p. 121-122, 2010.

LOBÃO, M. S. **Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. amazonicum Hub. ex Ducke, no estado do Acre, Brasil**. 2011. 215 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais: Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

LOCATELLI, M.; MACEDO, R. S.; VIEIRA, A. H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de Cedro Rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S2, p. 645-647, 2008.

LOWE, D. G. Object recognition from local scale-invariant features. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION, 7., 1999, Kerkyra, Greece. **Proceedings**… Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 1999. p. 1150-1157.

LOWE, D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. **International Journal of Computer Vision**, v. 60, n. 2, p. 91-110, Nov. 2004.

MA, L.; FU, T.; BLASCHKE, T.; LI, M.; TIEDE, D.; ZHOU, Z.; MA, X.; CHEN, D. Evaluation of feature selection methods for object-based land cover mapping of unmanned aerial vehicle imagery using random forest and support vector machine classifiers. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, p. 51-55, 2017.

MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. **Compensados sarrafeados**: qualidade da madeira, aspectos de produção e aproveitamento de resíduos. Viçosa, MG: Ufla, 2015. 47 p. (UFLA. Boletim técnico, 39).

MING, D.; LI, J.; WANG, J.; ZHANG, M. Scale parameter selection by spatial statistics for GEOBIA: using mean-shift based multi-scale segmentation as an example. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 106, p. 28-41, 2015.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, p. 141-159, 1994.

PEÑUELAS, J.; FILELLA, I. Phenology feedbacks on climate change. **Science**, v. 324, n. 5929, p. 887-888, 2009.

PESTANA, L. T. C.; ALVES, F. M.; SARTORI, A. L. B. Espécies arbóreas da arborização urbana do centro do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. **REVSBAU**, v. 6, n. 3, p.1-21, 2011.

PINTO, A. M.; MORELLATO, L. P. C.; BARBOSA, A. P. Fenologia reprodutiva de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd (Fabaceae) em duas áreas de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 643-649, 2008.

PIX4D. **Getting GCPs on the field or through other sources (optional but recommended)**. 2015a. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557489>. Acesso em: 5 abr. 2018.

PIX4D. **TOOLS - Vertical Pixel Displacement Calculator**. 2015b. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/115000409383#gsc.tab=0>. Acesso em: 6 fev. 2018.

REIS, L. P.; RUSCHEL, A. R.; SILVA, J. N. M.; REIS, P. C. M. dos; CARVALHO, J. O. P. de; SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 3, p. 234-243, 2014.

SANTOS, R. D. S. O.; CAMPOS, T.; MARTINS, K.; WADT, L. H. O. Estrutura genética de duas populações naturais de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob exploração no Vale do Rio Acre. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 3, p. 37-40, 2017.

SCHÄFER, E.; HEISKANEN, J.; HEIKINHEIMO, V.; PELLIKKA, P. Mapping tree species diversity of a tropical montane forest by unsupervised clustering of airborne imaging spectroscopy data. **Ecological Indicators**, v. 64, p. 49-58, 2016.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. R. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 2008. p. 566.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Fichas tecnológicas das madeiras da Flona Jamari**. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/concessoes-florestais/concessoes-florestais-florestas-sob-concessao/flona-do-jamari/edital/192-fichas-tecnologicas/file>. Acesso em: 3 maio 2018.

SILVA, A. A.; OLIVEIRA, A. P. G.; PARANHOS FILHO, A. C.; GRIGIO, A. M. **Uso do e-Cognition 8.9 para classificação de imagem de alta resolução**. Mossoró, RN: EDUERN, 2016. v. 1, 107 p.

SILVA, F. A. P. D. R.; ROBERT, R. C. G.; SANTOS, A. D. S.; MENDONÇA, S. D. Quantification and assessment of the main forest species licensed for exploitation in the State of Acre from 2005 to 2012. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 567-574, 2015.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/ild-28745>. 2018a. Acesso em: 7 maio 2018.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/ild-16819>. 2018b. Acesso em: 7 maio 2018.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/ild-33987>. 2018c. Acesso em: 15 maio 2018.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2707382>. 2018d. Acesso em: 15 maio 2018.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no Sul do Estado de Roraima. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 123-131, 2015.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. A. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

WADT, L. H. O.; FAUSTINO, C. L.; STAUDHAMMER, C. L.; KAINER, K. A.; EVANGELISTA, J. S. Primary and secondary dispersal of *Bertholletia excelsa*: Implications for sustainable harvests. **Forest Ecology and Management**, v. 415, p. 98-105, 2018.

WHITESIDE, T. G.; MAIER, S. W.; BOGGS, G. S. Site-specific area-based validation of classified objects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOGRAPHIC OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS, 4., 2012, Rio de Janeiro. **Proceedings**... São José dos Campos: Inpe, 2012. p. 153-157.

WIGGERS, K. L. **Análise em uma imagem orbital de alta resolução para classificação do uso e cobertura da terra de uma área da Bacia do Pitangui-PR**. 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O. Seasonal, El Nino and longer term changes in flower and seed production in a moist tropical forest. **Ecology Letters**, v. 9, n. 1, p. 35-44, 2006.

WRIGHT, S. J.; CARRASCO, C.; CALDERON, O.; PATON, S. The El Niño southern oscillation, variable fruit production, and famine in a tropical forest. **Ecology**, v. 80, n. 5, p. 1632-1647, 1999.

Embrapa

Acre

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

BRASIL
GOVERNO FEDERAL

CGPE 15008