

JULIANA PINHEIRO NEVES DE SOUZA

**ZONEAMENTO DA ÁREA POTENCIALMENTE PRODUTIVA
E RECOMENDAÇÃO DE ESPÉCIES PARA PLANTIO
FLORESTAL COMERCIAL NA ORINOQUIA COLOMBIANA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcos Deon Vilela Resende

Coorientadores: Gleison Augusto dos Santos
Genaina de Souza

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

T

S729z
2023

Souza, Juliana Pinheiro Neves, 1998-
Zoneamento da área potencialmente produtiva e recomendação de
espécies para plantio florestal comercial na orinoquia colombiana /
Juliana Pinheiro Neves Souza. - Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (200xx f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Marcos Deon Vilela de Resende.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2023.

Referências bibliográficas: f. 148-163.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.659>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Florestas - Aspectos econômicos - Llanos, Região (Colômbia e Venezuela). 2. Zoneamento - Llanos, Região (Colômbia e Venezuela). 3. Eucalipto - Cultivo. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Ciclo de carbono. I. Resende, Marcos Deon Vilela de, 1966-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 634.964098619

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317


JULIANA PINHEIRO NEVES DE SOUZA

**ZONEAMENTO DA ÁREA POTENCIALMENTE PRODUTIVA
E RECOMENDAÇÃO DE ESPÉCIES PARA PLANTIO
FLORESTAL COMERCIAL NA ORINOQUIA COLOMBIANA.**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de novembro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 JULIANA PINHEIRO NEVES DE SOUZA
Data: 23/09/2024 17:25:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Juliana Pinheiro Neves de Souza
Autor

Documento assinado digitalmente
 MARCOS DEON VILELA DE RESENDE
Data: 01/10/2024 16:08:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcos Deon Vilela Resende
Orientador

*A todos que vieram antes de mim, aos que
compartilharam comigo e aos que virão...*

AGRADECIMENTOS

A dádiva que é viver, sonhar e realizar.

Gratidão aos meus pais Lucimar e Lausimar, que apostaram na minha formação pessoal e profissional.

Minhas irmãs Isabela e Kamila; e meu cunhado, Helbert; que sempre estiveram ao meu lado dando todo o amor e suporte necessário. Aos meus sobrinhos, Helena (*in memoriam*), Maria Clara e José Pedro, que trouxeram brilho a todos em volta, poder que as crianças têm.

Ao meu companheiro Felipe que não mediu esforços para tornar a jornada mais leve; e seus familiares, que me acolhem tão bem.

Aos meus amigos, que são consolo e fortaleza quando eu preciso; também são alegria e festa, convidando a celebração dos feitos.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realizar o mestrado. Ao apoio dos mestres e doutores Marcos Deon, André Lopes, Gabriel Brownie, Gleison Santos, João Ker, Julio Neves e Sebastião Valverde.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À SIF, que me permitiu desempenhar papéis que me transformaram como pessoa e profissional. Em especial o Time de Inovação e Projetos, jamais esquecerei dos aprendizados e serei eternamente grata a confiança depositada em mim.

A União Temporal: Ecoflora, Genlyptus e SIF, que encarou o desafio de transformar a Colômbia, em breve, num país referência florestal e me convidou a fazer parte dessa jornada.

A todos que passaram por mim, contribuindo para a pessoa que eu sou hoje, de todo o meu coração, muito obrigada!

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

*“Clareza na ideia, pureza no coração,
sentimento como guia, honestidade como
religião”*

(A cada vento – Emicida)

RESUMO

SOUZA, Juliana Pinheiro Neves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro, 2023. **Zoneamento da área potencialmente produtiva e recomendação de espécies para plantio florestal comercial na Orinoquia colombiana.** Orientador: Marcos Deon Vilela de Resende. Coorientador: Glêison Augusto dos Santos e Genaina Aparecida de Souza.

A Orinoquia colombiana apresenta vasta extensão de terras disponível para desenvolvimento econômico da região. Entre as atividades presentes, observa-se pequenos núcleos florestais comerciais. Visando identificar as condições favoráveis para impulsionar o desenvolvimento de florestas com fins comerciais na Orinoquia, esse trabalho avaliou os aspectos de solo, áreas florestais produtivas e a base socioeconômica. O que possibilitou estimar as áreas produtivas de cada estado da Orinoquia e potencial produtivo para um povoamento de *Eucalyptus* clonal e *Pinus*, utilizando a metodologia 3-PG. Pode-se considerar que existem dois núcleos florestais como Meta-Casanare e Vichada. O núcleo produtivo de Meta-Casanare é mais desenvolvido, no entanto, a região de Vichada apresenta condições atrativas para implementação de florestas, devido a sua vasta área de planície, desde que associado a tratos de manejo adequados e material genético adaptado. A atividade florestal foi identificada e existe uma alta oferta de terras, o maior desafio é a logística, já que Vichada é o estado à extremo leste da Colômbia, com baixa infraestrutura para acesso. Não foi identificado no departamento de Arauca núcleo florestal robusto. Quanto a recomendação de plantios, foram selecionados clones de *Eucalyptus* sp. e *Corymbia* sp nas áreas potencialmente produtivas de modo geral, para as áreas alagadas foi indicado o plantio do gênero Bambu. O estudo foi apoiado pelo “Projeto BioCarbono Orinoquia: Paisagens Sustentáveis de Baixo Carbono” é um projeto da Iniciativa Paisagens Florestais Sustentáveis (ISFL) do Fundo Biocarbono do Banco Mundial. Na Colômbia, o projeto é coordenado pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Instituto de Hidrologia, Meteorologia e Estudos Ambientais (IDEAM).

Palavras-chave: Biocarbono; Zoneamento florestal; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

SOUZA, Juliana Pinheiro Neves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2023. **Zoning of potentially productive area and species recommendation for commercial forest planting in Colombian orinoquia.** Adviser: Marcos Deon Vilela de Resende. Co-advisers: Gleison Augusto dos Santos e Genáina Aparecida de Souza.

The Colombian Orinoquia has a vast area of land available for economic development in the region. Among the activities present, there are small commercial forestry centers. Aiming to identify favorable conditions to boost the development of forests for commercial purposes in Orinoquia, this work evaluated soil aspects, productive forest areas and the socioeconomic base. This made it possible to estimate the productive areas of each state of Orinoquia and the productive potential for a population of clonal *Eucalyptus* and *Pinus*, using the 3-PG methodology. It can be considered that there are two forest centers such as Meta-Casanare and Vichada. The productive nucleus of Meta-Casanare is more developed, however, the Vichada region presents attractive conditions for implementing forests, due to its vast area of plains, as long as it is associated with adequate management practices and adapted genetic material. Forestry activity has been identified and there is a high supply of land, the biggest challenge is logistics, as Vichada is the state in the far east of Colombia, with low infrastructure for access. No robust forest nucleus was identified in the department of Arauca. Regarding planting recommendations, clones of *Eucalyptus* sp. and *Corymbia* sp in potentially productive areas in general, for flooded areas the planting of the Bamboo genus was recommended. The study was supported by the “Orinoquia BioCarbon Project: Low-Carbon Sustainable Landscapes” is a project of the World Bank's Biocarbon Fund's Sustainable Forest Landscapes (ISFL) Initiative. In Colombia, the project is coordinated by the Ministry of Agriculture and Rural Development, Ministry of Environment and Sustainable Development and the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM).

Keywords: Biocarbon; Forest zoning; Sustainable development.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVO	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1. Caracterização da área.....	33
4.2. Coleta de dados	46
4.3. Análise de dados	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1. Produção florestal da Orinoquia.....	58
5.2. Potencial zoneamento florestal na Orinoquia	72
5.3. Estimativa de produção florestal.....	90
5.4. Espécies florestais potencial para Orinoquia	122
5.5. Incentivos para o avanço do setor florestal	135
5.6. Histórico socioeconômico da Orinoquia.....	137
6. CONCLUSÕES	146
REFÊRENCIAS	148
Apêndice A – Acúmulo de nutrientes em Eucalipto Clonal por classe de solo	164
Anexo A – Mapas de estudo do departamento de Vichada, Orinoquia, Colômbia.....	170
Anexo B – Mapas de estudo do departamento de Meta, Orinoquia, Colômbia.....	174
Anexo C – Mapas de estudo do departamento de Casanare, Orinoquia, Colômbia.....	178
Anexo D – Mapas de estudo do departamento de Arauca, Orinoquia, Colômbia.....	182
Anexo E – Zonas potencialmente produtivas do departamento de Vichada, Orinoquia, Colômbia.....	186
Anexo F – Zonas potencialmente produtivas do departamento de Meta, Orinoquia, Colômbia. 191	
Anexo G – Zonas potencialmente produtivas do departamento de Casanare, Orinoquia, Colômbia.....	197
Anexo H – Zonas potencialmente produtivas do departamento de Arauca, Orinoquia, Colômbia. 198	

1. INTRODUÇÃO

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram concebidos durante a Conferência das Nações Unidas, Rio +20, em 2012, e estabelecidos em 2015. Considerado como um roteiro global de ações para abordar desafios como pobreza, educação de qualidade, energia limpa, proteção do meio ambiente, combate às mudanças climáticas e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (GOV, 2016).

Esses objetivos são claros para que todos os países adotem, de acordo com suas próprias prioridades, uma atuação que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro (ONU, 2015). Para isso, o governo nacional colombiano tem unido forças com diferentes setores da sociedade para a preparação e implementação efetiva da Agenda 2030 e a articulação dos ODS com o Plano Nacional de Desenvolvimento.

O documento CONPES 3918 “Estratégia para a Implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)”, do Conselho Nacional de Política Econômica e Social do governo colombiano, estabelece as metas e estratégias para o cumprimento da Agenda 2030 e seus ODS na Colômbia e gera um roteiro para cada uma das metas estabelecidas, incluindo indicadores, responsáveis e os recursos necessários para concretizá-las. Neste contexto, a Colômbia tem se destacado por desempenhar um papel ativo e comprometido na busca pela realização dos ODS e a pretende tornar-se neutra em carbono até 2050 (Banco Mundial, 2022; SIF, 2023).

O “*Projeto BioCarbono Orinoquia: Paisagens Sustentáveis de Baixo Carbono*” é um projeto da Iniciativa Paisagens Florestais Sustentáveis (ISFL) do Fundo Biocarbono do Banco Mundial. Dentre os seus propósitos busca identificar as condições favoráveis para impulsionar o desenvolvimento de plantações florestais sustentáveis de baixo carbono, com fins comerciais em áreas de produção na região de Orinoquia (Colômbia). Na Colômbia, o projeto é coordenado pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Ministério do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Instituto de Hidrologia, Meteorologia e Estudos Ambientais (IDEAM) (Banco Mundial, 2022; SIF, 2023).

Com base no Plano Regional Integrado de Mudanças Climáticas para Orinoquia 2018 - 2040 (PRICCO, 2017), estima-se que cerca de 16,8% das emissões líquidas nacionais de gases de efeito estufa (GEE) são dessa região. O setor de Agricultura, Silvicultura e Uso da Terra (AFOLU) é o principal determinante das emissões da região. A conversão de florestas naturais em pastagens foi a fonte mais importante de emissões de GEE. Esse plano estratégico

descreve medidas prioritárias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para abordar fontes de emissões de GEE em AFOLU.

A implementação de medidas de redução e a introdução de fatores-chave relacionados às mudanças climáticas, visando fomentar investimentos climaticamente conscientes nas Zonas de Interesse para o Desenvolvimento Econômico e Social em Áreas Rurais (ZIDRES), possibilitará a formulação do programa de Redução de Emissões com uma abordagem baseada em Pagamento por Resultados na Colômbia, contribuindo assim para o objetivo nacional de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 51% até 2030 (Banco Mundial, 2022 - Entregável 1).

A Orinoquia é uma das cinco regiões naturais da Colômbia e cobre 22% do território nacional (25,5 milhões de hectares aproximadamente), sendo composta por quatro estados e 58 municípios. Caracterizado por um mosaico de atividades agrícolas e floresta natural, com topografia plana ideal para grãos, sementes oleaginosas e plantações florestais (Banco Mundial, 2022 - Entregável 2).

No contexto do planejamento de projetos florestais, o zoneamento é uma importante ferramenta que possibilita a subdivisão de uma determinada área em regiões homogêneas, levando em consideração as condições ambientais associadas às necessidades ecofisiológicas de uma espécie, de forma que ela alcance o seu máximo desenvolvimento e produtividade de acordo com o seu potencial genético, gerando o uso racional dos recursos naturais e a otimização dos investimentos (Filpi, 2019; Pereira et al., 2002; Sediyaama, 2001; Waldheim et al., 2006).

Para cada espécie, há um ambiente ecológico ótimo, em que as condições físicas e biológicas são harmoniosamente adequadas para o seu desenvolvimento (Wang et al, 2016; Chuine e Beaubien, 2001). Tourne et al (2015) destaca que, para aprimorar a gestão e o manejo de florestas naturais e plantadas, é essencial identificar as características edafoclimáticas que influenciam na distribuição geográfica e no crescimento dos indivíduos de cada espécie.

Com isso, a identificação dos fatores ambientais que afetam a sobrevivência e estabelecimento das espécies florestais é essencial para minimizar os prejuízos decorrentes de plantios mal-sucedidos (Filpi, 2019). De acordo com Yamada (2011), os fatores edafoclimáticos se destacam como fortes indicadores robustos para determinar as áreas adequadas ao estabelecimento de plantios florestais. As características de solo, temperatura e umidade, por exemplo, têm um impacto direto nos processos fisiológicos das plantas, como a fotossíntese, a germinação das sementes e a atividade das raízes (Larcher, 2004).

Visando aumentar a eficiência de projetos de plantios florestais, além das necessidades edafoclimáticas de cada espécie, é necessário compreender os diversos aspectos socioeconômicos de uma região para se propor o zoneamento, tendo em vista que fatores culturais e de mercado podem afetar a aceitação e a rentabilidade de projetos florestais em determinada região.

As alterações climáticas afetam negativamente a economia dos países e a sua base de recursos naturais. Em 2020, a Colômbia ficou em 89º lugar entre 181 no Índice de Adaptação Global Notre Dame, refletindo a sua vulnerabilidade às alterações climáticas e outros desafios globais (Banco Mundial, 2022 – Entregável 1). Diante disso, o projeto Biocarbono se apresenta como uma alternativa para o desenvolvimento sustentável, se mostrando uma estratégia econômica modelo para outras regiões de nosso planeta.

Este estudo teve como objetivo realizar o zoneamento da área potencialmente produtiva da Orinoquia colombiana, e recomendar espécies para a implementação de um plantio florestal comercial. Para isso foram recomendadas espécies como *Eucalyptus* sp., *Corymbia* sp. e Bambu. Considerando que para plantio comerciais a espécie mais consolidada é o *Eucalyptus* e *Pinus*, foi feito uma estimativa de produtividade para um povoamento clonal.

Para o sucesso deste projeto, foi necessária a articulação com as administrações municipais, regionais, estaduais e nacionais da Colômbia. Além do contato com empresas colombianas e brasileiras, a fim da obtenção de dados florestais.

2. OBJETIVO

2.1. Geral

Realizar o zoneamento da área potencialmente produtiva e recomendação de espécies para plantio florestal comercial na Orinoquia colombiana, visando o desenvolvimento dos núcleos produtivos da região.

2.2. Específicos

- a. Levantamento de dados base do setor florestal oriundo de florestas plantadas na Orinoquia.
- b. Avaliar o potencial produtivo de uma população de *Eucalyptus* clonal e *Pinus* na Orinoquia.
- c. Sugerir espécies florestais e clones com fins de plantios comerciais na Orinoquia.

- d. Levantamento das políticas públicas para o avanço do setor florestal a base de florestas plantadas na Colômbia.
- e. Levantamento histórico socioeconômico da Orinoquia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Essa seção tem como objetivo realizar uma revisão de espécies florestais potenciais e suas características de adaptação para a região da Orinoquia Colombiana.

3.1. *Eucalyptus pellita* F. Muell

O *Eucalyptus pellita* é naturalmente encontrado ao sul da Papua-Nova Guiné e no litoral norte de Queensland, Austrália, onde se distribui em uma faixa costeira úmida. Esta espécie é típica de climas tropicais e se distribui entre as latitudes 8°S e 19°S, crescendo a altitudes que variam do nível do mar até cerca de 700 metros (Boland et al., 1984).

Os tipos climáticos da região são de inverno seco (Aw), estação seca curta (Am); em alguns locais sempre úmida (Af) e inverno seco e verão quente (Cwa), conforme a classificação de Köppen. Para um desenvolvimento ideal, essa espécie requer um clima com temperaturas médias anuais variando entre 22 °C a 27 °C, com máxima de 38 °C e mínima de 10 °C (Fonseca et al., 2010).

A precipitação anual deve situar-se entre 1.200 mm e 3.300 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Fonseca et al., 2010). Essas condições climáticas tornam o *E. pellita* apto para plantios em regiões que vão desde o Sudeste até o Norte do Brasil (Flores et al., 2016).

A espécie tende a prosperar em vales, especialmente em áreas quentes e secas próximas a riachos, e se adapta a uma variedade de tipos de solo, desde rasos e arenosos até argilosos e profundos (Oliveira et al., 2010). Ela também demonstra uma preferência por topografias onduladas, limitadas por precipícios (Fonseca et al., 2010).

Esta espécie é caracterizada por árvores de tamanho médio que podem atingir até 40 metros de altura, com um fuste de excelente forma e uma casca dura e persistente. Clones com cinco anos de idade, registraram uma densidade básica média de 558 kg/m³ (Oliveira et al., 2010). Esses resultados também se aproximam dos relatados por Resende et al. (2008), que descreveram a madeira com 600 kg/m³. Em pesquisa análoga, Santos (2020) concluiu uma densidade básica média de 727 kg/m³ para a espécie que estava plantada a 10 anos na Bahia.

Esses valores de densidade básica são comparáveis aos encontrados em outras espécies de eucaliptos utilizadas na produção de carvão vegetal. Sendo que a maioria das florestas da espécie no Brasil é destinada a esse fim (Oliveira et al., 2010). Em plantios na região do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, observou-se que a espécie apresenta uma alta porcentagem de madeira de excelente qualidade, porém, é suscetível ao tombamento causado pelos ventos. Destaca-se também a recomendação desta espécie para a produção de peças estruturais.

Para tolerância a doenças, em situações de inoculação controlada, o *E. pellita* demonstrou alto grau de tolerância à Ferrugem-do-eucalipto (*Austropuccinia psidii*), à Murcha-de-*Ceratocystis* (*Ceratocystis fimbriata*) e à Mancha-de-*Pteridis* (*Cylindrocladium pteridis*) (Fonseca et al., 2010). No entanto, de acordo com Alfenas (2009), a espécie é considerada altamente suscetível à mancha bacteriana causada por *Pseudomonas* spp. e *Xanthomonas* spp., ainda em fase de viveiro.

Estudos conduzidos por Santos (2011), com 441 indivíduos de quatro progênies de *E. pellita* para identificar a herdabilidade que confere alta tolerância à *A. psidii* indicam que esse é um traço quantitativo, controlado por múltiplos genes.

Em um ranking de híbridos multiespécies elaborado por Silva (2020), o *E. pellita*, juntamente com o *E. camaldulensis* e o *E. brassiana*, ocupa as posições mais elevadas para a formação de híbridos em regiões com déficit hídrico. Resende e Assis (2009) também recomendam a hibridação com essa espécie para obtenção de genótipos com resistência a doenças, tolerância à seca e alta densidade.

3.2. *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden

O *Eucalyptus grandis* tem sua ocorrência natural no Estado de Nova Gales do Sul, latitudes entre à 25° e 33° S. A altitude varia para a maioria das populações desde o nível do mar até 600 m, já em áreas do norte, a altitude varia entre 500 e 1.100m. Com o clima predominantemente quente e úmido, a temperatura de adaptação máxima é 32°C e a mínima 8°C; a precipitação em áreas costeiras está entre 1.000 e 3.500 mm e em áreas centrais, de 1.000 a 1.750 mm, com predomínio no verão em ambas as áreas.

Ocorrem em vários tipos de solos, mas predominam em solos profundos e bem drenados, com fertilidade moderada e com intolerância à alagamentos (Fonseca et al, 2010). Quanto a influência do tipo de solo no crescimento em altura de clones de *E. grandis*, observou que solos com teor de argila acima de 25% proporcionaram ganhos significativos em altura (Bellote, 2009).

Também conhecido como eucalipto-rosa, se destaca por seu tronco retilíneo e casca que se desprende em longas tiras. Seus ramos são longos e robustos, formando uma copa grande e alongada. As folhas das árvores adultas são alternas, lanceoladas, de cor verde escura, com ápice agudo e margens levemente onduladas. As inflorescências contêm de 6 a 12 flores brancas com pedúnculo achatado, e os frutos consistem em cápsulas piriformes, verdes-azuladas, deiscentes, com valvas encurvadas de 7 mm de diâmetro e sementes pequenas. Essa espécie pode ser reproduzida tanto sexual quanto assexuadamente (Oliveira, 2017).

A madeira do *E. grandis* é leve e extremamente fácil de ser trabalhada, sendo usada na construção civil em países como a África do Sul e a Austrália. No Brasil, sua principal destinação é para a indústria de celulose e madeira serrada, com a serraria sendo o principal destino (Fonseca et al., 2010). Ferreira (2017) relata que o Incremento Médio Anual dessa espécie atinge valores próximos a 47 m³/ha/ano, superando a média nacional do gênero. Robuste (2021) caracteriza a densidade aparente da madeira de *E. grandis* em cerca de 480 kg/m³, valor próximo ao encontrado na literatura. De acordo com Resende et al. (2009), clones de *E. grandis* demonstraram potencial de rendimento para a produção de celulose, com uma taxa de cerca de 51%.

De acordo com Gonçalves et al. (2013), o *E. grandis* apresenta um ótimo crescimento nas regiões do Sudeste do Brasil, visto a capacidade de minimizar os efeitos do déficit hídrico, mantendo mecanismos que respondem à falta de água, como a condutância estomática, a área foliar e a transpiração, além de aumentar a eficiência de uso da água. Isso permite que ele continue crescendo mesmo em períodos de escassez de água (Christina et al., 2017).

A procedência do material genético de *E. grandis* influencia sua adaptação em diferentes regiões do mundo, como menciona Eldridge et al. (1995). Procedências de Coff's Harbour, no estado de New South Wales, demonstraram taxas de crescimento superiores e baixa tolerância às geadas quando comparadas às procedências da região sul de Queensland.

As procedências de Atherton, no norte de Queensland, mostraram-se mais susceptíveis a doenças como Cancro-do-eucalipto e Ferrugem em comparação a outras procedências (Oliveira, 2017). Sendo essa sua principal limitação silvicultural quando cultivado em climas tropicais. A variabilidade genética intrínseca permite a seleção de genótipos resistentes a essas enfermidades, especialmente quando combinados com hibridações interespecíficas. Destacam-se os híbridos com *E. urophylla* para o desenvolvimento de resistência ao Cancro-do-eucalipto e Ferrugem, no qual o *E. grandis* contribui com a característica de crescimento (Fonseca et al, 2010).

3.3. *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie tropical com ocorrência natural na região da Indonésia (Pigato, 2001), encontrada nas áreas de Timor, Flores e outras ilhas do arquipélago indonésio. Sua faixa de latitude varia entre 7° e 10°S, tornando-se uma das poucas espécies de eucalipto que crescem em latitudes inferiores a 10°S (Scanavaca Junior, 2001). Nas áreas de ocorrência natural, o *E. urophylla* forma florestas densas e relativamente homogêneas, predominando em regiões montanhosas e submontanhosas, com altitudes que variam de 300 a 3.000 metros (Pigato, 2001), com as populações mais produtivas localizadas entre 500 e 2.200 metros (Scanavaca Junior, 2001).

A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.000 a 1.500 mm, concentrando-se na estação de verão, com um período seco que não ultrapassa 4 meses. A temperatura máxima durante os meses mais quentes fica em torno de 29°C, enquanto as mínimas até 8°C (Fonseca et al., 2010). Essas florestas são tipicamente encontradas em solos basálticos pouco desenvolvidos e rasos.

A espécie apresenta duas variedades distintas. Uma delas possui casca fibrosa, folhas lanceoladas e uma cauda pronunciada, sendo originária da ilha Timor e encontrada em altitudes superiores a 1.000 metros. A outra variedade possui casca lisa, com diferentes proporções no fuste e folhas de formas e tamanhos variados (Scanavaca Junior, 2001).

Scanavaca Junior (2001), na busca por uma descrição detalhada do *E. urophylla* para uso em serrarias, sintetizou um resumo das procedências da espécie e a qualidade de suas origens. As procedências da ilha Timor são aceitáveis, especialmente aquelas provenientes de Dili e da região de Remexio, que estão localizadas a uma altitude média de 800 metros. No entanto, as procedências da ilha Timor situadas em altitudes superiores não são bem adaptadas.

As procedências da ilha Flores são mais adequadas em regiões de baixa altitude, como Monte Egon (315 - 515 m) e Monte Lewotobi (325 - 500 m). Existem também boas procedências na ilha Alor (Ulanu), que se destacam pela excelente forma do tronco. As procedências das ilhas Adonara e Lomblen são vigorosas, mas as árvores têm um tronco de forma ruim. As procedências das ilhas Wetar e Pantar têm pouca adaptação e um desempenho fraco.

O *E. urophylla* é uma árvore de grande porte que pode atingir alturas entre 30 a 60 metros. Essa espécie apresenta brotação favorecida devido à presença do lignotúber (Scanavaca Junior; 2001).

Quanto as características da madeira, possui alburno branco, creme ou moderadamente rosado, com espessura variando de 20 a 60 milímetros, enquanto o cerne varia de marrom claro

a marrom-avermelhado. As fibras são curtas, com cerca de 1,0 milímetro de comprimento, tornando-a adequada para a produção de polpa celulósica, com um rendimento de 49,5% (Alves, 2022).

Devido à ampla distribuição geográfica e adaptação a diferentes tipos de solos e regimes pluviométricos, o *E. urophylla* é considerado uma espécie altamente plástica (Fonseca et al., 2010). Considerada a espécie mais plantada no Brasil, o *E. urophylla* é utilizado amplamente, incluindo a produção de postes, chapas duras, painéis de fibras, carvão vegetal e polpa celulósica (Alves, 2022).

Tem sido usado nos programas de melhoramento na formação de híbridos com o *E. grandis* (Fonseca et al., 2010). Considerado como um material adequado para a região do Mato Grosso, tanto o *E. urophylla* e o híbrido entre *E. urophylla* x *E. grandis* (Silva, 2022).

O *E. urophylla* confere rusticidade, resistência a doenças e facilidade no enraizamento. Por exemplo, em hibridação com o *E. grandis*, o *E. urophylla* confere tolerância ao cancro (*Cryosporthe cubensis*), à ferrugem (*Austropuccinia psidii*) e à escassez de água (Silva, 2022).

Para a produção de celulose, o *E. urophylla* é a espécie mais recomendada devido à sua tolerância à *Austropuccinia psidii* (Dos Santos, 2001), No entanto, o mesmo autor relata a alta susceptibilidade dessa espécie à Mancha de *Cylindrocladium* (*Cylindrocladium candelabrum*) e ao fungo *Oidium* spp., especialmente na fase de viveiro.

Um estudo relacionado à tolerância ao psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) de algumas espécies de *Eucalyptus* sp., identificou que os clones de *E. urophylla* eram todos altamente tolerantes a esse inseto, superando os valores encontrados para os clones de outras espécies (Camargo et al., 2014).

3.4. *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Eucalipto urograndis)

O Eucalipto urograndis é um híbrido desenvolvido no Brasil, resultado do cruzamento entre o *E. urophylla* e o *E. grandis*. A primeira plantação com esse material foi estabelecida no estado do Espírito Santo em 1979, mas apenas a partir da década de 90 que esse cultivar impulsionou o crescimento florestal, contribuindo para a qualidade mais homogênea das florestas plantadas (Lopes; Costa, 2011).

Esse cruzamento conferiu características como bom crescimento e desenvolvimento silvicultural, advindo do *E. grandis*; combinado a alta densidade básica e rendimento para a produção de celulose (Carvalho, 2000), além da alta tolerância ao déficit hídrico, atributos do *E. urophylla* (Gouvêa et al. 1997).

Em relação a doenças, o híbrido apresenta alta tolerância ao fungo *Astropuccina psidii* (Costa, 2011); e alguns genótipos são altamente suscetíveis à *Ceratocystis fimbriata*, exigindo seleção intraespecífica para resistência à doença (Mafia, 2011). Nos períodos secos, mudas jovens de clones de *E. urograndis* são mais severamente afetadas pela seca dos ponteiros laterais (Coutinho, 2021).

Quanto as características da madeira, temos a distinção entre cerne e alborno de cor rosa claro, camadas de crescimento pouco demarcadas, fibras com paredes finas e densidade básica média variando de 480 a 600 kg/m³ (Souza, 2008). Num estudo onde comparou cinco árvores de *E. urograndis*, encontrou uma densidade média básica de 552 kg/m³ (Costa, 2011). Essa é a densidade básica considerada na implantação de projetos de indústrias de celulose no Brasil, o que destaca o potencial desse material para a indústria de celulose (Gomide et al., 2005) e metalurgia (Fonseca, 2010).

O *E. urograndis* apresenta boas características quanto à adaptação a diferentes sítios florestais, maior produtividade e melhor qualidade de madeira (Montanari, 2007). No entanto, segundo o estudo de FONSECA (2010), a produtividade está relacionada ao genótipo, como demonstram as diferenças de rendimento apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01: Potencial de produção de madeira e carvão de clones de *E. urograndis*, aos sete anos de idade (Fonseca, 2010).

Clone	Madeira			Carvão		
	IMA (Vol.) m ³ /ha/ano	Db Kg/m ³	IMA (Peso) t/ha/ano	IMA (Carvão) tdc/ha/ano	Da Kg/m ³	Kg/MDC
1641	45	550	25	8	415	226
3674	38	590	22	7	451	242
2769	40	550	22	7	415	226
3367	43	520	22	7	388	213
1507	40	520	21	7	388	213

IMA = Incremento Médio Anual; Db = Densidade básica, Da = Densidade aparente, MDC = Metro cúbico de carvão a granel.

3.5. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

Considerada a espécie de maior distribuição dentro do gênero *Eucalyptus*, o *Eucalyptus camaldulensis* está presente em praticamente todo o continente australiano, com exceção da Tasmânia. O *E. camaldulensis* é encontrado ao longo das margens de rios, abrangendo latitudes entre 12° 50' a 38° S, com altitudes variando de 20 a 700 metros. As precipitações variam de 250 a 625 mm, com temperaturas médias situando-se entre 26 e 40 °C (Fonseca et al, 2010).

Essa espécie é conhecida por sua capacidade de crescimento em diferentes condições climáticas, abrangendo desde ambientes quentes até subúmidos e semiáridos (Fonseca et al., 2010), graças à sua habilidade de acessar águas subterrâneas em grandes profundidades (Butcher, 2009). O solo predominante é tipicamente arenoso aluvial (Fonseca et al., 2010) e não se adapta a solos calcários (Hirsch, 2020).

Apresenta boa capacidade de adaptação a regiões com solos pobres, suportando períodos prolongados de seca e ausência de geadas. O *E. camaldulensis* exibe um rápido crescimento inicial, além de uma alta capacidade de enraizamento e rebrota (Fonseca et al., 2010). Sua adaptação a ambientes secos a torna uma espécie de grande interesse para a pesquisa sobre genes relacionados à tolerância à seca e à eficiência no uso da água (Butcher et al., 2007).

Quanto à morfologia, atinge uma altura média de 20 metros, raramente excedendo 50 metros. Em florestas abertas, possui um tronco curto e robusto, com uma copa ampla e extensa que apresenta ramificação densa. Em plantações, pode ter um fuste mais claro, alcançando até 20 metros, com uma copa levemente ramificada (Hirsch, 2020).

A coloração da madeira em árvores jovens é rosa, enquanto o cerne é vermelho, com uma textura fina, densa e de alta durabilidade (Hirsch, 2020). Essa madeira tem diversas aplicações, incluindo o uso para lenha, produção de celulose, construção civil, restauração ambiental em áreas australianas, programas de hibridação para resistência à seca e à salinidade (Butcher, 2009), fabricação de papel, material para construção, plantações ornamentais e reabilitação de áreas degradadas.

A madeira do *E. camaldulensis* possui densidade básica variando entre 502 a 879 kg/m³ (Hirsch, 2020), sendo superior à maioria das outras espécies de Eucalipto em plantios de grande escala. Além disso, ela apresenta um teor de lignina de aproximadamente 31% e tende a apresentar crescimento moderado (Fonseca et al., 2010).

O *E. camaldulensis* tem capacidade de suportar variações extremas de temperatura, tanto calor quanto frio, e precipitação, que pode variar de 400 a 2.000 mm (Hirsch, 2020). Além disso, é moderadamente tolerante à seca e salinidade, característica que pode ser utilizada em programas de melhoramento florestal (Hirsch, 2020). Em campo, demonstra sensibilidade à competição por espaço radicular, sugerindo a necessidade de rotações mais curtas em seu manejo para maior produtividade (Ferreira, 2004).

3.6. *Eucalyptus brassiana* Sm.

O *E. saligna* é encontrado naturalmente ao longo da costa australianas, desde Nova Gales do Sul até o sul de Queensland, numa faixa de 120 km (Silveira, et al. 1986). A latitude

da sua distribuição natural varia de 21°S a 36°S, e altitude no nível do mar até cerca de 1.100 m. O clima predominante é quente e úmido, com médias no mês mais frio entre -2° e 8° C, e o mês mais quente, 24° e 33° C (Gonzaga, 1983).

O *Eucalyptus saligna* destaca entre os *Eucalyptus* devido seu alto potencial de adaptação e crescimento (Kikuti; Namikawa, 1990). Uma espécie típica de clima quente e úmido, onde a precipitação anual varia de 1.000 a 1.800 mm.

Tolerante a solos moderadamente férteis, com boa retenção de umidade, no entanto, drenados. A espécie é bastante resistente à ocorrência de geadas, tolerando temperaturas abaixo de 8°C, sendo mais resistente que o *E. grandis* (Turnbull; Pryor, 1978). No Brasil, são observados plantios de *E. saligna*, na Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (Speltz, 2015). É considerada uma espécie tolerante ao fogo e tem elevada capacidade de regeneração por brotação de cepas (IPEF, 2014 apud Speltz, 2015), seu cultivo pode ser limitado a regiões de ocorrência de geadas severas (Silva, 2001).

As características da madeira permitem uso múltiplo, como laminação, móveis, estruturas, caixotaria, postes, escoras, mourões, celulose e carvão. (IPEF, 2014 apud Speltz, 2015). Como caso do *Eucalyptus saligna* que possui valores de massa específica que variam entre 446 a 538 kg/m³ (Speltz, 2015).

3.7. *Eucalyptus tereticornis* Smith

A espécie *Eucalyptus tereticornis*, conhecida popularmente como "goma vermelha da floresta", compreende duas subespécies: *tereticornis* e *mediana*. Essa espécie apresenta ocorrência natural em Papua Nova Guiné, entre as latitudes 6° e 10° S, numa altitude que varia de 0 a 800 metros. Na Austrália, ela ocorre entre as latitudes 15° e 38° S, nos estados de Victoria, Nova Gales do Sul e Queensland, com altitudes de 10 a 1.070 metros para a subespécie *tereticornis* e próximo ao nível do mar a 200 metros para a subespécie *mediana* (Fonseca et al., 2010).

As áreas onde a subespécie *tereticornis* é predominante, apresentam maior pluviosidade, variando de 600 a 2.500 mm, em comparação com a subespécie *mediana*, que recebe de 640 a 770 mm de precipitação anual. Em ambas as subespécies, o período de seca pode durar até sete meses. A temperatura máxima para a subespécie *tereticornis* é em torno de 35°C, para a subespécie *mediana*, 26°C. Já as temperaturas mínimas oscilam entre 1°C e 3°C, respectivamente (Fonseca et al., 2010). Ela é característica de climas tropicais e apresenta crescimento modesto (Resende e Assis, 2009).

Ela se desenvolve melhor em solos profundos, bem drenados, neutros ou ligeiramente ácidos, com boa adaptação a períodos de seca, também pode tolerar pequenos alagamentos (Silva et al., 2007). Em plantios realizados fora de sua área de ocorrência natural, o *E. tereticornis* demonstrou melhor desenvolvimento em solos profundos e bem drenados, com acidez baixa a neutra, precipitação anual entre 800 e 1.500 mm, temperatura média variando de 22 a 32°C e altitude de até 1.000 metros. Em um estudo conduzido por Rovedder (2008) em Alegrete (RS), onde os solos eram afetados pela arenização, observou-se que a espécie teve um bom desempenho, mesmo em condições desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Do ponto de vista morfológico, o *E. tereticornis* apresenta semelhanças com outras espécies, como o *E. camaldulensis* subsp. *simulata* Brooker & Kleinig, *E. benthamii* Maiden & Cabbage, *E. dunnii* Maiden, *E. globulus* Labill., *E. grandis* W. Hill ex Maiden e *E. saligna* Sm. (Brito, 2022).

As árvores de *E. tereticornis* podem atingir alturas que variam de 20 a 50 metros e diâmetros que variam de 1,0 a 2,0 metros. Sua casca é grossa, com cerca de 3 cm de espessura, e apresenta uma textura esponjosa e irregular, com tonalidades que misturam vermelho, cinza, azul-esverdeado e esbranquiçado (Macedo, 2013). Essa espécie possui um tronco reto com ramificações cônicas que se estendem até a metade da altura total da árvore na maioria dos casos (Silva et al., 2007).

A madeira do *E. tereticornis* é valorizada, especialmente para lenha e produção de carvão vegetal, devido ao seu poder calorífico, cerca de 5.280 kcal/kg. A densidade básica da madeira é próxima a 570 kg/m³ (Balbinot, 2010), e o teor de lignina é de aproximadamente 31% (Fonseca et al., 2010). Essa madeira é utilizada em diversas aplicações, como serraria, construção de estruturas, postes, mourões, produção de lenha, carvão e papel (Balbinot, 2010). Considerada uma madeira de difícil cozimento (Fonseca et al., 2010).

Além disso, o *E. tereticornis* é explorado comercialmente como fonte de óleo essencial, devido à sua alta produção. Em testes in vitro, esse óleo demonstrou atividade contra várias bactérias e fungos, além de apresentar propriedades acaricidas. A infusão das folhas é utilizada no tratamento de doenças respiratórias e têm efeito analgésico (Brito, 2022).

No que se refere a doenças, apresenta alta tolerância a seca e à Ferrugem-do-eucalipto (Fonseca et al. 2010). Algumas procedências apresentam grau moderado de susceptibilidade a ataques causados por *Cylindrocladium* spp., com redução no crescimento e ocorrência de falhas dentro da área de plantio (Krugner, 1990). Essa espécie é suscetível ao Psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*), à Vespa-da-galha (*Leptocybe invasa*) (Fonseca et al., 2010) e ataques da Saúva-limão (*Atta sexdens*) (Anjos et al., 1986).

3.8. *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A. Johnson

O *Corymbia citriodora* é uma espécie composta por duas subespécies: *C. citriodora* subsp. *citriodora* e *C. citriodora* subsp. *variegata*, que ocorrem principalmente em Queensland, na Austrália, abrangendo áreas desde Maryborough até Mackay. Também é encontrada a subsp. *variegata* em Nova Gales do Sul, na região norte. Sua ocorrência é limitada pelas cadeias montanhosas e secas de Atherton, Herberton e Mt. Garnet (Reis, 2013).

Sua zona de maior adaptação são altitudes entre 30 a 1.100 m e latitude de 16° e 30° S, a precipitação anual varia de 600 a 2.000 mm, com predominância no verão; além disso, tolera amplas variações de solo (Reis, 2013). Foi provado que está bem adaptado a terras de produtividade relativamente baixa e condições ambientais difíceis (Clarke *et al.*; Brawner *et al.*; Chen, Reis, 2013).

A subespécie *citriodora* é encontrada em locais quentes e úmidos, com temperatura máxima em torno de 30°C e mínima, 9°C (Reis, 2013). Já a subespécie *variegata* é conhecida por sua resistência a condições ambientais adversas, como períodos de seca de cinco a sete meses, altas temperaturas e solos pobres e pedregosos. Suporta temperatura máxima em torno de 39°C e possui alta resistência ao fogo, em virtude de apresentar tubérculos lenhosos (Vieira, 2004; REIS *et al.*, 2013). A temperatura mínima é 0°C, além de que pode enfrentar geadas em áreas isoladas e de maior altitude (Reis, 2013).

A espécie é caracterizada pelo forte odor de citronela presente nas folhas. Na idade juvenil, são alternas, estreitas a largo-lanceoladas, às vezes peltadas, pecioladas, de margens onduladas, podendo ser arroxeadas na face inferior (REIS *et al.*, 2013). Se apresenta como uma árvore de grande porte, podendo atingir até 50 metros de altura e 1,20 metros de diâmetro a altura do peito (DAP). A madeira possui textura de fina a média, com coloração bem definida, cerne mais escuro e alburno mais claro, sem brilho (Figueiredo, 2021).

Além dos tradicionais plantios em monocultura, é possível a aplicação da espécie em plantios consorciados com outras espécies (REIS *et al.*, 2013), incrementando a renda de pequenos e médios produtores. Podendo ser utilizada para estruturas, lenha, serraria e extração de óleo essencial (Figueiredo, 2021).

É um gênero importante e de interesse econômico, com densidade básica em torno de 800 kg/m³ em alguns clones, desenvolvendo maior rendimento gravimétrico na produção de carvão e menor consumo específico na produção de celulose (Couto *et al.*; Mora; Garcia, 2000).

O poder calorífico da madeira in natura fica em torno de 4.700 kcal/kg, podendo duplicar no carvão vegetal produzido (Reis *et al.*, 2013). Quanto a sua composição química, os valores são 28% de lignina, 9% de extrativos e 63% de holocelulose, sendo estes dados

similares aos encontrados no gênero de forma geral (Medeiros et al, 2016). Apurando os resultados para a produção de celulose, Gardner (2007) identificou na espécie de *C. citriodora* uma polpação com rendimento depurado de 54,3%, com número *kappa* de 29,4 e consumo específico de madeira de 2,89 m³/t.

No que se refere às doenças, é suscetível ao tombamento de mudas causado por *Cylindrocladium* spp., *Rhizoctonia* spp. ou *Botrytis cinerea*; à mancha foliar e anelamento de haste, causado por *Pestalotiopsis* spp. (patógeno secundário ou oportunista); à rubelose ou enfermidade rosada, causada por *Erythricium salmonicolor* e estromas negros, causados por *Hypoxylon* spp. (Alfenas et al., Silva, 2013).

Segundo Fonseca (2010) hibridação com outras espécies de *Corymbia*, podem ser fontes de tolerância ao Cancro-do-eucalipto e à Ferrugem-do-eucalipto. Essa é uma alternativa interessante para melhorar a performance da espécie, a combinação com o *C. torelliana* tem obtidos vantagens em termos de crescimento, propagação vegetativa, tolerância ao frio, insetos e doenças (Reis et al., 2014).

3.9. *Corymbia torelliana* F. Muell K.D. Hill & L.A. Johnson

A espécie *Corymbia torelliana* foi descrita em 1877 por Mueller, como *Eucalyptus torelliana* (Forestry Compendium, 2014) e em 1995 foi inserido por Hill e Johnson no gênero *Corymbia*, como *C. torelliana*.

De ocorrência natural no norte de Queensland, abrangendo regiões de 16° a 19° S de latitude (Reis et al., 2014) e as altitudes variam de 30 m a 750 m (Boland et al., 2006). Possui boa adaptação ao clima quente (Lorenzi et al., 2003), a temperatura máxima é em torno de 31°C e a mínima de 12°C com precipitação pluviométrica média anual é da ordem de 2.000 mm, concentradas no verão (Boland et al., 2006). Apesar das geadas não serem frequentes na área natural (Boland et al., 2006), a espécie tem se mostrado resistente ao frio até -10°C e geadas (Madeira, 2011).

É uma espécie típica de floresta fechada, caracterizada por apresentar sistema radicular predominantemente superficial, recobrir bem o solo, produzir alta quantidade de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes é básica para sua adaptação (Ferreira; Reis et al., 2014). Seu desenvolvimento ocorre em solos de origem arenosa e metamórfica (Boland et al., 2006).

As árvores desta espécie têm de 20 a 30 metros de altura, podendo atingir mais de 1 metro de diâmetro de tronco quando adultas, sendo encontradas em seu habitat natural nas margens e interior das florestas. O *C. torelliana* apresenta alta interceptação da luz pela copa (Schumacher; Reis et al., 2014). Segundo Lorenzi et al. (2003), possui casca persistente,

escamosa ou marchetada, com cor cinza a pardo-escura, lisa e verde na região superior do tronco e ramos. SEGURA (2015), caracterizando madeira de *C. torelliana* para produção de polpa kraft, identificou a densidade básica da madeira de 730 kg/m³ e teor de casca em massa de 12% aproximadamente.

Compensados produzidos com madeira de *C. torelliana* aos 20 anos de idade podem ser utilizados na construção civil, movelaria e para uso naval (Bortolletto, 2003). Madeiras desta espécie possui baixos índices de rachadura, sendo melhores para desdobro (Conti, 2008). Porém, devido aos valores de módulo de elasticidade inadequados, não são adequados para uso em situações que sofrem flexão estática perpendicular.

Quanto à interação do *C. torelliana* e pragas e doenças, já foi relatado ataque de *Oidium eucalypti* em mudas em viveiro e plantas jovens após o plantio (Alfenas et al., 2004). Relatos de que tenha boa resistência à *Puccinia psidii* e *Cryphonectria cubensis* (Abad et al.; Alfenas et al.; Golfari et al.; Reis et al., 2014) e moderada resistência a gomose (Alfenas et al., Reis et al., 2014). Em uma introdução no Vale do Rio Doce, MG, se mostrou resistente à seca de ponteiros do eucalipto (Oliveira; Reis et al., 2014). Segundo REIS et al., (2014) *C. torelliana* são resistentes ao ataque da *Epichrysocharis burwelli*, assim com os híbridos produzidos a partir deste.

Tem se mostrado promissora na hibridação com *C. citriodora*. Ao utilizar o *C. torelliana* como genitor feminino, observa-se efeito materno no enraizamento de híbridos utilizando a espécie, resultando maior quantidade de clones com níveis de enraizamento comerciais (Assis; Reis et al., 2014). Em estudo comparando a média de enraizamento de clones de *C. citriodora* x *C. torelliana* foi com *C. torelliana* x *C. citriodora*, o segundo cruzamento apresentou o dobro do valor de resposta (Reis et al., 2014).

Além disso, há indícios que os híbridos que contêm *C. torelliana* possuem uma série de outras características positivas, como crescimento em campo, densidade, tolerância à maioria das pragas que causam danos aos plantios de eucalipto (Reis et al., 2014).

3.10. *Pinus caribea* Morelet var. *caribea* Barr et Golf

O *Pinus caribaea* var *caribaea* é uma variedade endêmica da ilha de Cuba, onde ocorre em uma faixa geográfica que se estende da província de Pinar del Rio até a Isla de la Juventud. Sua distribuição geográfica está situada entre as latitudes de 21°40' N e 22°50' N, com altitudes variando de 45 metros a 355 metros acima do nível do mar. A temperatura média na região varia entre 5°C e 25,5°C, e a precipitação pluviométrica anual varia de 1.200 mm a 1.600 mm.

Além dessas variações climáticas, a área de ocorrência natural do *P. caribaea* var *caribaea*, são de solos ácidos com pH variando de 4,5 a 6,0 (Shimizu, 2008).

Uma característica importante do *Pinus caribaea* var *caribaea* é que ele é a única espécie de *Pinus* tropical que cresce naturalmente em baixas altitudes, tornando-o especializado em adaptação a essas condições específicas (Francis; Da Silva, 2012). No entanto, estudos sugerem que a base genética dessa variedade é relativamente estreita, o que pode impactar sua variabilidade genética (Zheng et al.; Missio et al.; Silva; Da Silva; 2005).

A madeira do *Pinus caribaea* var *caribaea* tem características específicas, como estrutura grosseira com fibras verticais, coloração marrom avermelhada ou marrom amarelada e anéis de crescimento largos no lenho outonal. Além disso, o cerne da madeira geralmente não se forma até a idade de cerca de 15 anos. A densidade básica da madeira pode variar, atingindo aproximadamente 470 kg/m³ aos 10 anos e 580 kg/m³ aos 15 anos (Da Silva, 2012). Essas características tornam essa madeira adequada para a produção de pasta sulfúrica utilizada na fabricação de papéis reforçados (Wang et al.; Da Silva, 2012).

Sendo uma espécie de *Pinus*, produz porções consideráveis de madeira juvenil, que possui características indesejáveis em peças sólidas destinadas a fins estruturais. Seu período de produção de madeira juvenil pode se estender por cerca de quatro anos (SHIMIZU, 2008). Em algumas regiões de baixa altitude onde estão plantadas, como África do Sul, essa variedade tende a produzir madeira praticamente do tipo primaveril, com baixa densidade e resistência inadequada para algumas aplicações (Zobel; Talbert; Shimizu, 2008).

3.11. *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr et Golf

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma variedade de pinheiro que ocorre naturalmente em várias regiões da América Central, incluindo Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e uma localidade no Estado de Quintana Roo, México (De Moraes Neto, 2009). Esta variedade pertence ao subgênero *Diploxylon*, que inclui espécies produtoras de madeira dura, altamente valorizadas em diversas aplicações, como estruturas, móveis, chapas e produção de celulose para embalagens (Shimizu, 2008).

Considerado a variedade de pinos tropical mais plantado no mundo, devido à sua capacidade de adaptação a uma ampla gama de condições ambientais. Essa adaptabilidade está relacionada à sua ocorrência natural em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros. Essa ampla distribuição geográfica favorece a ocorrência de variabilidade genética na espécie, resultando em diferentes adaptações a várias condições ecológicas (Hodge; Dvorak; Shimizu, 2008).

As condições climáticas ideais para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* incluem uma temperatura ótima de cerca de 25°C, com mínimas em torno de 4°C e máximas de até 41°C. No entanto, a ocorrência de geadas pode limitar sua distribuição geográfica (Shimizu, 2008). As precipitações uniformemente distribuídas ao longo do ano, com maior concentração no verão, favorecem o desenvolvimento dessa espécie em regiões tropicais, como o sul e o sudeste dos Estados Unidos. No Brasil, os plantios comerciais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são recomendados em toda a região tropical, exceto no Semi-árido (Golfari; Shimizu, 2008).

A madeira dessa variedade de pinheiro possui diversas aplicações, incluindo arborização urbana, produção de celulose, madeira para laminação e construção civil (Marto et al., De Moraes Neto, 2009). No Brasil, há plantios comerciais dessa espécie para serraria, resina e celulose. O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* possui um grande potencial para produção de madeira e resina em locais que não sofrem com geadas severas e que podem estar sujeitos a algum déficit hídrico, sendo a resina produzida em quantidade suficiente para uso comercial (Shimizu, 2008).

Em média, as árvores apresentam altura e DAP em torno de 30 m e 80 cm, respectivamente. Com tronco reto e bem formado, sem excesso de ramificação. Uma característica marcante desta variedade é a alta frequência de árvores com crescimento anormal marcado pelo crescimento do broto terminal, sem ramificações laterais, conhecido como “fox-tail” ou “rabo-de-raposa”, em que o broto terminal cresce sem ramificações laterais. Isso pode resultar em madeira quebradiça e de baixa qualidade física e mecânica, devido à grande proporção de madeira de compressão e fibras anormais. A frequência desse fenômeno pode ser maior em áreas com alta precipitação e sem déficit hídrico (Shimizu, 2008).

Em geral, possui porções significativas de madeira juvenil (Shimizu, 2008). Além de árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentarem incremento ao ano de 4,07% em densidade (Rezende, 1995). Num estudo comparativo entre cinco procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, encontrou uma densidade básica média de 410 kg/m³ (De Moraes Neto, 2009).

3.12. *Acacia mangium* Willd

A *Acacia mangium*, pertencente à família Fabaceae – Mimosoideae (Cordeiro, 2008), é uma árvore perenifólia com tronco ereto de cor cinza-pardo e folhas que se apresentam na forma de filódios permanentes, não evoluindo para folhas verdadeiras (Lorenzi et al., 2003).

Sua ocorrência natural abrange a região noroeste da Austrália, o litoral de Queensland, Papua, Nova Guiné e leste da Indonésia. Ela é conhecida por sua plasticidade a condições

climáticas, sendo encontrada em locais secos e úmidos, com preferência por climas úmidos, temperaturas entre 12°C e 34°C (Rossi, 2003) e precipitações anuais que variam de 1.000mm a 4.500mm (Catie, 1992)

A espécie tem raízes superficiais e densas, tornando-a suscetível a ventos fortes. Seu sistema radicular é concentrado nos primeiros 28 cm do solo, mas pode alcançar até 3 metros de distância da árvore. A planta é tolerante a solos ácidos, com pH de até 3,5 e desenvolve bem na presença de altos teores de óxidos de ferro e alumínio (Rossi, 2003). No entanto, não se adapta bem a solos calcários, salinidade, sombreamento ou baixas temperaturas (Cordeiro, 2018).

A *A. mangium* possui alta eficiência nutricional, acumulando grande quantidade de biomassa em sua parte aérea e na serapilheira (Balieiro et al., 2004; Lopes, 2018), além de fixar nitrogênio no solo por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Cordeiro, 2018), o que a torna adequada para a recuperação de solos degradados (Schiavo et al., 2003). As plântulas respondem à adubação fosfatada moderada, mas são prejudicadas pela adubação potássica (Rossi, 2003).

Suas características incluem crescimento vigoroso podendo atingir até 30 m de altura e 30 cm de DAP. Quando plantadas em condições adversas seu crescimento é muito prejudicado, não atingindo 10 m de fuste. Em situações livres de competição, a forma da copa é globular, porém, em plantações onde o espaçamento é menor, apresenta-se cônica (National Research Council, 1983; Rossi, 2003).

A densidade da madeira varia entre 420 e 600 kg/m³, com poder calorífico entre 4.800 e 4.900 kcal/kg (Mackey, 1996), com teor de lignina de cerca de 20% (Rossi, 2003). Em plantações comerciais, a espécie é cultivada principalmente para produção de celulose, carvão, móveis (National Research Council, 1983) e produção de energia.

A fase reprodutiva da *A. mangium* inicia-se após cerca de 2,5 anos de idade, com flores pequenas, em forma de espiga (Rossi, 2003), são melíferas e podem ser utilizadas por abelhas do gênero *Apis* para a produção de mel (Balieiro et al., 2004; Cordeiro, 2008). A frutificação ocorre de cinco a sete meses após a floração (Lima et al., 1996).

No que diz respeito a pragas e doenças, as plantações de *A. mangium* em trópicos úmidos geralmente não enfrentam problemas graves, quando cultivadas em pequena escala (Lopes, 2018). Insetos como besouros da família Cerambycidae, formigas cortadeiras do gênero *Atta* spp., lagartas desfolhadoras e a mosca branca são pragas da espécie (Junior, 2007).

No entanto, os fungos são os principais agentes causadores de enfermidades (Old, 2000), sendo os sintomas mais comuns o apodrecimento, escoriações no caule, murcha,

manchas nos filóides e podridão das raízes, sendo limitações para plantios comerciais (Halfeld-Vieira, 2006). Destaque para o fungo *Atelocauda digitata*, causador da ferrugem (Rossi, 2003) e *Oidium* spp. em mudas florestais (OLD et al., 2000). A *Lasiodiplodia theobromae* e *Ceratobasidium* spp. podem afetar a qualidade da madeira e a sobrevivência das árvores (Lopes, 2018).

Segundo Tonini *et. al.* (2006), os patógenos encontrados em *A. mangium* no estado de Roraima, no Brasil, foram: *Lasiodiplodia theobromae*, *Cercospora* spp., *Colletotrichum* spp., *Fusarium solani*, *Oidium* spp., *Pestalotia* spp., *Phaeotrichoconis* spp., *Phomopsis* spp. e *Pyllosticta* spp.

3.13. *Anacardium occidentale*

O caju (*Anacardium occidentale*) é uma planta nativa do Brasil, que ocorre especialmente na costa norte e nordeste, principalmente nos estados do Piauí e Maranhão (Lorenzi,1992). Pertence à família Anacardiaceae, que tem como características do grupo árvores e arbustos tropicais, com ramos providos de canais resiníferos e folhas alternas, coriáceas e sem estípulas (Barros; Borges et al., 2012).

A espécie *A. occidentale* é a única cultivada e com a maior dispersão, sendo encontrada nas faixas litorâneas (Barros; Borges et al., 2012). Sua distribuição geográfica está integrada na faixa de latitude 27°N (sudeste da Flórida) e 28°S (na África do Sul) (Embrapa, 2021). O cajueiro é sensível a baixas temperaturas e cresce bem em temperaturas que variam de 22°C a 40°C, sendo que 27°C é a temperatura média ideal para o desenvolvimento e frutificação adequada (Embrapa, 2021). As espécies deste gênero são tipicamente tropicais, decíduas e heliófitas (Lorenzi,1992).

Em relação ao solo, o cajueiro geralmente cresce em solos Neossolos Quartzarênicos, Latossolos e Argissolos profundos, que são bem drenados e sem pedregosidade, e, normalmente, com baixa fertilidade química (Embrapa, 2021). A planta atinge uma altura média de 5 a 10 metros, com um tronco tortuoso que tem entre 25 e 45 centímetros de diâmetro (Lorenzi, 1992).

No que diz respeito ao regime hídrico o desenvolvimento do cajueiro é realizado com sucesso quando as chuvas anuais se situam nos limites entre 800mm a 1500mm, distribuídas em cinco a sete meses e período seco de cinco a seis meses, coincidindo com as fases de floração e frutificação (Crisóstomo, 2021).

A floração ocorre de junho a novembro, enquanto o amadurecimento de setembro a janeiro (Lorenzi,1992). A principal parte comercial do caju é a castanha, para obtenção de

sementes os frutos completos (pedúnculo e castanha) devem ser colhidos diretamente da árvore, separando-se a castanha (fruto verdadeiro) da parte succulenta (pseudofruto), após esse processo a castanha está pronta para ser semeada, um quilograma desse material contém 240 unidades (Lorenzi,1992).

A produção de caju ocorre durante a estação seca, o que é fundamental para a complementação da renda de muitos agricultores da região do Nordeste do Brasil, incluindo Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Reconhecida por ser uma cultura versátil, seus subprodutos, como a amêndoa da castanha de caju e o líquido da casca da castanha de caju, são usados na indústria de alimentos e bebidas. O mercado desses produtos encontra-se basicamente restrito ao plano interno, mais especificamente regional (Pessoa; Leite, 2021).

Em relação a madeira, o cajueiro possui uma madeira leve, forte e de longa duração, com densidade em torno de 420 kg/m³, apropriada para construção civil, carpintaria, marcenaria, confecção de cabos para ferramentas agrícolas e caixotaria (Lorenzi,1992).

O cajueiro é sensível à umidade relativa do ar, e seu desenvolvimento é melhor em áreas com umidade relativa entre 70% e 85%. No entanto, também é capaz de crescer em regiões com umidade relativa do ar em torno de 50%, desde que o solo seja bem drenado e mantenha uma reserva de água adequada. Em áreas com umidade relativa acima de 85%, há um aumento na incidência de doenças causadas por fungos nas folhas, flores e frutos (Crisóstomo, 2021).

São observadas diversas doenças fúngicas ainda em condição de campo que representam ameaças significativas para a produção. A Antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, afeta frutos, folhas e ramos, resultando em manchas escuras e lesões nos frutos. A Resinose, causada por *Lasiodiplodia theobromae*, leva à formação de resina nas partes afetadas da planta, prejudicando seu desenvolvimento. O Mofo-preto, causado pela *Pilgeriella anacardii*, diminui significativamente a produção visto as manchas escuras nas folhas, lesões nos frutos e secamento de ramos e inflorescências (Embrapa, 2021).

Entre as pragas, a Broca-das-pontas (*Anthistarcha binocularis*) perfura preferencialmente os ramos frutíferos, inviabilizando a produção dos frutos. O Pulgão-das-inflorescências (*Aphis gossypii*) suga a seiva, provocando a murcha e a queda prematura das inflorescências. A Traça-da-castanha (*Anacamptis phytomiella*) também causa sérios danos econômicos, perfurando as amêndoas de caju e prejudicando sua qualidade (Mesquita et al., 2016; Embrapa, 2021).

3.14. Bambu

O Bambu, gramínea pertencente à família Poaceae, subfamília Bambusoideae, distribui-se em três tribos, compreendendo os bambus herbáceos (*Olyrae*), bem como os bambus lenhosos (Arundinarieae e Bambuseae) (Clark et al., 2015; Nayak; Mishra, 2016). Estas tribos têm ampla distribuição geográfica, abrangendo mais de 30 milhões de hectares (Du et al., 2018), sendo mais de 1.642 espécies pertencentes a 75 gêneros, encontrados em todo o globo (Goyal; Brahma, 2014).

A região do sudoeste da Amazônia brasileira abriga 89% de todo o gênero de bambu conhecidos e 65% de todas as espécies identificadas nas Américas, incluindo notáveis como o *Dendrocalamus asper*, *Bambusa tuldoides* e *Bambusa vulgaris* (Pereira; Beraldo, 2016).

A taxonomia e classificação dos bambus são baseadas em suas características morfológicas (Tripllet et al., 2010), com distinção entre as espécies monopodiais e simpodiais (Maoyi; Banik, 1995; Valade; Dahlan, 1991). Bambus monopodiais são predominantes em climas temperados com invernos frios e úmidos, enquanto os bambus simpodiais prosperam em climas tropicais com estações secas pronunciadas (Kleinhenz; Midmore, 2001).

Os rizomas, caracterizados por serem caules subterrâneos horizontais, possuem uma alta reserva de nutrientes e a capacidade de emitir novos ramos. Os colmos, parte aérea da planta, são formados por nós, entrenós e gemas, apresentando uma variedade características fundamentais para a identificação das espécies e gêneros de bambu (Filgueiras; Viana, 2017).

Diferentemente das árvores, os bambus apresentam apenas crescimento primário, o que significa que o diâmetro com o qual emergem é o diâmetro máximo. No decorrer dos primeiros anos, ocorre a densificação da estrutura do colmo até atingir a maturidade. Os colmos também alcançam sua altura máxima geralmente em torno de três meses. A região do nó é oca na maioria das vezes, enquanto a área do entrenó contém uma rede de fibras de celulose que atua como uma membrana, isolando as partes (Sawitzki, 2020).

A biologia reprodutiva das espécies de bambu é desafiadora devido aos longos intervalos entre os ciclos de floração, podendo durar de três a 60 anos para bambus tropicais, como *Guadua* (Ruiz-Sanchez et al., 2017). No entanto, é importante notar que a maioria das espécies de bambu é semélpara e monocárpica, o que significa que passam por um único evento de reprodução sexuada e entram em senescência após esse evento (Janzen, 1976; Silveira, 2001). A floração pode ser esporádica (ocorrendo em algumas plantas da população), síncrona (afetando todas as plantas da população) ou ocorrer sob estresse ambiental (Silva, 2005; Ramanayake, 2006; Guerreiro; Lizarazu, 2010).

Várias teorias foram propostas para explicar por que várias espécies de bambu morrem após a floração, incluindo o alto gasto de energia na produção de sementes (Filgueiras; Viana, 2017) e o consumo dos ápices meristemáticos durante a floração (Ramanayake, 2006). Ainda existem espécies em que os ciclos de floração não são conhecidos (Saarela, 2007).

Quanto à produção de frutos, os bambus podem produzir cariopses, nozes e bagas, com a longevidade e as condições de armazenamento variando de acordo com o tipo. Cariopses e nozes podem ser armazenadas por até cinco anos após a secagem, desde que sejam mantidas com controle de umidade e temperatura adequados, enquanto as bagas não podem ser armazenadas (Pandalai et al., 2002).

3.15. *Elaeis guineensis*

O Dendezeiro (*Elaeis guineensis*), é uma palmeira originária da África de grande importância na região amazônica do Brasil (Brazilio et al., 2012). Essa espécie monocotiledônea, pertencente à família Arecaceae (Cronquist; Carvalho; 2009) e pode atingir até 15 metros de altura, caracterizando-se por seu estipe ereto, sem ramificação, e folhas pinadas de 5 a 7 metros de comprimento (Gonçalves; Carvalho; 2009).

As inflorescências, são formadas na axila das folhas, e são espádices compostas por espigas protegidas por duas brácteas fibrosas, denominadas espatas (Carvalho, 2009). A planta é monocárpica e monoica, produzindo flores masculinas e femininas na mesma planta, porém em ciclos sexuais alternados (Cunha, 2007). A reprodução natural do dendezeiro ocorre exclusivamente por sementes, que apresentam dormência e germinam raramente em condições normais, sendo necessários métodos de quebra de dormência (Carvalho, 2009). A reprodução vegetativa é possível apenas por meio de técnicas de propagação *in vitro* (Cunha, 2007).

A planta se desenvolve em temperaturas médias entre 25°C e 28°C, com máxima de 32°C e mínimas de 18°C. Quanto à pluviometria, a região deve ter uma boa distribuição de chuvas ao longo dos meses, com precipitação anual superior a 2000mm e no máximo três meses com menos de 100mm de chuva. O solo deve ser profundo, sem compactação, sendo que a espécie se adapta a solos lavados, com baixa saturação de base (Muller, 1980). A cultura do dendezeiro é perene, iniciando a produção no terceiro ano e atingindo a produção máxima entre o oitavo e o vigésimo quinto ano após o plantio (Cunha, 2007).

Os frutos do dendezeiro, conhecidos como cachos, têm formato ovóide e podem pesar de 10kg a 50kg na fase adulta. A maturação ocorre em aproximadamente 5 a 6 meses após a fecundação. O cacho contém cerca de 1500 frutos, que representam cerca de 60% do peso total do cacho (Cunha, 2007). O fruto é carnoso e denominado drupa séssil (Carvalho, 2009),

composto por uma amêndoa, casca, polpa e epiderme, sendo possível extrair dois tipos de óleo: o óleo da amêndoa, comercialmente conhecido como óleo de palmiste, utilizado na indústria de sabonetes, sabões, margarina, entre outros; e o óleo da polpa, chamado de azeite de dendê, amplamente usado na indústria alimentícia em diversas receitas. Além disso, todos os resíduos da produção, como cachos vazios, fibras da polpa e cascas, podem ser utilizados como adubo (Cunha, 2007).

Uma das principais pragas que afetam a cultura do dendê é o besouro *Rhynchophorus palmarum*, cujas larvas causam danos significativos perfurando o caule das plantas, levando à morte da planta devido à infestação. O besouro adulto possui hábitos diurnos e é frequentemente avistado voando nas plantações. A fêmea põe seus ovos nas fissuras das folhas e cachos, liberando lagartas que danificam o caule e abrem galerias internas, resultando em podridão e morte da planta (Souza & Lemos; Brazilio et al., 2012).

3.16. *Hevea brasiliensis*

A Seringueira (*Hevea brasiliensis*), pertencente à família Euphorbiaceae, é uma espécie nativa da região amazônica do Brasil (Pinheiro, 2018). Caracterizada por ser uma planta lactescente que atinge alturas de 20 a 30 metros e tronco com diâmetro médio entre 30 a 60 centímetros (Lorenzi, 1992).

Apesar de apresentar grande elasticidade climática, a seringueira se desenvolve melhor em temperatura média do ar anual a partir de 20°C, sendo a fotossíntese mais favorecida na faixa entre 27 e 30°C. Para o fluxo do látex, temperaturas em torno de 18 e 28°C são as mais indicadas. Abaixo de 0 °C danos letais se tornam evidentes, afirmando o mal desenvolvimento que temperaturas inferiores a 10 °C provocam na espécie (Alvarenga, 2021).

Quanto aos fatores hídricos, para o sucesso do plantio do seringal deve-se considerar a implementação em regiões com evapotranspiração real anual superior a 900 mm, deficiência hídrica anual inferior a 50mm e precipitação anual acima de 1.200mm (Alvarenga, 2021). Adaptações quanto ao tipo climático foram realizadas para expansão da produção em regiões com períodos secos definidos como Sudeste e Centro-Oeste, visando prevenir doenças fitossanitárias (Valadares et al., 2020).

As folhas da Seringueira são alternas, compostas e trifolioladas, com folíolos membranáceos e lustrosos, contendo pecíolos acanalados e glândulas na junção dos peciólulos com o pecíolo. Seus ramos terminais na copa são cilíndricos, contendo cicatrizes castanhas de folhas. No tronco reto, é onde se localiza o exsudato leitoso, liberado quando causada alguma injúria (Lorenzi, 1992).

A espécie floresce entre agosto e novembro, com o amadurecimento dos frutos ocorrendo entre abril e maio. Para a produção de mudas, é necessário colher as sementes após a queda espontânea, beneficiá-las e semeá-las em canteiros ou recipientes individuais, com a germinação ocorrendo em cerca de 20 a 40 dias (Lorenzi,1992).

A madeira possui baixa resistência, maciez e baixa durabilidade natural, com densidade média de 450 kg/m³. Além disso, a espécie é mundialmente conhecida pela extração de látex do seu tronco, que é transformado em borracha e amplamente utilizado por várias indústrias. A Seringueira também é empregada na arborização urbana devido ao seu porte e sombra densa, além de ser utilizada na produção de artesanato popular a partir de suas sementes (Lorenzi,1992).

A principal doença que prejudica a seringueira é o Mal-das-folhas, causado pelo fungo *Microcyclus ulei*, sendo um fator limitante para o estabelecimento dos seringais na região amazônica. A doença se manifesta principalmente durante o refohamento da planta, afetando folhas novas e variando conforme a idade dos folíolos e a suscetibilidade do clone de acordo com Gasparotto et al. (1997) e citado por Silva et al (2006).

3.17. *Tectona grandis* Linn. f.

A Teca (*Tectona grandis* Linn. f.) é uma espécie de alto valor comercial conhecida por sua madeira de alta qualidade. Ela pertence à família Lamiaceae e é nativa de algumas regiões tropicais do sudeste asiático, incluindo Índia, Laos, Mianmar e Tailândia. A teca prefere locais com altitudes abaixo de 1.000 metros e não tolera excesso de umidade no sistema radicular (Kollert et al., 2012).

Essa árvore é adaptada a zonas tropicais com chuvas de verão, onde a precipitação varia entre 1.300 e 2.500 mm por ano, com uma estação seca que pode durar de 3 a 5 meses. Apresenta baixa tolerância ao excesso de umidade no sistema radicular (Dos Santos et al., 2010).

Em relação ao clima, a Teca se adapta em temperaturas que variam de 32°C, a 18°C, com uma média de 25°C (Webb et al., Neto; 2021). Quanto ao solo, o desenvolvimento da planta depende da profundidade, estrutura e porosidade, sendo que a planta se desenvolve melhor em solos com boa aeração, boa drenagem e capacidade de retenção de água adequada (Figueiredo et al., 2005; Kollert et al., 2012).

Quanto as suas características gerais, é uma árvore caducifólia que pode atingir de 20 a 30 metros de altura, com tronco ereto, espesso e cilíndrico, com casca marrom que se fissa longitudinalmente (Lorenzi et al., 2003). Suas folhas medem de 30 a 40 centímetros de

comprimento, embora sejam maiores nos indivíduos mais jovens, com até 3 anos de idade (Figueiredo et al., 2005).

A madeira da Teca é altamente valorizada devido às suas propriedades. Ela possui fibras retas, textura mediana e é oleosa ao toque, com uma fragrância suave após secagem. Apresenta um alborno amarelado ou esbranquiçado, geralmente delgado, contrastando com o cerne que é castanho-amarelo-dourado. Podem ser observados anéis de crescimento nítidos e diferenciados nos cortes transversais (Wadsworth; Dos Santos et.al., 2010).

A densidade básica da madeira de Teca seca varia de 550 a 680 kg/m³, tornando-a uma madeira dura e pesada. A teca é amplamente utilizada na indústria de construção naval, móveis, estruturas, pisos, peças torneadas, chapas, painéis, postes e dormentes, devido à sua resistência a condições adversas e facilidade de trabalho (Lorenzi et al., 2003).

Dentre as doenças que ocorrem na espécie, destaca-se a ferrugem, causada pelo patógeno *Olivea neotectonae*, que pode levar à desfolha intensa e redução na taxa fotossintética, afetando a produção (Pieri et al., 2011). Essa doença é considerada praga não regulamentada, ainda não registrada oficialmente no Brasil (Figueiredo et al., 2005), porém, vem despertando atenção nos países onde há ocorrência natural e plantio comercial, como por exemplo Costa Rica, Cuba, Panamá, México e Colômbia (Dos Santos et al., 2010).

Outras doenças incluem aquelas causadas pelo gênero *Ceratocystis*, como o complexo *Ceratocystis fimbriata*, que pode ser destrutivo para várias culturas agrícolas. Além disso, doenças como Cancros (causadas por *Botryosphaeria* sp. e *Nectria* sp.) e Galhas-da-coroa (*Agrobacterium tumefaciens*) também podem afetar a teca (Dos Santos et al., 2010).

Os plantios comerciais de teca foram introduzidos em vários países do sudeste asiático e, posteriormente, em algumas regiões da África e das Américas. No Brasil, os plantios de teca começaram no final da década de 1960, no estado do Mato Grosso. Atualmente, existem plantações comerciais de teca no Brasil, com uma área estimada em cerca de 100.000 hectares, dos quais aproximadamente 60.000 hectares estão localizados no estado do Mato Grosso (Dos Santos et al., 2010).

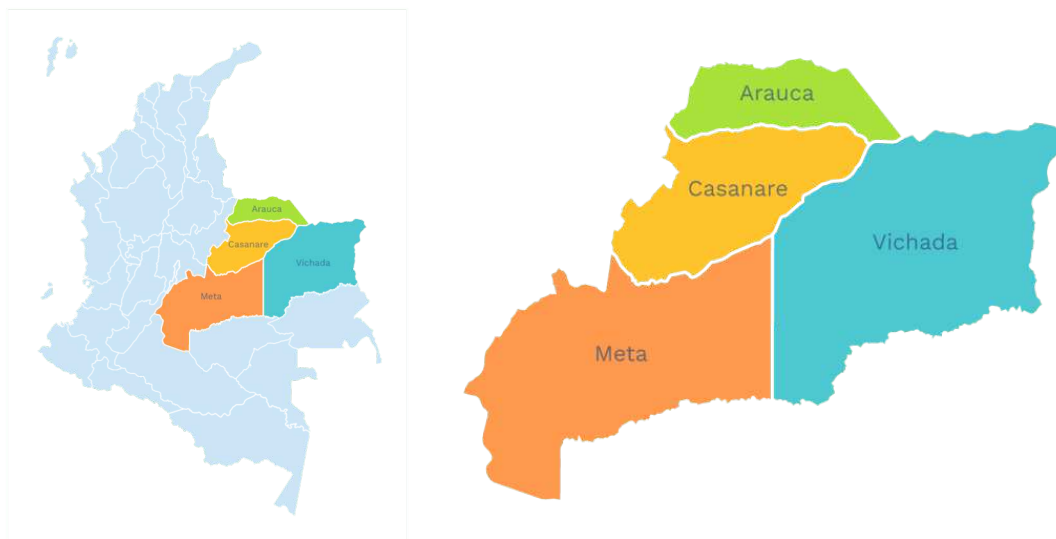
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área

O projeto Biocarbono Orinoquia é executado nos estados de Arauca, Casanare, Meta e Vichada como parte da iniciativa global “*Paisajes Forestales Sostenibles*” (ISFL) através do Fundo Biocarbono do Banco Mundial. É financiado pelo Reino Unido, Alemanha, Estados

Unidos e Noruega. A liderança na execução do projeto Biocarbono Orinoquia é o Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural, e Ministério de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Colômbia (Biocarbono Orinoquia; IDEAM, 2021).

Figura 1: Mapa da Orinoquia colombiana e seus departamentos.



Fonte: Projeto biocarbono, 2023.

A Unidade de Planejamento Agrícola Rural (UPRA, 2014) determinou as áreas de aptidão florestal para o país em 2018. O Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADR, 2022), através do Boletim Estatístico Florestal, apresentou um relatório sobre a situação das plantações no país e como estão se desenvolvendo em cada estado.

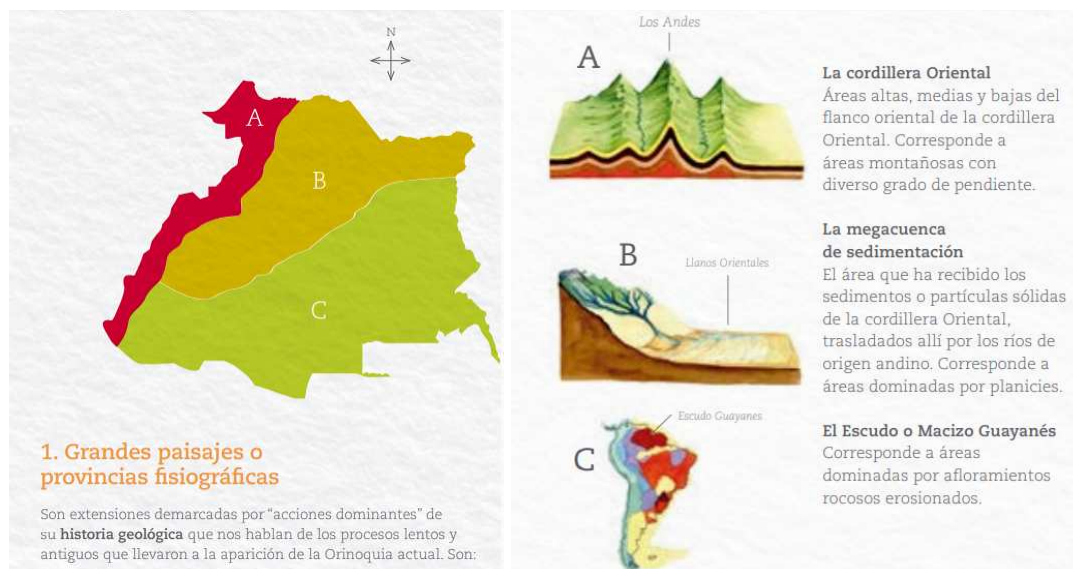
Assim, segundo este documento, o país conta atualmente com quase 5.412.899 hectares estabelecidos em plantações florestais comerciais, onde na região da Orinoquia existem 183.341 hectares, o que equivale a 33,83% do total de hectares plantados em todo o território nacional colombiano.

Este território é habitado por aproximadamente 1,5 milhões de habitantes, o que representa 3,5% da população total do país. A maioria da população vive na região de sopé. O restante da área plana é inundável, habitado por comunidades indígenas que representam 3,8% da população regional (Jiménez, 2012). Essa região possui recursos naturais, como as reservas de petróleo, sendo uma das atividades predominantes da região (IGAC, 2014).

O relevo da região da Orinoquia pode ser dividido em três grupos: cordilheira; planície de sedimentação e Escudo das Guianas (Figura 02). Em cada uma dessas paisagens se

desenvolvem ecossistemas e modos de vida específicos, devido a origem geológica (Jiménez, 2012).

Figura 2: Fisiografia da Orinoquia. A- Cordilheira; B- Planície de Sedimentação; C- Escudo das Guianas.



Fonte: Jiménez (2012).

A cordilheira, localizada a extremo oeste e norte da Orinoquia, desempenha um papel importante no regime de águas de toda região. Estas montanhas são uma barreira natural para as massas de água que evaporam nas planícies inundadas, colidem nas altas montanhas e reabastecem os rios andinos. Os rios mais representativos são Guaviare, Meta, Casanare, Arauca e Apure (Jiménez, 2012).

A região da planície de sedimentação localiza-se entre a cordilheira dos Andes e as montanhas do Maciço Guayanés, ocupando a maior área da Orinoquia. Essa planície tem origem sedimentar, produto do transporte e acumulação de solos entre o período Terciário e Quaternário (de 600.000 a 10.000 anos atrás). Qualificada pela paisagem da várzea ao norte do rio Meta, a planície alta ao sul; e zona de transição aos ecossistemas de floresta tropical úmida, com características amazônicas devido às suas condições climáticas e tipo de vegetação, onde predominam os ventos alísios e chuvas ocorrem em vários meses do ano (Jiménez, 2012).

O Escudo das Guianas pertence ao Maciço Guayanés, um dos mais antigos da Terra, originados com a separação da Pangeia, que constitui uma grande parte do norte da América do Sul, considerada uma área de preservação (IGAC, 2014). Esta região geológica que se formou no período pré-cambriano, atrás 2 bilhões de anos, foi modificado por movimentos das placas

terrestres, deixando extensas planícies em que a rocha é vista ou encontrada escondido por finas camadas de areia ou sedimentos (Jiménez, 2012).

Os dados climatológicos obtidos através da plataforma OMM (Organização Meteorológica Mundial), para cada um dos 12 meses do ano de 2022, são: a temperatura máxima plurianual mensal, a temperatura mínima plurianual mensal, a precipitação plurianual mensal, a radiação solar plurianual mensal, o número de dias com chuva na escala plurianual mensal e por último os dias com geadas, onde a referida variável climatológica apresentou valores nulos. Eles foram apresentados por departamento.

4.1.1. Vichada

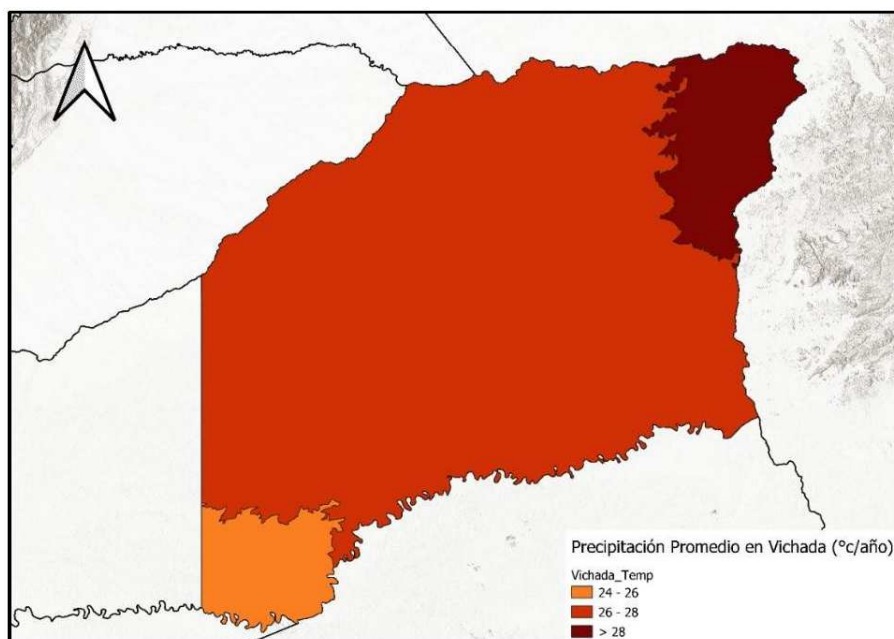
O Departamento de Vichada é o segundo maior departamento da Colômbia com uma área territorial de 100.242 km², 8,7% do território colombiano. Está localizada no leste do país, na região de Orinoquia, composta por 4 municípios: Puerto Carreño, Cumaribo, Santa Rosalía e La Primavera (IDEAM, 2018).

Seu território é limitado ao norte com o rio Meta que o separa dos departamentos de Casanare, Arauca e da República da Venezuela; a leste com o rio Orinoco que o separa da República da Venezuela; ao sul com o rio Guaviare que o separa dos departamentos de Guainía e Guaviare e a oeste com os departamentos de Meta e Casanare (IGAC, 2014).

Vichada, por estar localizada na planície oriental, apresenta quatro grupos fisiográficos denominados: planície aluvial mal drenada da Orinoquia, planície alta bem drenada da Orinoquia, faixa aluvial dos grandes rios e o Escudo da Guiana. Dentro de cada um desses grupos existe uma diversidade de biomas nos quais se encontram principalmente o cerrado, a selva tropical e as matas de galeria (IGAC, 2014).

De acordo com o sistema de classificação climática mundial de Koeppen (1948), o Departamento de Vichada apresenta um clima tropical chuvoso, o que está relacionado com a sua localização na zona equatorial. A temperatura média do estado, em maior parte, varia entre 26 a 28 °C (Figura 03) (IGAC, 1984).

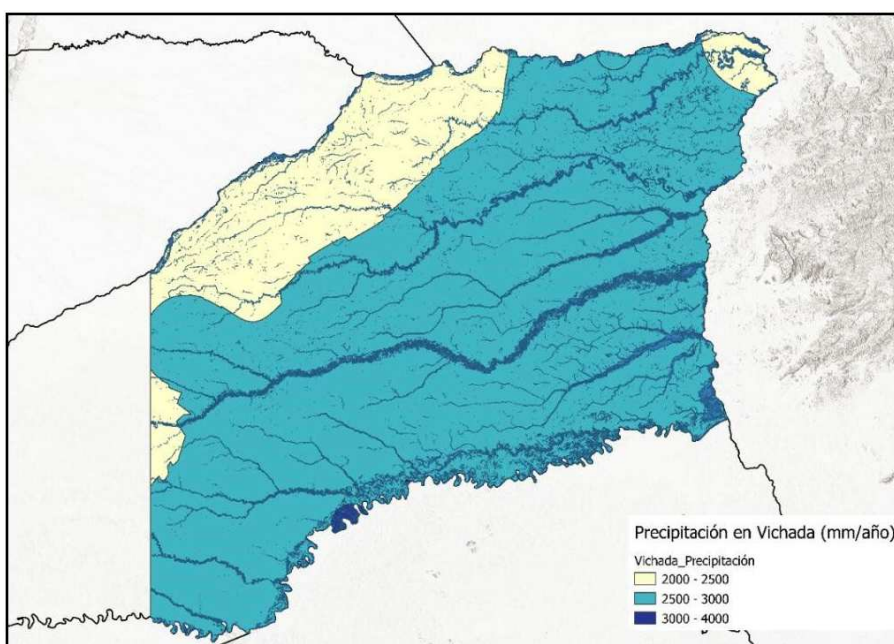
Figura 3: Temperatura média anual em Vichada.



Fonte: IGAC (2014).

Na distribuição espacial da precipitação neste departamento os níveis médios anuais de precipitação estão entre 2.500 e 3.000 milímetros (IGAC, 2014) (Figura 04). Existe bem definido, um período chuvoso de aproximadamente oito meses, seguido de uma seca no período de verão (quatro meses). A distribuição pluviométrica não é uniforme (IGAC, 1984)

Figura 4: Precipitação média em Vichada.



Fonte: IGAC (2014).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2022) os dados climáticos do estado de Vichada estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02: Dados climatológicos - departamento de Vichada (4,00 latitudes norte, 71,00 longitude oeste).

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m ² /dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Janeiro	32	21	31,0	18,23	5,50	0
Fevereiro	33	22	49,0	18,36	6,50	0
Março	33	23	116,3	16,59	10,50	0
Abril	31	22	247,5	14,06	18,25	0
Mai	30	22	317,8	12,10	23,25	0
Junho	28	21	397,5	10,07	23,00	0
Julho	28	21	317,8	10,82	24,75	0
Agosto	29	21	279,0	12,68	22,75	0
Setembro	30	21	270,0	14,00	18,75	0
Outubro	30	21	248,0	14,77	18,75	0
Novembro	31	22	150,0	15,44	14,75	0
Dezembro	31	22	69,8	16,80	8,50	0

Fonte: Organização Meteorológica Mundial (2022).

4.1.2. Meta

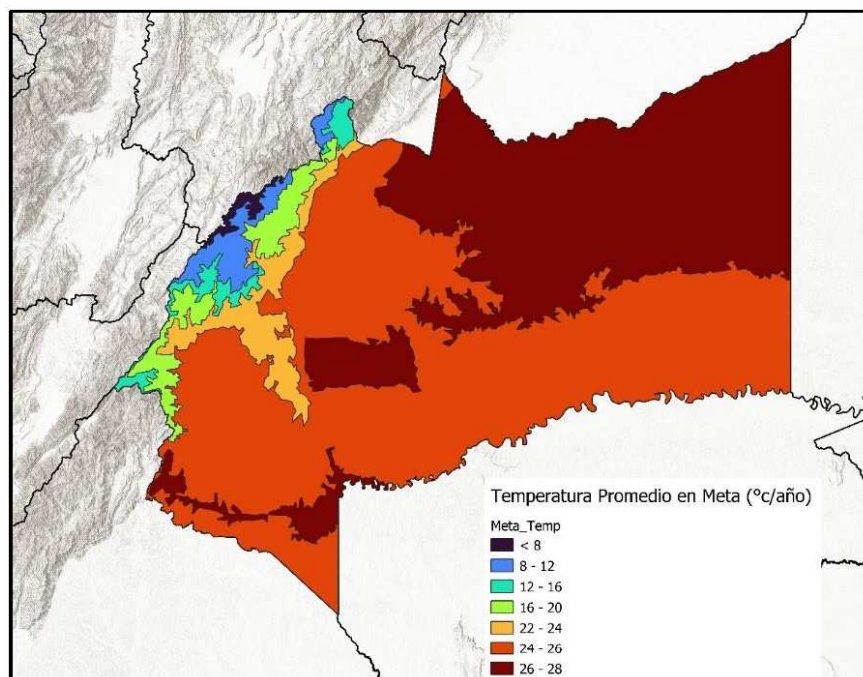
O Departamento de Meta está localizado na zona centro-leste do país, na região da Orinoquia, abrangendo uma área de 8.555.025 hectares distribuídos em 29 municípios (equivalente a 85.635 km², o que representa 7,5% do território nacional) (IDEAM, 2018). É o maior estado da Orinoquia.

Seu território possui uma área que faz fronteira ao norte com o Departamento de Cundinamarca, o Distrito Capital de Bogotá e o Departamento de Casanare, separados deste pelos rios Upía e Meta; ao leste limita com o Vichada, ao sul com o Departamento de Caquetá e o Rio Guaviare, que o separa do Departamento de Guaviare; e a oeste com os departamentos de Huila e Cundinamarca. O rio Guaviare forma a maior parte de sua fronteira sul com o Departamento de Guaviare, e os rios Upía e Meta sua fronteira norte com o Departamento de Casanare (IDEAM, 2018).

Com base nos estudos realizados pela IGAC (2012), foi determinado para o departamento que o uso da terra está concentrado para o desenvolvimento florestal, tanto produtivo como de proteção e conservação, em 61,88% (Áreas de Proteção Florestal e outras, 35,41%; Produção florestal, 26,47%) e os 38,12% restantes destinados às atividades agropecuárias (24,48%) e agroflorestais (9,70%).

A temperatura e a precipitação são determinantes essenciais do clima no Departamento de Meta. Estas duas variáveis climatológicas são muito variadas no Meta, devido à variedade de pisos térmicos que existem devido às diferentes altitudes que o departamento apresenta. IGAC (2014) mostra que em todo o departamento a temperatura média anual plurianual pode variar num ano entre 8°C nas zonas mais altas e 28°C nas zonas mais planas (Figura 05).

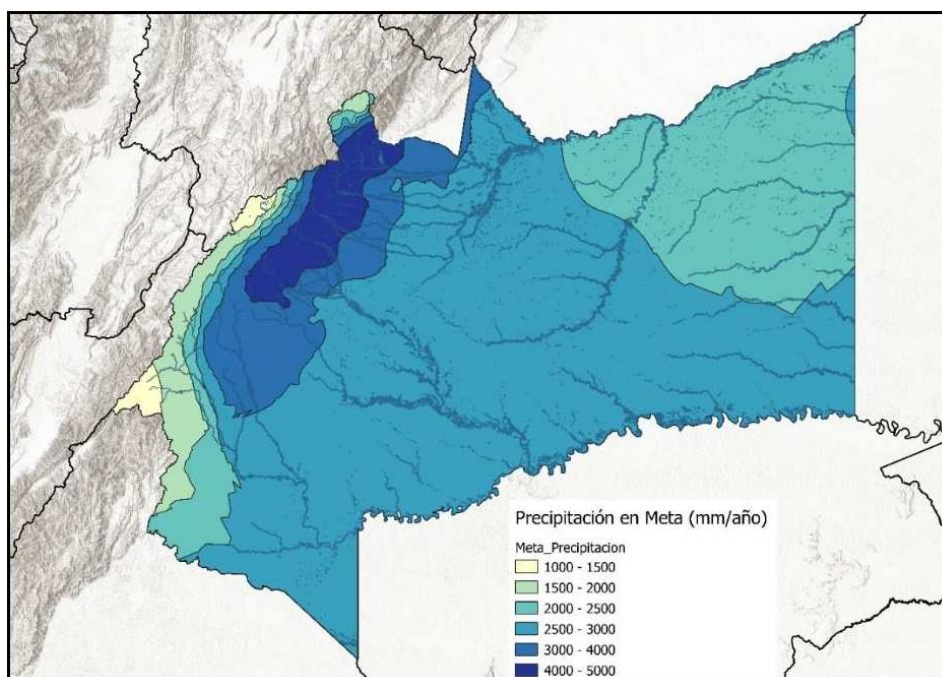
Figura 5: Temperatura média anual em Meta.



Fonte: IGAC (2014).

Quanto ao comportamento espacial das chuvas, a precipitação média em grande parte do departamento varia entre 2.500 a 3.000mm de chuva. Nas zonas de sopé da cordilheira oriental, esta cordilheira pode ser mais ampla, com precipitação acumulada a situar-se entre 3.000 e 5.000mm, podendo mesmo ocorrer precipitações superiores a este último intervalo (Figura 06) (IGAC, 2014).

Figura 6: Precipitação média em Meta.



Fonte: IGAC (2014).

Da área designada no departamento para uso agrícola, que equivale a 2.094.069 hectares (24,5%), apurou-se que 42,6% da área total está concentrada em quatro municípios: Puerto Gaitán (17,4%); Porto López (10,3%); Mapiripán (7,6%); e Uribe (7,7%) (MARD, 2018). Da mesma forma, o desenvolvimento da atividade agrícola agrupa-se na zona central do departamento, adjacente ao sopé da planície.

Quanto à análise de cobertura, com base nas informações geradas pelo Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2012), o departamento preserva um alto percentual de cobertura correspondente a florestas e áreas seminaturais (73,6%) seguidas por aquelas a cobertura correspondente aos territórios agrícolas (25,1%), as áreas úmidas e superfícies aquáticas ocupam 105.207,46 hectares (1,2%) e os territórios artificializados ocupam apenas 10.546,18 hectares.

O Estado de Meta é atualmente o terceiro departamento a nível nacional com maior número de hectares plantados com plantações florestais comerciais, apresentando 66.186,29 hectares estabelecidos que representam 12,2% do percentual total nacional. No nível regional, com relação à região da Orinoquia, Meta apresenta 37,83% do percentual total de hectares plantados.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2022) os dados climáticos do estado de Casanare estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03: Dados climatológicos - departamento de Meta (3,25 latitude norte, 73,00 longitude oeste)

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m ² /dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Janeiro	32	21	31,0	16,76	7	0
Fevereiro	33	22	56,0	16,59	9	0
Março	32	22	124,0	14,69	13	0
Abril	31	22	330,0	13,65	20	0
Mai	30	22	341,0	13,39	23	0
Junho	29	21	330,0	11,49	24	0
Julho	29	21	310,0	12,44	24	0
Agosto	29	20	248,0	13,65	22	0
Setembro	30	21	240,0	15,55	19	0
Outubro	30	21	279,0	15,47	19	0
Novembro	30	21	180,0	15,47	18	0
Dezembro	31	21	93,0	16,07	12	0

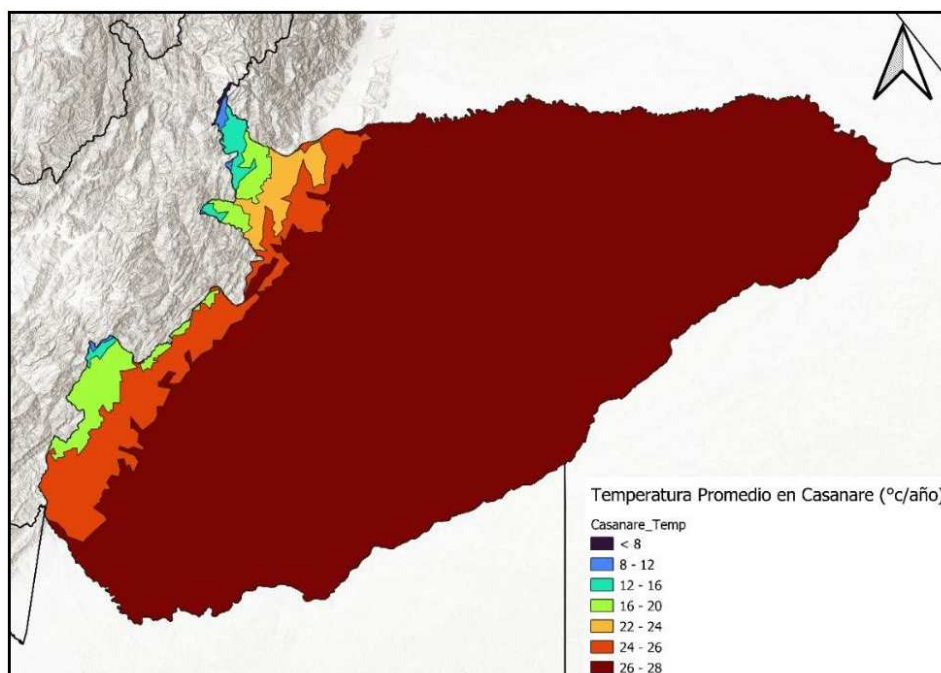
Fonte: Organização Meteorológica Mundial (2022).

4.1.3. Casanare

O estado de Casanare corresponde a uma grande área de savanas com relevo plano e clima quente. As paisagens mais importantes da região correspondem à aluvião recente, à planície de transbordamento aluvial e à planície aluvial com influência eólica, sendo esta última o resultado de vários processos de sedimentação durante o Terciário e Quaternário. As geoformas características destas paisagens são diques, dunas e estuários (IGAC, 2014).

A maior parte do estado de Casanare apresenta temperatura média anual de 26°C a 28°C (Figura 07) (IGAC, 2014). Casanare apresenta uma única estação chuvosa seguida de uma estação seca bem definida, comumente conhecida como inverno e verão respectivamente.

Figura 7: Temperatura média anual em Casanare.

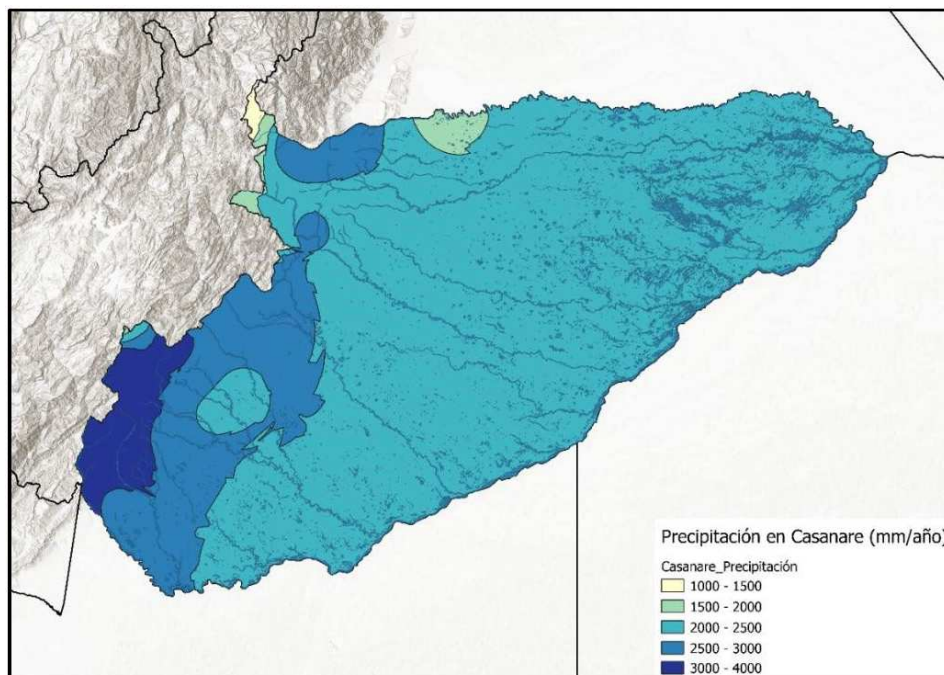


Fonte: IGAC (2014).

De acordo com o sistema de classificação de Thornthwaite (Botero et al., 1999), a maior parte do território corresponde a um clima tropical chuvoso de savana ligeiramente úmido e a um clima eólico de savana tropical chuvoso levemente úmido. Este tipo de clima é caracterizado por uma estação seca bem definida durante 4 meses, com precipitação inferior a 60mm no mês mais seco e um máximo anual de 2500mm. Casanare apresenta tal comportamento, sendo a estação seca entre dezembro e março.

Ainda assim, a maior parte do estado apresenta uma precipitação entre 2.000 à 2.500mm de chuva no ano, segundo o IGAC (2014) (Figura 08).

Figura 8: Precipitação média em Casanare.



Fonte: IGAC (2014).

Segundo o IGAC (2012), os solos desse departamento são de baixa qualidade, pois são em sua maioria ácidos, arenosos, de baixa fertilidade e com fina camada orgânica, classificados como área onde não é possível cultivar. São identificadas duas ordens de solos: Entissolos e Inceptissolos. Os primeiros constituem solos com um grau de evolução muito baixo a baixo, razão pela qual a sua morfologia reflecte pouca ou muito pouca diferenciação de horizontes. A presença desse tipo de solo está relacionada ao excesso de água e aos processos erosivos presentes, que retardam o desenvolvimento pedogenético.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2022) os dados climáticos do estado de Casanare estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 04: Dados climatológicos - departamento de Casanare (4,75 latitude norte, 71,25 longitude oeste).

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m2/dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Janeiro	32	21	31,0	19,61	4	0
Fevereiro	33	22	28,0	19,53	5	0
Março	33	22	93,0	17,54	9	0
Abril	31	22	240,0	15,29	17	0
Maio	30	22	341,0	13,74	22	0
Junho	29	22	420,0	11,75	24	0

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m ² /dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Julho	28	21	310,0	12,53	23	0
Agosto	29	21	279,0	14,34	21	0
Setembro	30	21	270,0	15,55	18	0
Outubro	31	22	248,0	15,90	18	0
Novembro	31	22	150,0	16,42	13	0
Dezembro	31	22	62,0	17,71	6	0

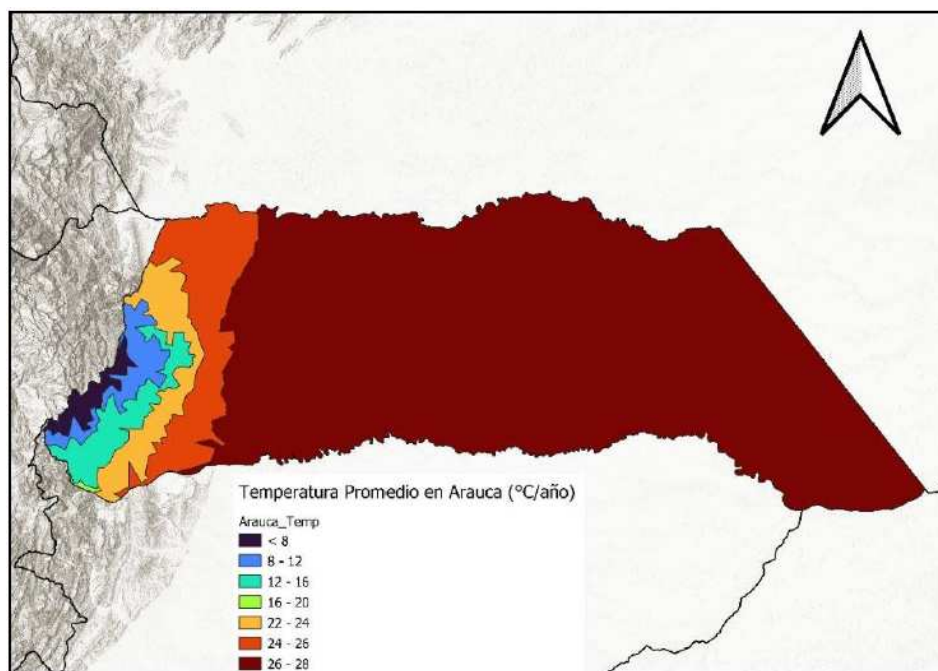
Fonte: Organização Meteorológica Mundial (2022).

4.1.4. Arauca

Como sub-região componente da Orinoquia, o Departamento de Arauca está localizado no extremo norte da Orinoquia colombiana entre 06° 02' 40" e 07° 06' 13" de latitude norte e 69° 25' 54" e 72° 22' 23" de longitude oeste. Sua superfície é de 23.818 km², o que corresponde a 2,1% do total nacional. Limita ao norte e leste com a Venezuela; ao sul, com os rios Meta e Casanare, que o separam dos departamentos de Vichada e Casanare; e a oeste com o Departamento de Boyacá (IGAC, 2014).

A temperatura média anual é de 27°C (OMM, 2022). Atingindo valores superiores a 30°C em certas épocas do ano (Figura 09) (IGAC, 2014).

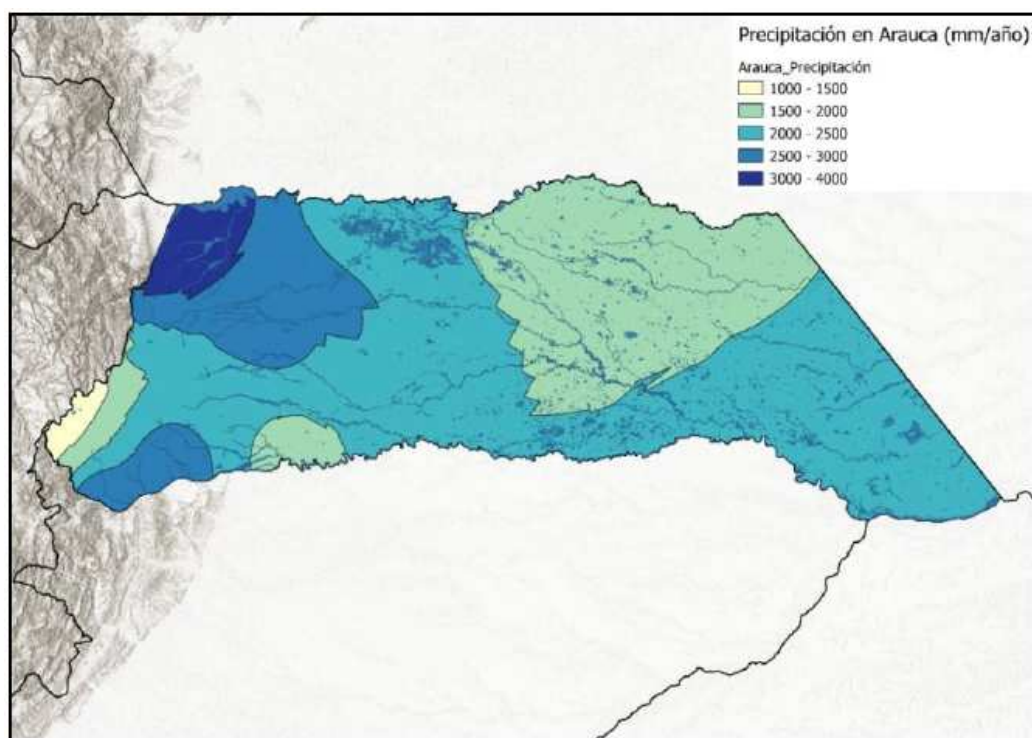
Figura 9: Temperatura média anual em Arauca.



Fonte: IGAC (2014).

Devido à sua localização latitudinal, o Departamento de Arauca possui um clima equatorial chuvoso, influenciado pelos ventos alísios e pela cordilheira oriental. Apresentando dois períodos climáticos definidos: um chuvoso (abril a novembro) e outro seco (dezembro a março). A distribuição média da precipitação no departamento, varia entre 2.000 a 2.500 mm de chuva em média por ano (Figura 10).

Figura 10: Precipitação média em Arauca.



Fonte: IGAC (2014).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2022) os dados climáticos do estado de Arauca estão apresentados na Tabela 05.

Tabela 05: Dados climatológicos – departamento de Arauca (7,25 latitude norte, 70,75 longitude oeste).

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m2/dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Janeiro	33	21	0,0	16,16	3,75	0
Fevereiro	34	21,75	7,0	16,42	4,25	0
Março	34,25	22,75	39,0	15,34	7,25	0
Abril	32	22,5	165,0	13,11	14,75	0
Mai	30,75	22,25	264,0	11,94	20,5	0
Junho	29,25	21,75	330,0	10,35	23,25	0

Mês	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Precipitação (mm)	Radiação solar (MJ/m ² /dia)	Dias com chuva	Dias com geadas
Julho	29,25	21,25	295,0	11,49	23,25	0
Agosto	30	21,5	233,0	12,61	21	0
Setembro	31	21,75	203,0	13,78	18	0
Outubro	31	21,75	178,0	14,06	16	0
Novembro	31,75	22,25	90,0	14,36	12	0
Dezembro	32	22	31,0	14,67	6,75	0

Fonte: Organização Meteorológica Mundial (2022).

4.2. Coleta de dados

Prevalecendo sempre o respeito pela confidencialidade da fonte (seja estatal ou privada), a fim de mitigar os efeitos adversos devidos a segurança, compromissos ou represálias de terceiros, a referência foi dada por região e nunca ao proprietário direto, salvo autorização prévia a sua utilização ou referência.

O projeto foi conduzido com a colaboração de diversos entes, desde órgãos públicos a empresas privadas da Colômbia, sendo Canapro Ambiental, Carbon Decision International (CDI), Forest First, Genlyptus, Inverbosques, La Paz, Lignus, Kardianuts, Rancho Victoria, Refocosta.

Foi realizada uma viagem a campo para a coleta de dados no período de 28 de janeiro a 10 de fevereiro de 2023, atendendo ao cronograma elaborado pela APCA (Agência Presidencial de Cooperação Internacional da Colômbia). Foram dedicados um período de onze dias na região da Orinoquia, passando pelos estados de Vichada, Casanare e Meta.

Neste período foi realizada a identificação das atividades do setor florestal atualmente existentes; a coleta de amostras de solo para classificação e análise; bem como a avaliação do uso atual da terra, os padrões de drenagem e a vegetação predominante na região.

Com o apoio de empresas florestais da Orinoquia, foram estabelecidas reuniões presenciais com os atores e programadas visitas a áreas de empresas e associações locais, todo o roteiro foi guiado por um engenheiro florestal local.

Foi estabelecida uma agenda buscando diferentes atividades do setor, sendo produtores de madeira para serraria, venda de crédito de carbono, produção de mel e caju, principalmente. Para obter as informações necessárias foram feitos questionários relacionados a informações como o tamanho da área de produção, quais os tratamentos silviculturais, escolhas de espécies e clones, dados de inventário, resultados de produtividade dos últimos anos, processo de colheita e objetivo do plantio.

A obtenção das informações cartográficas primárias baseou-se na obtenção de entradas bidimensionais como imagens de satélite, modelos digitais de elevação (DEM), esses dados foram adquiridos gratuitamente junto a órgãos governamentais.

Considerando a área de estudo, foram obtidos os arquivos *raster* das imagens de satélite provenientes do sensor MSI, a bordo do satélite Sentinel – 2º, com resolução espacial de 30m por pixel, baixados do site oficial do programa Copernicus, vinculado à Agência Espacial Europeia (ESA).

Foram utilizadas imagens de radar disponíveis no US Geological Survey (USGS). Além destes, também foram utilizados os arquivos vetoriais que contêm os limites políticos e administrativos da região Orinoquia - Colômbia, disponibilizados pela equipe do Projeto Biocarbono e trabalhadas no Laboratório de Geomorfologia do Quaternário DGE/UFV. Evidencia-se que a origem dos dados foi sempre de alguma entidade oficial do Governo Nacional Colombiano.

A busca por informações complementares foi realizada utilizando o setor florestal brasileiro como referência, em conjunto com o que foi desenvolvido na Colômbia e em outros programas florestais internacionais. As bases de dados acessadas são: Eric, Science Direct, Directory of Open Access Journals, JStor, Scielo, Agris, Sci-Hub, sistema de informação científica Redalyc, e Word Bank Open Data.

Outra fonte de dados foi o conhecimento disponibilizado pelo Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural da Colômbia, pelo Instituto Agrícola Colombiano (IAC), pela Unidade de Planejamento Agrícola (UPRA), pelo Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), pelo Instituto de Hidrologia, Meteorologia e Estudos Ambientais (IDEAM), pelo Departamento Administrativo Nacional de Estatística (DANE) e por outras instituições do Estado que lidam com informações estatísticas florestais direta ou indiretamente. Os dados climáticos foram obtidos a partir da plataforma da Organização da Meteorologia Mundial (OMM).

Considerando a busca por informações cartográficas também foram acionadas, além das supracitadas, as entidades como o Serviço Geológico Colombiano, Sistema de Informação Ambiental Colombiano (SIAC), Instituto de Pesquisa de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Infraestrutura Colombiana de Dados Espaciais (ICDE) e dados disponíveis na internet e literatura.

4.3. Análise de dados

4.3.1. Análises geoespaciais e socioeconômicas

A área de estudo foi fragmentada em estados, dando maior agilidade ao processamento, que foi realizado pelo Laboratório de Geomorfologia do Quaternário DGE/UFV, utilizando a plataforma de análise geoespacial na infraestrutura de dados Google Earth Engine (GEE) desenvolvida por Gorelick et al. (2017).

Foi feita validação de campo nas atividades desenvolvidas entre janeiro/fevereiro de 2023. Na ocasião, além da validação da cartografia feita, inúmeras fotografias foram tiradas, não apenas realçando temas de interesse, mas também gerando um conhecimento de campo da área.

Os mapas foram trabalhados no ambiente Snap, Qgis e ArcGis. Foi construído o Modelo Digital de Elevação (DEM) para a região da Orinoquia Colombiana embasado no Modelo Digital de Elevação – DEM 2 Alos Palsar, baixado do site Alaska Satellite Facility (ASF) com resolução espacial igual a 12,5 metros. O formato utilizado foi o GEOTIFF de 32 bits. Com esse DEM foi representada a altimetria, declividade e exposição do terreno.

Para elaboração do Mapa Altimétrico, as altitudes foram classificadas em seis classes, o *raster* gerado indicou a variação da altitude (eixo z) em relação ao plano horizontal. As propriedades do arquivo foram editadas em Propriedades do Layer, onde foram classificadas nas respectivas classes para o Mapa de Declividade, sendo: (0° a 10°), (10° a 20°), (20° a 30°), (30° a 30°). 40°) e (>40°).

O arquivo *raster*, do Mapa de Exposição da vertente foi gerado inicialmente com oito classes de exposição, considerando os quatro principais pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) e os quatro pontos colaterais (nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste), considerando a variação de 0 a 360° em relação ao azimute.

Esse estudo permitiu analisar áreas mais vulneráveis ao risco de incêndio, uma vez que a incidência da luz solar no solo influencia (Santos, 2017). Para apoiar o mapeamento da suscetibilidade ao risco de incêndio foi utilizada a metodologia adaptada de Torres et al. (2017) e Torres et al. (2014). Sendo anexados quatro planos de informação: Estradas de Acesso, Declividade, Exposição de terreno e Uso e Ocupação do Solo.

O mapa de Uso e Ocupação da terra foi gerado a partir da imagem do Sentinel-2 por meio de classificação supervisionada utilizando o algoritmo de Classificação de Máxima Verossimilhança – MAXVER (Richards, 2022). Para o processo de classificação de imagens, foi necessário treinar o algoritmo para cada classe de uso.

Com isso, foram vetorizados pontos de amostragem para cada tipo de uso e ocupação, de forma a criar uma assinatura espectral. Para verificar a precisão da classificação foi calculado o índice *Kappa*, pois segundo Landis e Koch (1977) este é um processo estatístico baseado na concordância, que varia entre 0 e 1, sendo 0 considerado concordância nula e 1 concordância quase perfeito, respectivamente (Tabela 06).

Tabela 06. Relação de concordância com base no índice Kappa por Landis e Koch (1977).

Índice <i>KAPPA</i>	Concordância
0 – 0,20	Leve
0,21 – 0,40	Aceitável
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Considerável
0,81 – 1,0	Quase perfeita

Combinado o DEM com dados obtidos do governo colombiano foi definido o Mapa de Bacias Hidrográficas. Esses dados oficiais também embasa a construção do Mapa de Geologia e Solos. Combinado com o de Uso e Ocupação da terra teremos também o Mapa de Estradas.

Para delimitar os atuais núcleos florestais da Orinoquia, iniciou-se o trabalho com a base de dados a partir de janeiro de 2023 fornecida pelo MADR. Que é um *data frame* .xlsx do Microsoft Excel que contém a localização espacial dos projetos de plantação florestal registrados no MADR. Após refino, obteve-se um *data frame* de 597 projetos, que foi inserida na camada do programa Quantum GIS (QGIS) versão 3.28, criando um arquivo de pontos *geopackage.gpkg*.

Para definição do método de interpolação para delimitar núcleos florestais optou-se pelo *Kernel Density Estimation* (KDE), baseado na localização das plantações florestais representadas espacialmente. Foi determinado áreas onde estas se distribuem com maior frequência em um espaço contínuo.

Para gerar a Matriz de Distâncias, visando entender a relação dos projetos florestais implantados na Orinoquia, foi realizado um geoprocessamento no QGIS com saída denominada “Matriz de Distância”. Este geoprocessamento informa para cada ponto de entrada a distância média a cada um dos *K* pontos; que por consequência permite calcular o desvio padrão, valor máximo e mínimo de todas as *K* distâncias.

Para avaliar o raio de influência nos núcleos florestais foi utilizada a fórmula proposta por Rizzatti et al., (2020), que é:

$$R = \bar{x} \pm \bar{x} \sigma$$

Onde:

\bar{x} = Média das distâncias médias de todos os K pontos

σ = Média dos desvios das distâncias de todos os K pontos

Assim, de acordo com os resultados obtidos no geoprocessamento “Matriz de Distâncias”, trabalhamos com dois raios, $R_{\text{maior}} = 431.332$ metros e $R_{\text{menor}} = 102.752$ metros lineares. O tamanho do pixel *raster* para a execução dos mapas foi de 50x50 metros. Foi utilizado o modelo quártico, correlacionando de forma inversamente proporcional à distância e a importância, ou seja, menor a distância do ponto maior a influência do núcleo florestal.

Os dados espaciais obtidos foram armazenados na nuvem através da plataforma Google Drive. As informações vetoriais foram tratadas e compiladas no formato ESRI .shp shapefile; os dados *raster* no formato GeoTIFF.

4.3.2. Análise do potencial produtivo

A modelagem de crescimento florestal permite a organização estruturada dos processos e interações que determinam a produtividade das culturas (SILVA, 2006). Os modelos baseados em processos (MBP) simulam os padrões de crescimento das árvores por meio de mecanismos biofísicos, em resposta às condições climáticas e práticas de manejo (Borges, 2009).

Nesse sentido, o APCA propôs o modelo 3-PG (*Physiological Principles in Predicting Growth*), desenvolvido por Landsberg e Waring (1997). Este MBP estima a produtividade das florestas com base principalmente na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo dossel, que é posteriormente convertida e alocada nos diferentes componentes da planta, tais como folhas, lenho e raízes (Duarte; Riberio, 2023). Este modelo é generalizado e pode ser aplicado para povoamentos não específicos, incluindo plantações de florestas homogêneas, como os plantios de eucalipto (Stape et al., 2004).

Para aplicar o modelo 3-PG foi necessária uma base de dados climáticos contendo os seguintes elementos do clima: médias mensais de temperatura máxima, de temperatura mínima, de radiação solar, de precipitação, número de dias chuvosos e número de dias com temperatura abaixo de zero. A base de dados climáticos utilizados (dados de reanálise) são Organização Meteorológica Mundial, em termos de normais climatológicas, com resolução espacial de 0,5° latitude e 0,5° de longitude.

Além disso, um cenário florestal foi elaborado para as simulações do modelo 3-PG na região da Orinoquia, incluindo a especificação das variáveis relacionadas às plantas e ao solo. O cenário considerou uma densidade inicial de árvores com espaçamento de 3x3 metros, totalizando 1.111 árvores por hectare. A classe textural de solo utilizada nas simulações com o 3-PG foi “*sandy loam*” (SL, textura média), e a capacidade de água disponível no perfil do solo utilizada foi de 150 mm. Para o índice de solos, foram estabelecidas faixas de um modulador edáfico (FR) para os solos (0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0), numa ordem crescente, o FR=1,0 indica fertilidade do solo plenamente adequada, e quanto menor o FR, menor a fertilidade do solo (Silva, 2006).

Para prever a produtividade do *Eucalyptus* clonal, utilizou-se a parametrização do modelo 3-PG obtida por Borges et al. (2012), para a região do Cerrado, em Minas Gerais, Brasil, pois esta parametrização apresenta alto grau de universalidade. A Tabela 07 apresenta os parâmetros utilizados para a modelagem na região da Orinoquia, onde são consideradas apenas as variáveis climáticas e um cenário inicial de condições ideais de crescimento sem restrições climáticas ou de fertilidade do solo. Esta modelagem segue as diretrizes estabelecidas pelo trabalho acima citado, exceto a temperatura ótima de crescimento, que foi ajustada em 20°C.

Tabela 07. Parâmetros padrão do modelo 3-PG para a modelagem de crescimento de produção de *Eucalyptus* clonal na Orinoquia, com base na parametrização realizada por Borges (2012), modificada quanto à temperatura ótima para o crescimento.

Parâmetros padrão para o modelo 3-PG	Símbolo	Unidade	Parametrização adaptada por Borges (2012)
Partição folha/stem para D = 2 cm	pFS2	-	1,638
Partição folha/stem para D = 20 cm	pFS20	-	0,15
Constante do relacionamento entre massa do stem vs DAP	StemConst	-	0,019688
Potência do relacionamento entre massa do stem vs DAP	StemConst	-	3,114156
Fração máxima da PPL para raízes	pRx	-	0,5
Fração mínima da PPL para raízes	pRn	-	0,1
Taxa de queda de litter para plantios em idade adulta	gammaFx	1/mês	0,07
Taxa de queda de litter para t = 0	gammaF0	1/mês	0,001
Idade em que a taxa de queda de litter tem valor médio	tgammaF	mês	4
Taxa média de ciclagem radicular	Rttover	1/mês	0,015
Temperatura mínima para o crescimento	Tmin	°C	8
Temperatura ótima para o crescimento	Topt	°C	20
Temperatura máxima para o crescimento	Tmax	°C	40
Dias de produção perdidos por dia de geada	kF	Dia	1

Parâmetros padrão para o modelo 3-PG	Símbolo	Unidade	Parametrização adaptada por Borges (2012)
Taxa de déficit de umidade do solo f do conteúdo de água do solo=0,5	SWconst	-	0,7
Expoente da taxa de déficit de água no solo	Swpower	-	9
Valor de 'm' quando FR = 0	m0	-	0
Valor de fN quando FR = 0	fN0	-	0,5
Potência de (1 – FR), na expressão do fN	fNn	-	1
Idade máxima do “stand” para computar a idade relativa	MaxAge	Ano	9
Potência da idade relativa na função para fAge	nAge	-	4
Idade relativa para dar fAge = 0,5	rAge	-	0,95
Taxa de mortalidade para t grande	gammaNx	%/ano	0
Taxa de mortalidade de mudas na idade = 0	gammaN0	%/ano	0
Idade em que a taxa de mortalidade tem um valor mediano	tgammaN	Ano	2
Forma de Resposta à Mortalidade	ngammaN	-	1
Massa de lenho máxima para cada 1000 árvores/ha	wSx1000	kg/árvore	300
Expoente da regra de autodesbaste de árvores	thinPower	-	1,5
Fração média de biomassa foliar perdida por árvore morta	mF	-	0
Fração média de biomassa radicular perdida por árvore morta	mR	-	0,2
Fração média de biomassa do caule perdida por árvore morta	mS	-	0,2
Área foliar específica para plantios em idade inicial	SLA0	m ² /kg	13,74
Área foliar específica para plantios em idade adulta	SAL1	m ² /kg	7,56
Idade na qual a área foliar específica = (SLA0+SLA1)/2	Tsla	Ano	1,234588
Coefficiente de extinção da RFAA pelo dossel	K	-	0,5
Idade de fechamento do dossel	fullCanAge	Ano	2
Máxima proporção de chuva interceptada pelo dossel	MaxIntcptn	-	0,15
IAF em que a interceptação de água pelo dossel é máxima	LAImaxIntcptn	-	3,33
Eficiência quântica máxima do dossel	alpha	molC/molPA R	0,08
Relação PPL/PPB	Y	-	0,5
Condutância máxima do dossel	MaxCond	m/s	0,02
IAF em que a condutância do dossel é máxima	LAIgcx	-	3,33
Define a resposta estomática ao déficit de pressão do vapor	CoeffCond	1/mBar	0,0324
Condutância da camada limítrofe do dossel	BLCond	m/s	0,2
Fração de galho e casca para plantios em idade inicial	fracBB0	-	0,587934
Fração de galho e casca para plantios em idade adulta	fracBB1	-	0,191592
Idade na qual a fração de galhos e casca = (fracBB0+fracBB1)/2	tBB	Ano	2,171219
Densidade básica mínima – plantios em idade inicial	rhoMin	t/m ³	0,3818

Parâmetros padrão para o modelo 3-PG	Símbolo	Unidade	Parametrização adaptada por Borges (2012)
Densidade básica máxima – plantios em idade adulta	rhoMax	t/m ³	0,5045
Idade na qual a densidade básica = (rhoMin+rhoMax)/2	tRho	Ano	2,263902
Constante do relacionamento entre Altura vs DAP	aH	-	0,666043
Potência do relacionamento entre Altura vs DAP	nHB	-	1,271929
Potência do número de árvores em relação à Altura	nHN	-	0
Constante do relacionamento entre Volume vs DAP	aV	-	0,025567
Potência do DAP na relação volume do fuste	nVB	-	3,222449
Potência do número de árvores em relação de volume do fuste	nVN	-	0
Intercepto da relação entre radiação líquida e solar	Qa	W/m ²	-90
Inclinação da relação entre radiação líquida e solar	Qb	-	0,8
Peso molecular da matéria seca	gDM_mol	gDM/mol	24
Conversão de radiação solar em PAR	molPAR MJ	mol/MJ	2,3

DAP = diâmetro na altura do peito; **IAF** = índice de área foliar; **PPL** = produção primária líquida e **PPB** = produção primária bruta; **RFAA** = radiação fotossinteticamente ativa absorvida; **PAR** = radiação fotossinteticamente ativa.

Embora o sistema radicular do gênero *Eucalyptus* seja profundo, a camada superficial do solo é o que melhor explica as diferenças dos teores nutricionais na planta, consequentemente as variações da sua produtividade (Gonçalves et al., 1990; Quadros, 1996).

O balanço de nutrientes é a diferença entre as entradas (deposição atmosférica, intemperismo de minerais primários do solo, fixações biológicas e fertilizações) e saídas (perdas erosivas, queimadas, lixiviação profunda e exportação pela colheita) (Bizon, 2005). Para recomendação de um manejo adequado para um povoamento florestal, é importante realizar o seu balanço nutricional (Barros et al., 2000).

Para calcular a exigência de nutrientes do Eucalipto são necessários dados de produtividade média, densidade da madeira, índices de eficiência de utilização de nutrientes das árvores (coeficientes de utilização biológica - CUB), valores de alocação de biomassa e nutrientes nos componentes da árvore, índices de recuperação de nutrientes das plantas (Valadares et al., 2015; Valadares et al., 2020).

Para calcular a contribuição de nutrientes pelo solo é necessário ter as seguintes informações: resultados da análise do solo, volume de solo explorado pelas raízes absorventes

e taxas de recuperação de nutrientes pelos extratores químicos utilizados na análise de nutrientes.

Para compreender a exigência nutricional da planta, foi definido inicialmente que o solo não contém o nutriente e que não existem componentes vegetais fixadores. Portanto, toda a demanda de nutrientes pelas árvores deve ser atendida pela fertilização aplicada ao solo.

Porém, a planta não absorve todo o nutriente fornecido pelo fertilizante, ou seja, a recuperação do nutriente pela planta não é completa. O quociente entre a quantidade de nutriente recuperada pela planta e a dose de nutriente aplicada ao solo, por meio da adubação, é o índice de recuperação do nutriente pela planta (TRPL_i, onde i é o nutriente). Assim, a exigência do nutriente pela planta (ReqPL_i) é a diferença entre a demanda e a sua taxa de recuperação pela planta.

A recuperação de nutrientes pela planta varia com o material genético vegetal, com o nutriente, com a dose do nutriente aplicada ao solo, principalmente com a classe textural do solo. Para o eucalipto clonal, os valores típicos de TRPL_i são: N: 60-80%, P: 35-50%, K: 60-80%, Ca e Mg (fornecidos através de calcário): 25-35%. Como primeira aproximação, esse trabalho utilizou: TRPL_N: 70%; TRPL_P: 40% (solos argilosos), 45% (solos de textura média), 50% (solos arenosos); TRPL_K: 70%; TRPL_{Ca} e TRPL_{Mg} (fornecidos como calcário): 30%.

Para obter os valores de requisito que a camada de solo (0-40 cm) deve fornecer, os valores de ReqPL_i foram multiplicados por 0,80. A razão é que cerca de 80% das raízes absorventes dos Eucaliptos clonais exploram com muita frequência a camada de 0-40 cm do perfil do solo. Assim, considera-se que o Eucalipto consegue absorver cerca de 20% dos nutrientes das camadas do solo abaixo de 40 cm de profundidade.

Para obter as doses recomendadas de nutrientes para adicionar nas adubações, deve considerar as quantidades de nutrientes fornecidas pelo solo (sem adubação). Para isso, analisou os resultados das análises químicas do solo realizada pelo IGAC (Tabela 08) e a taxa de recuperação de nutrientes do solo pelos extratores utilizados na análise do solo (TRext_i) (Tabela 09).

Tabela 08: Análise de solos dos Estados da Orinoquia.

Estado	Perfil	Prof. (cm)	Argila (%)	MO (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	CA ²⁺ (cmolc/kg)	Mg ²⁺ (cmolc/kg)
Casanere	C-2	00-22	12,00	2,90	5,00	12,00	0,20	0,20
		22-72	20,00	1,40	6,00	12,00	0,20	0,20
Casanere	C-6	00-17	50,00	3,70	4,00	78,00	3,80	2,90

Estado	Perfil	Prof. (cm)	Argila (%)	MO (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca ²⁺ (cmolc/kg)	Mg ²⁺ (cmolc/kg)
		17-39	64,00	1,90	11,00	78,00	2,40	2,40
Casanere	C-14	00-12	8,00	5,60	4,00	39,00	8,50	2,00
		12-50	14,00	1,20	2,00	39,00	1,60	2,00
Casanere	C-17	00-26	4,00	5,40	1,00	39,00	0,20	0,20
		26-51	10,00	1,90	2,00	15,00	0,40	0,40
Vichada	VC-03	00-40	18,70	1,00	12,00	47,00	2,40	0,75
Vichada	VC-05	00-25	14,60	2,90	1,70	12,00	0,10	0,02
		25-45	24,80	0,67	2,30	4,00	0,07	0,02
Vichada	VC-10	00-20	19,10	4,40	12,10	54,00	0,17	0,05
		20-36	45,70	0,84	18,80	43,00	0,17	0,06
Vichada	VC-12	00-13	30,90	3,20	2,10	47,00	0,13	0,05
		13-30	31,70	1,81	2,10	55,00	0,16	0,05
Arauca	A-6	00-10	14,00	2,50	2,00	156,00	0,80	0,08
		10-29	20,00	1,30	1,00	156,00	0,40	0,40
Arauca	A-11	00-10	34,00	12,10	38,00	78,00	0,40	0,40
		10-60	78,00	0,60	1,00	78,00	0,40	0,40
Arauca	A-28	00-25	34,00	1,30	1,00	39,00	0,40	0,40
		25-49	30,00	1,10	1,00	39,00	0,20	0,20
Arauca	A-41	00-10	6,00	1,80	7,00	0,00	0,80	0,40
		10-35	10,00	1,10	2,00	4,00	0,20	0,20

Fonte: IGAC, 2014.

Tabela 09: Taxa de recuperação (TRext_i) de P, K, Ca e Mg por extratores químicos.

Nutriente	Classe textural do solo	TRext %
P	Arenoso	49
	Textura média	33
	Argiloso	21
K	Arenoso	93
	Textura média	82
	Argiloso	74
Ca ²⁺	Arenoso, textura média e argiloso	77
Mg ²⁺	Arenoso, textura média e argiloso	80

Para obter a contribuição de nitrogênio no solo foram considerados: o teor de matéria orgânica, o valor da relação C/N de 10, a relação entre N potencialmente mineralizável / N total = 4,0% e o modelo de mineralização de N proposto por Stanford & Smith (1972), para se ter uma ideia da cinética de mineralização de N no solo durante a rotação florestal.

zPara prever a produtividade dos povoamentos de Pinus foi utilizada a parametrização do modelo 3-PG obtido por Stahinger, 2017. A Tabela 10 apresenta os parâmetros utilizados para modelagem na região de Orinoquia, onde apenas variáveis climáticas e um cenário de

condições ideais de cultivo sem alterações climáticas condições ou restrições de fertilidade do solo. Esta modelagem segue as diretrizes estabelecidas por Stahring (2017).

Tabela 10: Parâmetros padrão do modelo 3-PG para modelar o crescimento e produção de povoamentos florestais e parametrização realizada por Stahring (2017) para Pinus.

Parâmetros padrão para o modelo 3-PG	Símbolo	Unidade	Parametrizaã o adaptada por Stahring (2017) para Pinus
Partição folha/haste para D = 2 cm	pFS2	-	2.9575
Partição folha/haste para D = 20 cm	pFS20	-	0,2471
Relação constante entre massa do caule vs DAP	HasteConst	-	0,0211
Poder da relação entre massa do caule vs DAP	HasteConst	-	2.774
Fração máxima de PPL para raízes	PRX	-	0,4
Fração mínima de PPL para raízes	pRn	-	0,2
Taxa de coleta de lixo para plantações adultas	gamaFx	1 mês	0,042
Táxons de lixo para t = 0	gannaF0	1 mês	0,001
Idade em que a taxa de restos de ninhada tem valor médio	tgammaF	mês	18
Taxa média de ciclagem de raízes	Rttover	1 mês	0,0168
Temperatura mínima para crescimento	Cominho	°C	4
Temperatura ideal para crescimento	principal	°C	25
Temperatura máxima para crescimento	Tmáx	°C	38
Dias de produção perdidos por dia de produção	kF	Dia	1
Taxa de imposto sobre o déficit hídrico apenas para o conteúdo de água = 0,5	SWconst	-	0,7
Expoente dos táxons do déficit hídrico não só	Swpower	-	9
Valor de 'm' quando FR = 0	m0	-	0
Valor de fN quando FR = 0	fN0	-	0,3
Potência de (1 – FR), na expressão de fN	fNn	-	1
Identidade máxima de “suporte” para calcular a identidade relativa	Idade Máxima	Ano	35
Potência relativa em função para fAge	idade	-	1,5
Identidade relativa para fornecer fAge = 0,5	raiva	-	0,5
Imposto sobre mortalidade para grandes t	gamaNx	%/ano	0
Taxa de mortalidade da muda na idade = 0	gamaN0	%/ano	0
Idade em que a taxa de mortalidade tem valor mediano	tgammaN	Ano	2
Formulário de Resposta à Mortalidade	NgammaN	-	1
Massa máxima do lenho para cada 1000 árvores/ha	wSx1000	kg/arvore	300
Expositor de sistema de autodesbaste de árvores	finoPower	-	1,5
Fração média de biomassa foliar perdida por árvores mortas	mF	-	0
Fração média de biomassa radicular perdida devido à árvore morta	senhor	-	0,2
Fração média de biomassa de causa perdida por árvore morta	EM	-	0,2
Área foliar específica para plantios iniciais	SLA0	m ² /kg	7,0
Área foliar específica para mudas adultas	SAÍDA1	m ² /kg	6.3

Parâmetros padrão para o modelo 3-PG	Símbolo	Unidade	Parametrizaçã o adaptada por Stahinger (2017) para Pinus
Qualidade específica da área foliar = (SLA0+SLA1)/2	Tsla	Ano	6.2
Coefficiente de Extinção Dossel PGRFA	K	-	0,57
Data do Dossel	fullCanAge	Ano	4
Proporção máxima de chuva interceptada por dossel	MaxIntcpt	-	0,20
IAF em que a interceptação de água por dossel é máxima	LAImaxIntcpt n	-	5,0
Eficiência quântica máxima do dossel	Alfa	molC/molPA R	0,053
Relacionamento PPL/PPB	E	-	0,47
Condutividade máxima do dossel	MaxCond	EM	0,0118
IAF em que a conduta dossel é máxima	LAIgcx	-	3,0
Define uma resposta estomática à falta de pressão de vapor	CoefCond	1/mbar	0,0408
Condutância da ninhada limítrofe do dossel	BLCond	EM	0,1
Fração de galho e casca para plantios em idade inicial	fracBB0	-	0,650
Fração de galho e casca para plantios adultos	fracBB1	-	0,200
Idade onde a fração de galhos e casca = (fracBB0+fracBB1)/2	tbBB	Ano	4.1
Densidade básica mínima – plantios iniciais	róMin	t/m ³	0,320
Densidade básica máxima – mudas adultas	rhoMax	t/m ³	0,420
Idade na qual a densidade básica = (rhoMin+rhoMax)/2	tRho	Ano	8,0
Relação constante entre Altura vs DAP	ahh	-	0,895777
Potência da relação entre Altura vs DAP	nHB	-	0,928788
Potência do número de árvores em relação à altura	NHN	-	-0,027941
Relação constante entre Volume vs DAP	av	-	0,000002
Potência DAP em relação ao volume da haste	nVB	-	3.535912
Potência do número de árvores em relação ao volume do fuste	nVN	-	1.107588
Interceptação da relação entre líquido e radiação solar	Controle de qualidade	W/m ²	-90
Inclinação da relação entre líquido e radiação solar	Qb	-	0,8
Peso molecular da matéria seca	gDM_mol	gMS/mol	24
Conversão da radiação solar em PAR	molPAR_MJ	mol/MJ	23

PAD = diâmetro na altura do cabelo; **FAI** = índice de área foliar; **PPL** = produção de líquido primário; **PPB** = produção primária bruta; **PGRFA** = radiação fotossinteticamente ativa absorvida; **PAR** = radiação fotossinteticamente ativa

4.3.3. Recomendação de espécies florestais potencias

A escolha das espécies florestais, quando alinhada com as condições da região de interesse, assume um papel crucial, uma vez que a produtividade do povoamento é influenciada pelo ambiente (Lemos, et al., 2018). Eventos climáticos adversos e o plantio em zonas não recomendadas têm o potencial de causar danos significativos, que podem, por sua vez, inviabilizar todo um empreendimento florestal (Higa; Wrege, 2010).

No contexto das plantações florestais, em que as culturas permanecem expostas por longos períodos devido aos ciclos de crescimento, os riscos associados a escolhas inadequadas tornam-se ainda mais substanciais. Portanto, a seleção criteriosa das espécies florestais em consonância com as características da região é de extrema importância para garantir o sucesso e a sustentabilidade da atividade produtiva (Higa; Wrege, 2010; Lima et al., 2011)

Para a aplicação do zoneamento florestal com fins comerciais foi fundamental a definição das espécies a serem utilizadas. Nesse contexto, procedeu-se à revisão bibliográfica dos gêneros e espécies identificados na região da Orinoquia Colombiana, bem como daquelas com potencial de aplicação. Tal revisão consistiu na caracterização das zonas de adaptação dessas espécies, levando em consideração fatores como temperatura, precipitação e tipos de solos, bem como sua viabilidade como matéria-prima.

Além disso, foi feita a avaliação de sequestro de carbono da atmosfera conforme regulação do mercado Colombiano, onde o cálculo de toneladas de carbono por hectare/ano é realizado multiplicando-se a produção por hectare por 2,4. O índice, compreende além do carbono contido no tronco, a estimativa do carbono presente nos galhos, folhas, raízes e sub-bosque.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Produção florestal da Orinoquia

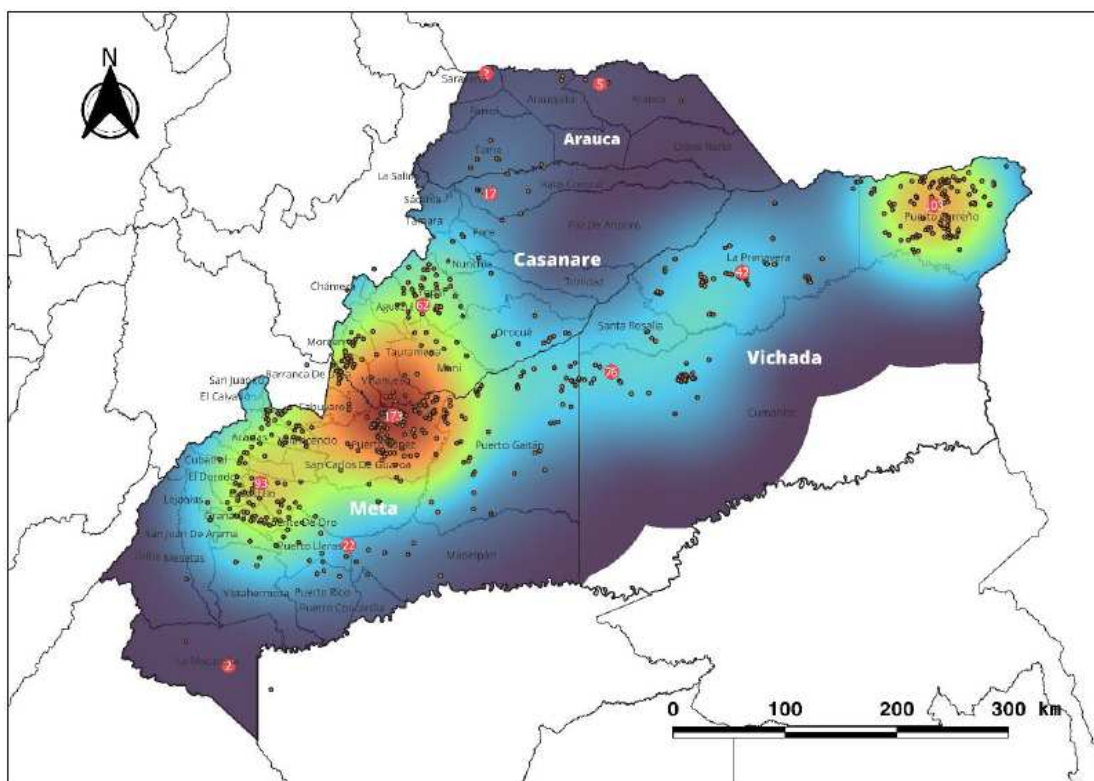
O boletim florestal do Estado, publicado em sete março de 2023 (MADR, 2023), notifica que em toda Colômbia existem cerca de 5.4 milhões de hectares em plantações florestais. A Orinoquia Colombiana representa cerca de 34%, isto é 183.341 ha, de acordo com os registros no Instituto Agropecuário Colombiano de 2023. A maior parte da produção se destina à fins comerciais (98,7%), a área restante é caracterizada como sistemas agroflorestais (MADR, 2023).

Considerando por estado, a maior área de plantio florestal se concentra em Vichada (108.254,00 ha), seguido de Meta (66.186,00 ha), e Casanare (8.296,00 ha). O estado de Arauca

ainda está com baixo desenvolvimento florestal, apenas 605,00 ha de área plantada (MADR, 2023).

Buscando entender a realidade florestal da região de estudo, foi elaborado o mapa de calor dos núcleos Florestais da Orinoquia (Figura 11). Comparando os arquivos gerados com R_{maior} e R_{menor} , foi escolhido o segundo, que representou melhor a densidade do kernel e, logo, a delimitação dos kernels.

Figura 11: Mapa de calor dos núcleos florestais da região da Orinoquia Colombiana.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

De acordo com a saída do mapa podemos analisar a presença forte de dois núcleos florestais. O Núcleo Florestal Meta-Casanare é o mais forte e concentra-se entre os municípios de Puerto López (Meta), Villanueva e Monterrey (Casanare), e se estende ao sudoeste do departamento de Meta. É importante destacar que este núcleo se estende, chegando ao município de La Primavera (Vichada), seguindo as margens do rio Meta.

O segundo ponto que se destaca está localizado no município de Puerto Carreño, caracterizando o Núcleo Florestal presente no estado de Vichada. Localizado a extremo leste da Colômbia, devido à pouca infraestrutura para logística o gerenciamento das áreas plantadas nas empresas é realizado por condição de acesso, e não levando em consideração as questões edafoclimáticas. Esse fator também interfere na escolha de uso da floresta, que no geral são

para sequestro de carbono e venda como crédito para o comércio internacional de mitigação de emissões.

Não foram observados pontos de calor na região de Arauca, pois ainda não existe grande extensão de projetos florestais para delimitar um núcleo neste estado.

As espécies florestais relatadas nas bases de dados oficiais colombianas incluem diversas espécies. Dentre as espécies florestais mais representativas temos *Pinus caribaea* com 37.472 ha, *Acacia mangium* com 36.708 ha, *Eucalyptus pellita* com 30.779 ha, e *Hevea brasiliensis* com 27.912 ha. Também são identificadas, em menor expressão, as espécies *Eucalyptus urograndis* (4.433 ha), *Eucalyptus tereticornis* (1.136 ha) e *Tectona grandis* (1.036 ha) (MADR, 2023). É possível identificar que as plantações florestais comerciais da Orinoquia se concentram perto dos principais rios existentes, como o Orinoco, Bitá e Meta; e das vias de acesso, apesar da baixa infraestrutura.

A presença do *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* na Colômbia é influência do plantio realizado pelo governo da Venezuela em 1969, considerado uma das maiores áreas plantadas do mundo na época, cerca de 550 mil hectares (DVORAK; MOURA, 2001). Na região da Orinoquia, as plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam alta sobrevivência (> 90%), permitindo a extração de resina e a produção de madeira para serraria. Na Colômbia, o mercado de resinas é pouco desenvolvido e apenas uma empresa relatou interesse e processos de produção em torno do tema nos últimos anos.

Os plantios de *Pinus* foram avaliados nos estados de Meta e Vichada, apresentando bom desenvolvimento, apesar de necessitar de alguns ajustes com relação aos tratamentos silviculturais (Figura 12).

Figura 12: A- Pinus recém-plantado; B- em fase inicial de plantio; C- Pinus em fase de crescimento, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Acacia mangium Willd. é uma das espécies arbóreas de rápido crescimento mais utilizadas em programas de plantação florestal em toda a Ásia e Pacífico, na Colômbia tem sido amplamente utilizada com cerca de 49.700 ha em todo o país, (MADR, 2023) (Figura 13). A espécie possui surpreendente capacidade de crescimento em solos compactados, pobres (Catie, 1992) e ácidos; se desenvolvendo bem até mesmo na presença de altos teores de óxidos de ferro e alumínio (Mackey, 1996).

Para a Orinoquia existe possibilidade de uso da Acácia, sendo que a área plantada se aproxima de 37 mil hectares (MADR, 2023). A interação do genótipo com o ambiente pode causar menor desenvolvimento do que se é esperado, nesse sentido, existe uma forte tendência a copas e ramos baixos, devido ao baixo crescimento nessa região, o que requer podas frequentes se espera como produto final madeira para serraria (Krisnawati; Kallio; Kanninen, 2011). Durante as visitas de campo não foram observadas boas condições de crescimento,

apresentando baixa produtividade (menos que 8m³/ha/ano), tortuosidade e ramificação excessiva (Figura 13).

Figura 13: Área de plantio de Acácia em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

O CONIF 2007, em aliança com a empresa Kanguroid, importou sementes para a região de Córdoba tentando ampliar a base genética da espécie, mas por problemas orçamentários perdeu-se o acompanhamento do processo. A semente está agora disponível na CSIRO após o estabelecimento de seis pomares de sementes de mudas de *Acacia mangium* em 1990 e 1991 (CSIRO, 2021).

Os pomares foram inicialmente estabelecidos como ensaios para testar procedências, famílias e indivíduos superiores, e foram medidos e desbastados usando um índice de seleção combinada que inclui informações tanto da árvore individual quanto de sua família, para características como crescimento, formato do caule e densidade da madeira, deixando apenas as melhores árvores para produzir sementes. Cada pomar foi estabelecido com sementes de uma proveniência natural específica (extremo norte de Queensland ou norte de Papua Nova Guiné), cada um com um número diferente de famílias, variando de 36 a 104 (CSIRO, 2021).

Recentemente o *A. mangium* passou a ser questionado devido ao seu possível efeito invasivo (Richardson et al., 2011). A condição observada durante a visita à região, foi a regeneração abundante em áreas incendiadas (Figura 14). Contudo, não foram encontrados indícios de deslocamento ou mobilidade da espécie em distâncias significativas até a área de plantio inicial.

Figura 14: Área de regeneração de Acácia após incêndio em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Para avaliar melhor sobre manter a utilização da espécie na região, dado que as condições de crescimento da espécie para madeira não correspondem a expectativa, devido à baixa adaptação a área, seria necessário um estudo detalhado das oportunidades de mercado alternativo a madeira serrada.

Na Orinoquia, hoje, a espécie tem sido utilizada como fonte de abastecimento para apiários e enxames de abelhas, seu mel tem sido comercializado no mercado interno e sua aceitação tem sido bem recebida (Figura 15). Porém, para o mercado internacional é necessário rever as projeções de vendas e aceitação deste mel obtido nas plantações de *A. mangium*, visto que o fornecedor máximo de néctar são as glândulas foliares e não as estruturas florais, o que poderia dificultar a qualidade do produto por não ser essencialmente néctar (Maduro et al., 2020).

Figura 15: A- Mel produzido na região a partir das glândulas da Acácia. B- Glândula produtora de mel na base foliar da Acácia comprometida pela fumagina.



Fonte: A- Autora. B- Victor Nieto.

Além disso, é comum encontrar fumagina, patologia vegetal produzida pelo desenvolvimento de uma mistura de estruturas fúngicas de fungos saprofitos como *Capnodium* sp. e outros gêneros de fungos como *Cladosporium*, *Alternaria* e *Torula* (Old et al., 2000).

Também foi observado na região suscetibilidade ao cancro (Figura 16). O cancro do caule da acácia é uma doença causada por fungos dos gêneros *Cylindrocladium*, que afeta o tronco da árvore, causando lesões necróticas que exsudam gomose podem levar à morte da planta (Auer; Sotta, 1995). Para a realizar o controle do cancro do caule é necessário a remoção das partes afetadas, aplicação de fungicidas e práticas de manejo que promovam a saúde e a resistência das plantas (Dos Santos, 2001).

Figura 16: Tronco de *Acacia mangium* comprometido por cancro na região de Vichada Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Outro fator preocupante para o desenvolvimento da Acácia é que é uma espécie que apresenta forte tendência a morte apical, o que provoca a queda do ápice, causando bifurcação e acentuando a baixa produtividade (Rossi, 2003).

A não adaptabilidade e baixa produtividade da *Acacia mangium* ao redor do mundo tem sido um fato recorrente (Dos Santos, 2001), fazendo com que a espécie não seja mais utilizada comercialmente em países como Brasil, África do Sul, Malásia e Indonésia. Por estes fatores, recomenda-se suspender a plantação de Acácia na Orinoquia e substituir as áreas florestais atualmente estabelecidas com esta espécie por outras espécies arbóreas mais adaptadas ao local, como o *Eucalyptus* ou o *Pinus*.

O *Eucalyptus pellita* foi encontrado em áreas florestais das empresas visitadas (Figura 17). Ao fazer o paralelo climático, considerando as procedências de Papua e Nova Guiné, espera-se boa adaptação às condições de Villanueva, Casanare (Nieto; Gasca., 2010), caracterizada pela proximidade com a cordilheira dos Andes. A madeira de *Eucalypto pellita* é considerada de boa qualidade, densa e resistente, sendo adequado para diversos usos, como construção, carpintaria, celulose e energia (Santos et al., 2020; Amorim et al., 2021).

Figura 17: *Eucalyptus pellita* encontrado na Orinoquia Colombiana em diferentes estágios de desenvolvimento.





Fonte: Autora.

Com base no que foi visto em campo e na literatura brasileira, é possível identificar possibilidade de boa adaptação para espécies como *E. urophylla* e *E. grandis* e o híbrido entre as duas espécies (*E. urograndis*). Foi possível observar, embora plantados ainda em pequena escala, alguns clones de *E. urograndis* desenvolvidos no Brasil que foram introduzidos na região da Orinoquia (Figura 18). Esses clones mostraram-se adaptados ao local e com maior crescimento em comparação ao material genético de *Acacia mangium* e *Eucalyptus pellita* produzido por sementes.

Figura 18: A- Plantio piloto em Vichada utilizando clones de *Eucalyptus* (esquerda) ao lado de um plantio seminal (direita), ambos com quatro anos. B- Marcação em clones para avaliação de crescimento.



Fonte: Autora.

Esses clones, em geral, têm potencial de crescimento superior a 35 m³/ha/ano, apresentam alta uniformidade de plantio e crescimento, podendo muitas vezes apresentar qualidade de madeira superior aos materiais puros derivados de sementes plantadas na área. O Eucalipto urograndis apresenta boa tolerância a algumas pragas e doenças comuns que afetam os Eucaliptos, como ferrugem e cancro (Santos, 2011), no entanto, é importante implementar medidas adequadas de manejo para prevenir e controlar possíveis infestações de outros agentes patogênicos.

Além disso, uma empresa em Vichada sinalizou o início de atividades de hibridação utilizando cultivares de *E. pellita* x (*E. urophylla* x *E. grandis*). As hibridações têm como objetivo, reunir alelos favoráveis presentes nos genótipos (Bueno, 2016) e aproveitar a heterose oriunda de cruzamento de indivíduos divergentes. Essa combinação de três espécies ou mais em um cruzamento, formam híbridos multi-espécies, que já se apresentou ser uma estratégia interessante para plantios de *Eucalyptus* em regiões de déficit hídrico no Brasil (Silva, 2020). Também tem apresentado boa adaptação para áreas com alta precipitação, como o leste do Pará e oeste do Maranhã, regiões do Brasil com precipitações superiores a 1.800 mm.

Na região de Vichada, algumas empresas demonstraram viveiros bem estruturados (Figura 19) com investimentos em pesquisa para melhoria da qualidade. A capacidade de produção de mudas de Eucalipto, clonal e seminal, é próxima a 20 milhões de mudas por ano na região.

Uma delas tem histórico de cooperação com o Brasil (SIF e UFV) para transferência de tecnologia da estrutura adequada, técnicas de propagação e capacitação de mão de obra.

Figura 19: Área de produção de mudas florestais em Vichada, Orinoquia, Colômbia.





Fonte: Autora.

Algo que chamou atenção foi a utilização de tubetes biodegradáveis, conhecidos como DIFF em um viveiro da região de Puerto Carreño (Figura 20). Apesar de ser uma tecnologia interessante para a reduzir a utilização de plástico e melhorar a logística de entrega das mudas em campo, foi apresentado pela empresa a dificuldade no direcionamento do sistema radicular das plantas, o que gera complicações no desenvolvimento das mudas.

Figura 20: Produção de mudas seminais de eucalipto com DIFF em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Apesar de não ter sido mencionado nos relatórios oficiais, foram observadas áreas de plantio de Caju (*Anacardium occidentale*) na região de Vichada (Figura 21). Percebe-se

potencial para a espécie, visto que se adapta bem a locais com médias de temperatura alta, garantindo bom desenvolvimento e frutificação (Embrapa, 2021).

Figura 21: Plantio comercial de *Anacardium occidentale* (Caju) em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

O cajueiro é pouco exigente em relação ao solo e chuvas, crescendo bem mesmo com baixa fertilidade química e com períodos de estiagem de cinco a seis meses, coincidindo com a floração (Crisóstomo, 2003). Na Colômbia, se desenvolve bem na região da Costa Atlântica Orinoquia,

A Corporação Colombiana de Pesquisa Agropecuária (AGROSAVIA) realizou pesquisas e ajustes de tecnologia no desenvolvimento das primeiras variedades melhoradas de caju Mapiria, Yopare e Yucao, adaptadas a essas regiões (Arango Wisner, 2020) (Figura 22).

Figura 22: Exemplar de caju variedade Yucao (vermelho) e caju variedade Mapiro (amarelo), ambos em área de cultivo em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Nas empresas da região de Vichada, onde os plantios de caju foram observados, percebeu que existe conhecimento técnico para a produção de mudas utilizando a técnica de enxertia, que possibilita crescimento e frutificação mais rápida (Figura 23).

Figura 23: Etapas da produção de mudas de caju em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

O principal limitante da produção é a ocorrência de antracnose, principal doença do cajueiro (Freire et al. 2002; Veloso et al. 2018) (Figura 24). Mesmo cultivado sob sistemas de manejo tecnificados, essa doença causa prejuízo quando as condições climáticas são favoráveis e o cajueiro se encontra na fase de brotação ou florescimento (Veloso et al., 2022). A antracnose é causada por várias espécies do gênero *Colletotrichum* (HYDE et al. 2009), distribuído geograficamente em todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo, podendo infectar uma ampla gama de plantas (Cannon et al. 2012).

Figura 24: Fruto do cajueiro acometido por antracnose.



Fonte: Autora.

Em algumas plantações os frutos produzidos encontravam-se atacados também por oídio (*Oidium anacardii*), primeira doença relatada para o cajueiro (Noack, 1898). Os sintomas do oídio são caracterizados pela formação de um revestimento ralo, branco-acinzentado e pulverulento sobre o limbo foliar (Cardoso et al., 2012). Tais doenças leva a diminuição da produção por hectare, afetando a rentabilidade de plantio, nesse sentido, a inserção de genótipos resistentes pode ser uma solução (Serrano et al., 2013).

As empresas visitadas têm como foco a produção de caju para a comercialização de castanha, reconhecida como a amêndoa de maior aceitação e procura no mercado (Figura 25). Uma empresa sinalizou o início da exploração do fruto do caju para produção de polpa. A polpa pode ser consumida *in natura* ou seguir para agroindústrias, visando à fabricação de sucos, polpas, aguardente, licores e doces (Petinari; Tarsitano, 2002).

Figura 25: Desenvolvimento da castanha em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Apesar de que no relatório MADR (2023) constar *Hevea brasiliensis* e *Tectona grandis* como espécies representativas da região da Orinoquia, não foram encontradas áreas para realizar visita técnica. Foram avistadas áreas com plantios de Palma de Óleo, ainda assim, esse trabalho não focará nessa cultura visto que o projeto BioCarbono conta com suporte específico para esse gênero florestal.

Em suma, com base na revisão da literatura, compilação de informações e análise geral da região, são identificadas condições limitantes ao desenvolvimento florestal. Entre as principais restrições identificadas na região da Orinoquia são as características dos solos,

apresentando deficiências nutricionais, juntamente com a presença de plintossolos que às vezes apresentam horizontes endurecidos (petro-plintita), fator limitante no crescimento radicular de espécies florestais que necessitam aprofundar em pelo menos 60 cm suas raízes para se estabelecer.

Estas duas condições, no entanto, são modificáveis se forem aplicadas tecnologias para atender as necessidades nutricionais e melhorar a condição física do solo. Nesse sentido, seria necessário adicionar doses de insumos indicados para corrigir a acidez dos solos, fornecer os nutrientes que faltam nas doses e frequências de aplicação adequadas e implementar métodos mecânicos suficientemente robustos para alterar a estrutura do solo quando necessário, sempre atento para não fazer intervenções em áreas não recomendadas, evitando assim danos ecológicos e custos de reparo.

Outro fator identificado é o acesso limitado à região devido à falta de estradas principais. Atualmente não existem estradas asfaltadas que ligue o estado de Meta a Vichada, uma distância de aproximadamente 600 km, o acesso a alguns locais é restrito a via aérea ou fluvial durante período de inundação das planícies.

5.2. Potencial zoneamento florestal na Orinoquia

5.2.1. Departamento de Vichada

O Estado de Vichada ocupa atualmente o segundo lugar em número de hectares estabelecidos em plantações florestais comerciais a nível nacional com 108.254 hectares, onde estes hectares representam 20,0% da área total plantada a nível nacional. Em relação ao total de hectares estabelecidos na Orinoquia, Vichada representa 59,01% do total estabelecido na região, sendo o departamento da região com a maior área dedicada às plantações florestais (MADR, 2023).

Segundo a UPRA (2014), o departamento de Vichada, é um dos maiores departamentos do país com uma área de 10.008.757 milhões de hectares, dispendo de 2.977.927 milhões de hectares para o estabelecimento de plantações florestais. Dentro deste valor, 422 hectares correspondem a áreas de alta aptidão, 120.020 hectares correspondem a áreas de média aptidão e 2.857.485 milhões de hectares correspondem a áreas de baixa aptidão. É importante destacar que 70,2% da superfície de Vichada foi classificada como áreas não adequadas ao estabelecimento de plantações florestais comerciais.

Conforme a avaliação geoespacial, considerando que existem áreas de exclusão, como áreas de alto valor de conservação, reservas indígenas e cidades, a área potencialmente

produtiva para florestas com fins comerciais é de mais de 3.1 milhões de hectares (Figura 26), representando 18,59% da área total (Tabela 11). Apesar de ser um percentual baixo, a área considerada potencialmente produtiva é muito extensa, sendo bem próximo do resultado encontrado para Meta.

Tabela 11: Área potencial produtiva em Vichada.

Classificação	Área (ha)	Total (%)
Área Potencialmente Produtiva	3.134.477,33	18,59%
Exclusão Ambiental	13.731.013,41	81,41%
Total	16.865.490,74	100,00%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

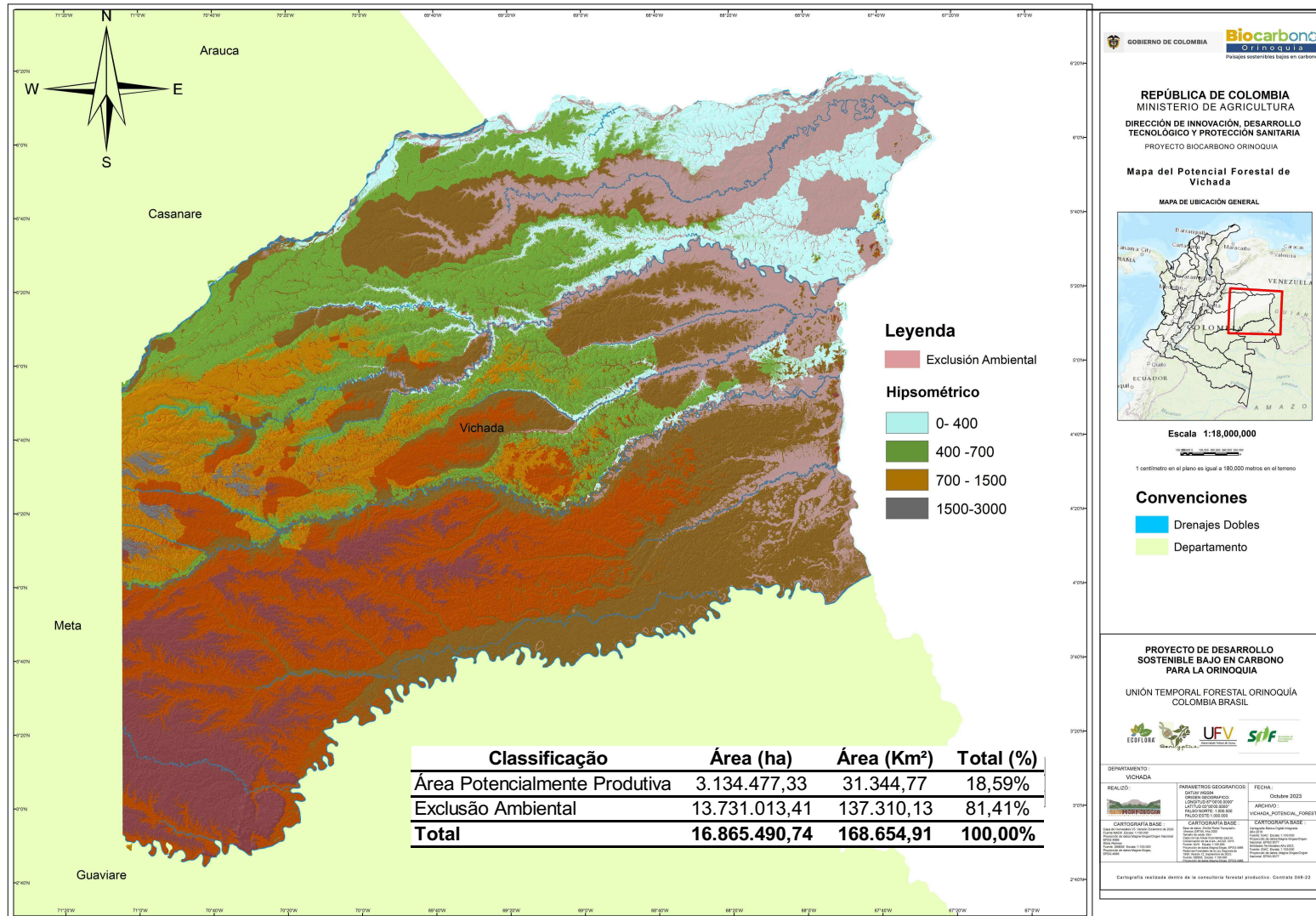
Dessa área, obteve a ocupação por algumas espécies florestais de interesse do trabalho, conforme esperado, em quantidades muito abaixo do potencial (Tabela 12).

Tabela 12: Área potencial produtiva ocupada com espécies florestais em Vichada.

Espécies	Área (ha)	Área Potencialmente Produtiva Ocupada (%)
<i>Acacia mangium</i>	7.672,73	0,24478%
<i>Eucallyptus pellita</i>	6.920,68	0,22079%
<i>Eucallyptus tereticornis</i>	833,03	0,02658%
<i>Eucalyptus urophylla</i>	63,94	0,00204%
<i>Pinus caribaea</i>	14.852,65	0,47385%
<i>Tectona grandis</i>	1.209,02	0,03857%
Total	31.552,05	1,00661%

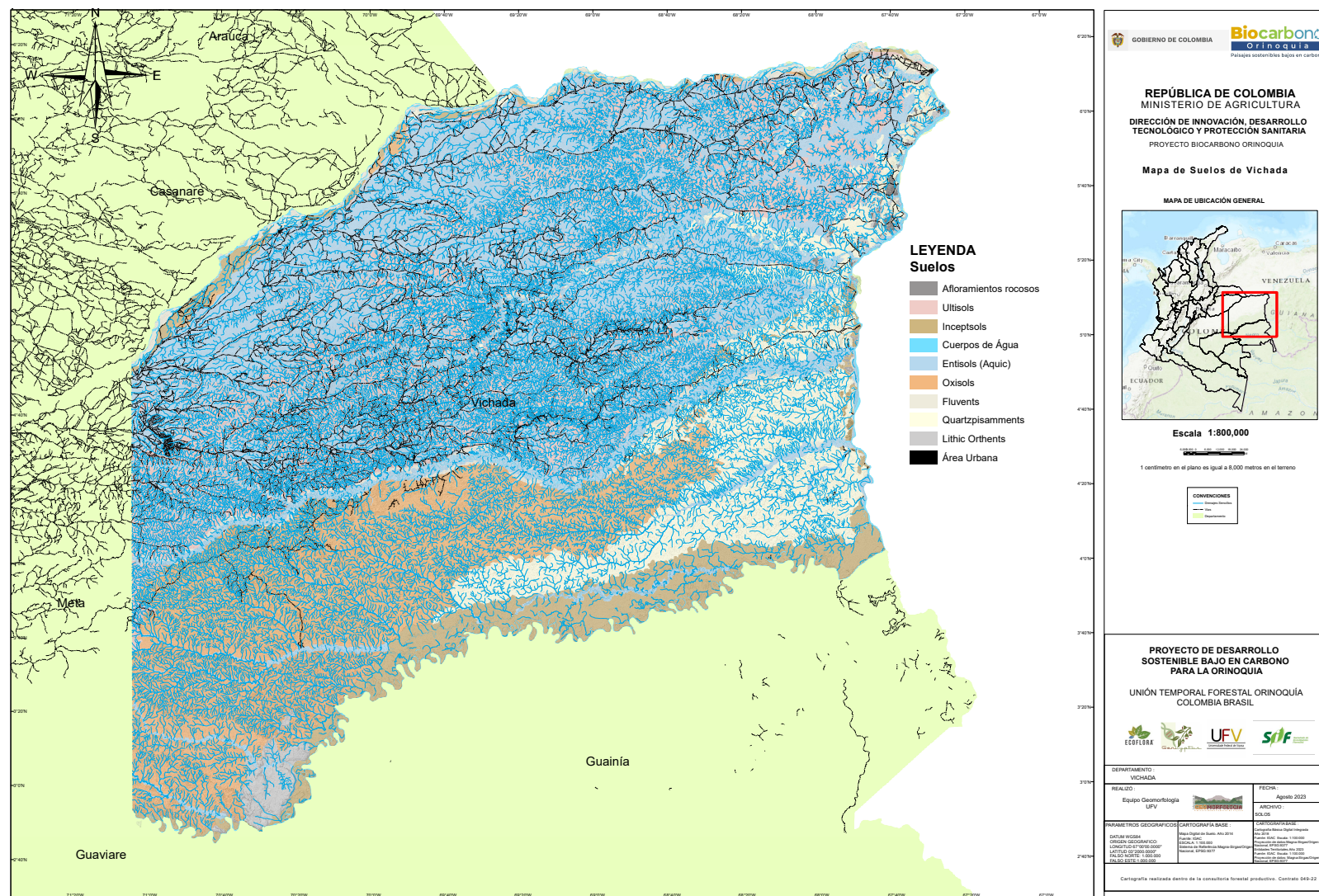
Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Figura 26: Potencial forestal do departamento de Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia.

Figura 27: Mapa de solos de Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia.

O departamento de Vichada encontra-se situado na região dos Llanos Orientales, em condições climáticas quentes e úmidas. Quatro são os principais domínios fisiográficos: planície dissecada; altillanura; faixa aluvial dos grandes rios e o escudo Guayanés. A vegetação natural é predominantemente savana (gramíneas), onde predomina a pecuária extensiva, com matas de galeria (Figura 27). Os solos são predominantemente de baixa fertilidade natural e muito ácidos (IGAC, 2014).

Há grande ocorrência de solos com restrições de drenagem, classificados em ordens da Taxonomia de Solos (EUA, 2022), sob o regime de umidade “áquico” (saturação de água; hidromorfismo; lençol freático alto), especialmente Entissolos (Udorthents Aquic; Udifluvents Oxyaquic etc.) e Inceptisols (Dystrudepts Aquic; Distrudepts Oxyaquic etc.; Dystrustepts Fluvaquentic etc.). Esses solos suportam a confecção de camalhões ou drenagem (IGAC, 2014).

Como a maior parte do ano as áreas são inundadas, há ocorrência de solos com características “plínticas” (Plinthic Hapludox; Plinthic Umbraquils etc.), identificado pela segregação ferruginosa de tonalidade avermelhada com resistência à ruptura manual, a diferentes profundidades (IGAC, 2014). O mapa de solos da Colômbia é classificado pelo sistema americano de taxonomia de solos, que não inclui a ordem dos Plintossolos dos sistemas brasileiro (Embrapa, 2018) e FAO (WRB, 2015). Assim, não é possível fazer uma comparação direta. Solos desta natureza apresentam limitações aos projetos florestais, dependendo da posição na paisagem e da profundidade de ocorrência do horizonte plíntico.

Na maioria das observações realizadas com a abertura de trincheiras e tradagem do solo durante a visita técnica de campo, em solos aparentemente sem restrições de drenagem, a plintita apareceu em diferentes profundidades (Figura 28). Sua presença também denota a ocorrência de lençol freático mais elevado do que nos Aquents (Gleissolos, dos sistemas FAO Brasil).

Figura 28: Cultivo de *A. mangium* em solos plintíticos em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

A avaliação de campo também possibilitou visualizar plantios em solos profundos e com boa drenagem, Latossolos e Argissolos (Figura 29). Em áreas de empresas, o manejo silvicultural, escolha de material e adubação são baseadas nos resultados da análise de solo, além das definições de práticas mecânicas como a subsolagem. Os solos Latossolos e Argissolos são os melhores solos para a silvicultura em Vichada, bem como toda Orinoquia.

Figura 29: Perfil de solo identificado como Latossolo e Argissolo na região de Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Muitas das práticas de manejo desses solos (Latosolos e Argissolos) já são bem conhecidas no Brasil para o cultivo de florestas e podem ser aplicadas na Orinoquia, com destaque para controle de formigas pré-plantio, eliminação da mato competição, subsolagem na linha de plantio, correção do solo com calagem, fertilização baseada na análise de nutrientes do solo e no requerimento da espécie implantada.

As análises climáticas, PRICCO (2017) conclui períodos altamente divergentes entre chuvas e secas onde o período chuvoso pode gerar inundações e o período de seca poderá causar restrições hídricas totais, condição limitante para diversas espécies. Este cenário ocorre em praticamente toda a região, departamentos de Casanare, Arauca, Vichada e no leste de Meta.

Um alerta importante gerado pelo documento (PRICCO, 2017) é apontar que a região mais afetada pelas mudanças climáticas será o Departamento de Vichada, especialmente os municípios de Puerto Carreño, La Primavera e a região nordeste de Cumaribo, sendo apontada como uma área com limitação hídrica, o que significa que os clones para esta região não devem ser os mesmos que para outras regiões da área de estudo.

O principal diferencial para essa região é a disponibilidade de áreas para a implementação de projetos florestais, visto que o preço de aquisição é baixo (em torno de US\$ 250,00 por hectare) e, em maior parte do estado, os terrenos encontrados são planos, fator que aumenta as chances de uso da mecanização total nas atividades de implantação florestal, monitoramento, plantio e colheita.

Por mais que a maior parte das áreas estão em regiões inundáveis, é possível, através de técnicas adequadas de manejo como camalhões e drenagens do solo, controlar os níveis de umidade e proporcionar condições mais favoráveis ao crescimento das plantas.

5.2.2. Departamento de Meta

O Estado de Meta é atualmente o terceiro departamento a nível nacional com maior número de hectares plantados com florestas comerciais, apresentando 66.186,29 hectares estabelecidos que representam 12,2% do percentual total nacional. A nível regional, com relação à região da Orinoquia, Meta apresenta 37,83% do percentual total de hectares plantados (MADR, 2023).

Considerando que Meta representa uma área total de 8.555.025 milhões de hectares, a UPRA (2014) definiu que 3.412.249 milhões de hectares são aptos para o estabelecimento de plantações florestais. A área classificada pela UPRA (2014) como alta aptidão é de 533.128 mil hectares, a área de média aptidão é de 958.222 mil hectares, a área de baixa aptidão é de

1.920.889 milhões de hectares e assim os hectares classificados como impróprios são 5.142.776 milhões de hectares.

Conforme a avaliação geoespacial, considerando que existem áreas de exclusão, como áreas de alto valor de conservação, reservas indígenas e cidades, a área potencialmente produtiva para florestas com fins comerciais é de mais de 3.7 milhões de hectares (Figura 30), representando 32,02% da área total (Tabela 13). Esse foi o estado que apresentou maior área potencial produtiva (Figura 30).

Tabela 13: Área potencial produtiva em Meta.

Classificação	Área (ha)	Total (%)
Área Potencialmente Produtiva	3.716.952,64	32,02%
Exclusão Ambiental	7.891.627,29	67,98%
Total	11.608.579,93	100,00%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

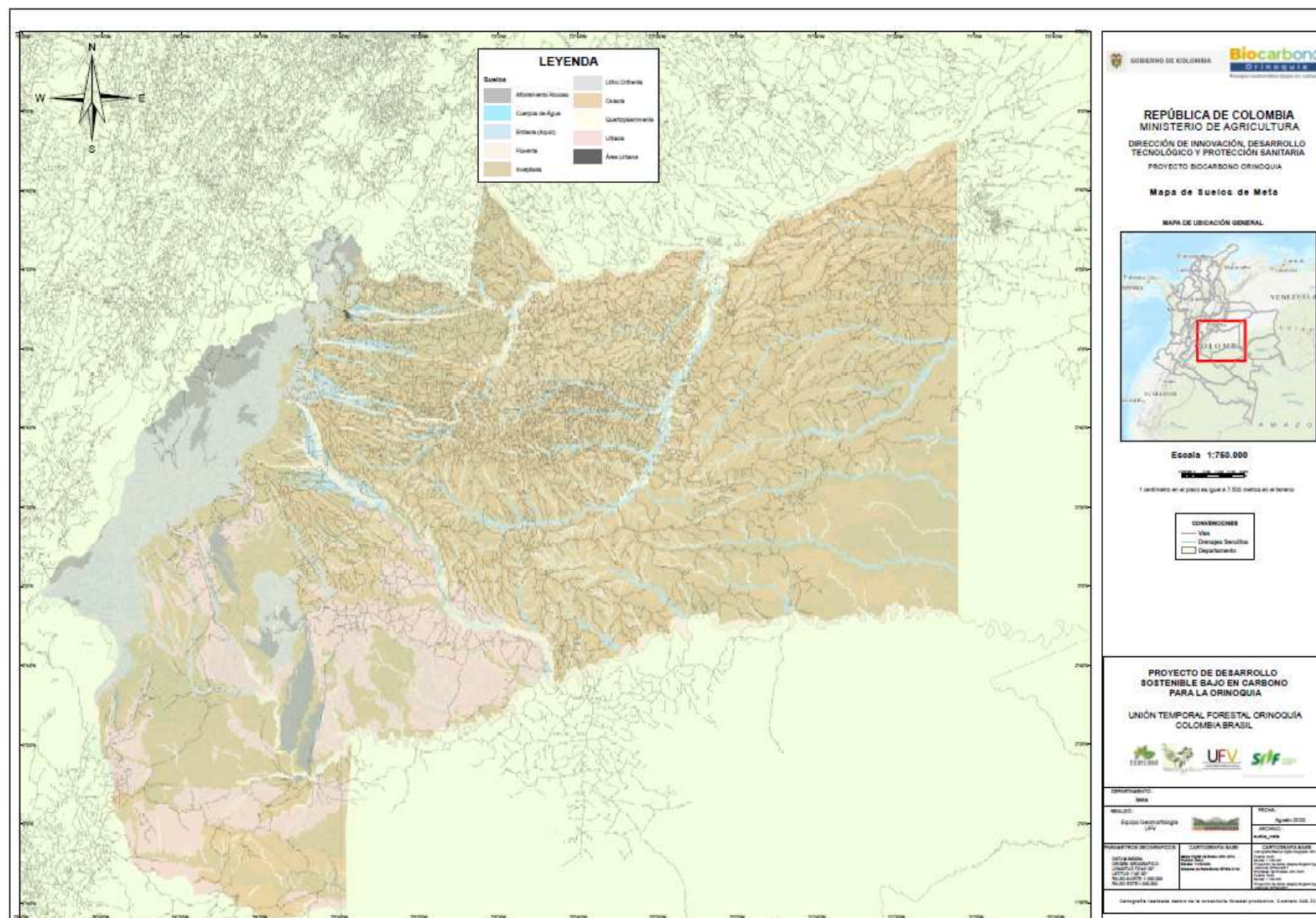
Dessa área, obteve a ocupação por algumas espécies florestais de interesse do trabalho, conforme esperado, em quantidades muito abaixo do potencial (Tabela 14).

Tabela 14: Área potencial produtiva ocupada com espécies florestais em Meta.

Espécies	Área (m²)	Área (ha)	Área Potencialmente Produtiva Ocupada (%)
<i>Eucalyptus pellita</i>	25.436.366,41	2.543,64	0,06843%
<i>Eucalyptus urograndis</i>	9.919.130,07	991,91	0,02669%
<i>Pinus caribea</i>	39.307.413,56	3.930,74	0,10575%
<i>Tectona grandis</i>	1.430.904,14	143,09	0,00385%
<i>Hevea brasiliensis</i>	98.189.490,65	9.818,95	0,26417%
Total	174.283.304,82	17.428,33	0,46889%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Figura 31: Mapa de solos de Meta, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

A diversidade de solos é grande no departamento de Meta, porém, como fato relevante vale destacar que, devido à sua maior altitude, a ocorrência de solos com características “áquicas” e “plínticas” é muito inferior, comparativamente com o Departamento de Vichada ou o Departamento de Casanare. Em Meta existem solos mais desenvolvidos pedologicamente como Latossolos e Argissolos, mais profundos e com boa drenagem (Figura 31).

Neste departamento, além de extensas pastagens de boa qualidade nas zonas planas, existem também extensas plantações de cana-de-açúcar, produção de citrus e ainda plantações de Eucaliptos e Pinheiros (Figura 32). Ou seja, foi identificada atividade florestal ativa na região, confirmando o que vimos no mapa de calor (Figura 10), onde Meta é indicada como um núcleo florestal.

Em termos geomorfológicos são reconhecidas seis paisagens diferentes: Serras; Piemonte; Lomérios; Altiplano; Várzea e Vale.

Figura 32: Solos com presença de rípio em plantação de Pinus em Meta, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Segundo o IGAC (2012), os solos do departamento de Meta são de baixa qualidade, pois são em sua maioria ácidos, arenosos, de baixa fertilidade e com fina camada orgânica, são classificados como áreas improdutivas. Porém, dada a sua boa drenagem e as possibilidades silviculturais, é possível as instalações das culturas, realizando a aplicação de corretivos químicos do solo para promover o bom desenvolvimento radicular das árvores.

5.2.3. Departamento de Casanare

No estado de Casanare, o MADR (2023) reportou um total de 8.296 hectares estabelecidos em plantações florestais comerciais, o que representa 1,5% do total estabelecido a nível nacional. Quanto à região da Orinoquia, ocupa um percentual de 4,52% da área total estabelecida em plantações florestais comerciais.

Casanare possui 4.434.139 milhões de hectares de superfície, dos quais 1.165.016 milhões de hectares são adequados para o estabelecimento de plantações florestais, segundo UPRA (2014), 61.424 hectares têm alta aptidão, 195.584 mil hectares têm aptidão média, 908.008 hectares têm baixa aptidão e na classificação de inadequado são 3.269.124 milhões de hectares.

Conforme a avaliação geoespacial, considerando que existem áreas de exclusão, como áreas de alto valor de conservação, reservas indígenas e cidades, a área potencialmente produtiva para florestas com fins comerciais é de mais de 3.3 milhões de hectares (Figura 33), representando 73,8% da área total (Tabela 15).

Tabela 15: Área potencial produtiva em Casanare.

Classificação	Área (ha)	Total (%)
Área Potencialmente Produtiva	3.391.142,43	73,76%
Exclusão Ambiental	1.206.641,17	26,24%
Total	4.597.783,60	100,00%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

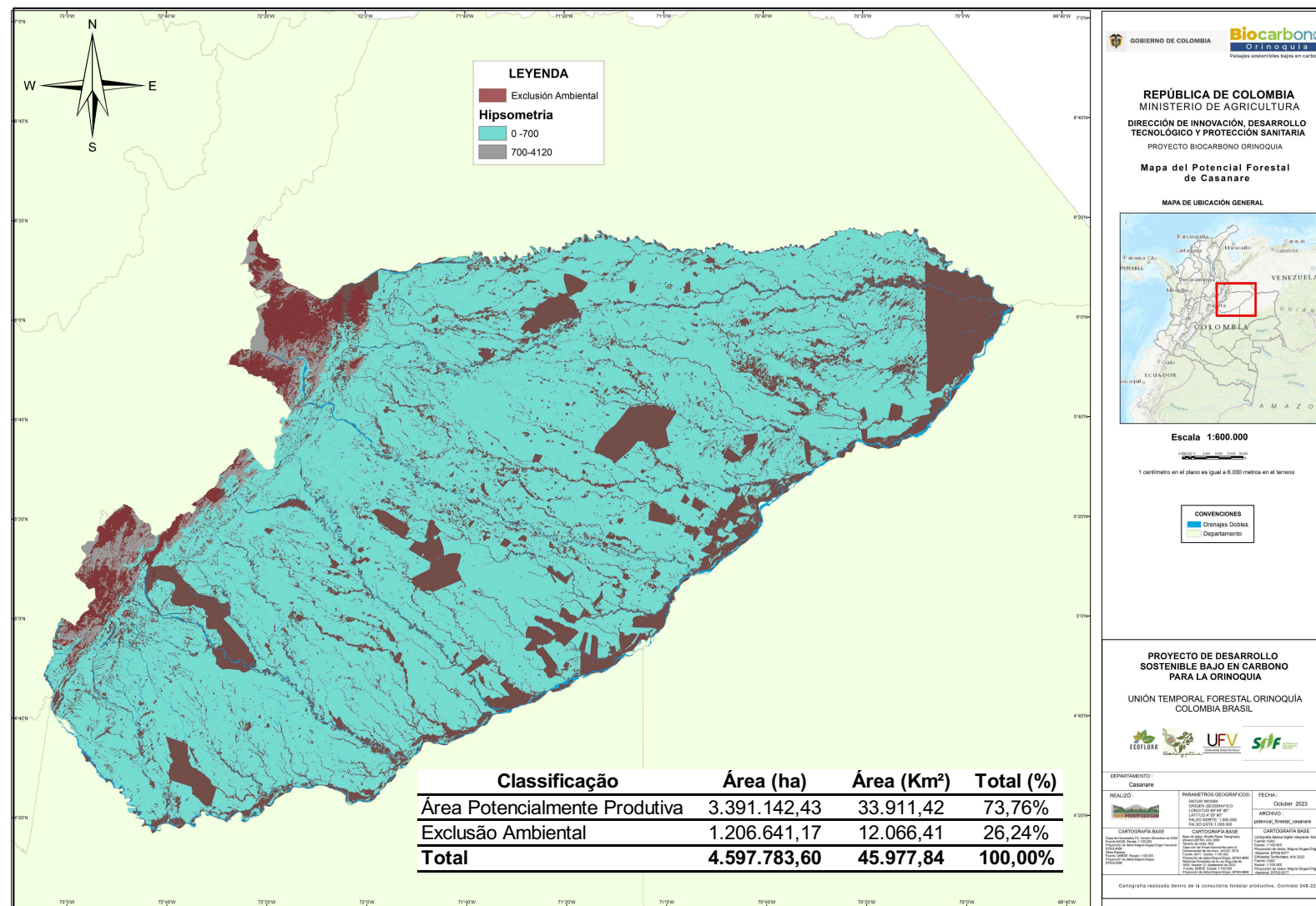
Dessa área, obteve a ocupação por algumas espécies florestais de interesse do trabalho, conforme esperado, em quantidades muito abaixo do potencial (Tabela 16).

Tabela 16: Área potencial produtiva ocupada com espécies florestais em Casanare.

Espécies	Área (m²)	Área (ha)	Área Potencialmente Produtiva Ocupada (%)
<i>Eucalyptus pellita</i>	1.904.857,77	190,49	0,00562%
Total	1.904.857,77	190,59	0,00562%

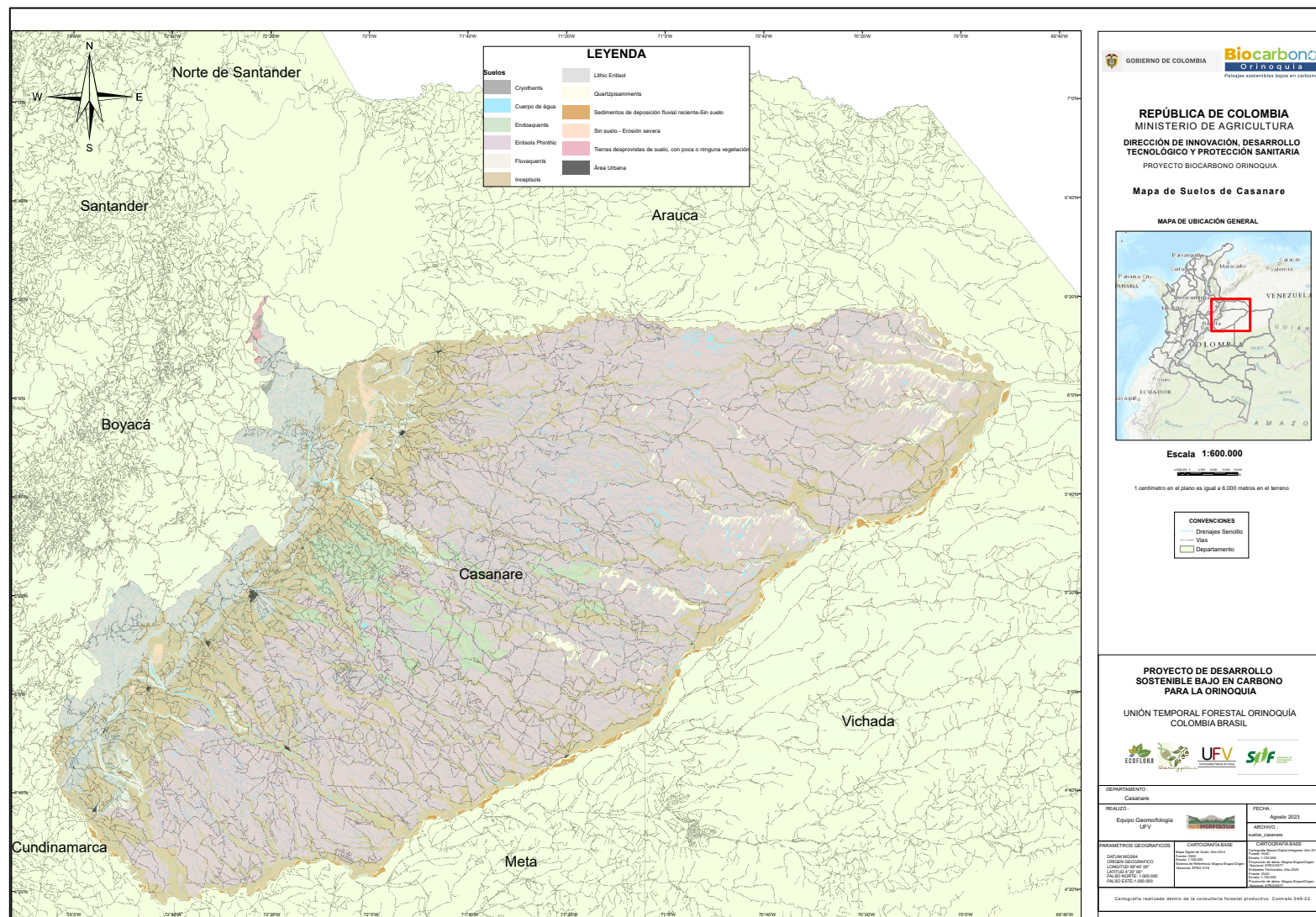
Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Figura 33: Potencial forestal do estado de Casanare, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Figura 34: Mapa de solos de Casanare, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Quanto as suas paisagens, Casanare é representada por cinco unidades diferentes, sendo: a de maior extensão as Planícies, com áreas bem drenadas e outras inundáveis; Montanhas com relevo moderado a íngreme; Vales fluviais dos principais rios; Sopé com relevo que varia de suave a muito íngreme; Lomerío com elevações ligeiramente inclinadas. A área ocupada por planícies representa mais de 70% da área total, com grande potencial para empreendimentos florestais.

Na Planície há ocorrência de solos plintíticos profundos (Ensolos Plinticos ou Inceptosolos Plinticos) indicando flutuações freáticas na altura do lençol ao longo do ano (Figura 34), embora sem inundações em algumas áreas, como em grande parte de Vichada, atualmente as principais atividades são a agricultura.

5.2.4. Departamento de Arauca

O estado de Arauca, segundo o relatório realizado pelo MADR no Boletim Estatístico Florestal de 2022, ocupa o sétimo lugar na lista dos departamentos com menos áreas dedicadas ao florestas comerciais em todo o país, com 605 hectares implantados, o que equivale a 0,1% da área total plantada no país. E quanto à área informada para a região da Orinoquia, representa 0,11% do total informado de 183.341 hectares.

Assim, dos 2.383.135 milhões de hectares do departamento de Arauca, segundo a UPRA (2014) 611.692 hectares aptos ao estabelecimento de florestas, dos quais 20.880 hectares são de alta aptidão, 157.756 hectares são de média aptidão, 433.056 hectares são de baixa aptidão e 1.771.443 hectares são considerados inadequados. Este departamento está inserido no extremo norte da Orinoquia e é considerado com baixo desenvolvimento florestal (MADR, 2023).

Para PRICCO (2017) o cultivo florestal pode ser uma estratégia de geração de recursos florestais madeiros ou não-madeiros, além do sequestro de carbono. Este documento indica alto potencial os municípios Tame e Saravena, ambos da região do Sopé, no estado de Arauca. Segundo o relatório da UPRA (2014) às áreas reconhecidas como potencial florestal também estão na região do sopé, onde a logística da colheita seria extremamente complicada, tanto pela inclinação do terreno como pela localização das propriedades, somada à localização do departamento.

Conforme a avaliação geoespacial, considerando que existem áreas de exclusão, como áreas de alto valor de conservação, reservas indígenas e cidades, a área potencialmente

produtiva é de mais de 1.4 milhões de hectares (Figura 35), representando 49,20% da área total (Tabela 17).

Tabela 17: Área potencial produtiva em Arauca.

Classificação	Área (ha)	Total (%)
Área Potencialmente Produtiva	1.408.746,98	49,20%
Exclusão Ambiental	1.454.806,66	50,80%
Total	2.863.553,64	100,00%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Dessa área, obteve a ocupação por algumas espécies florestais de interesse do trabalho, conforme esperado, em quantidades muito abaixo do potencial (Tabela 18).

Tabela 18: Área potencial produtiva ocupada com espécies florestaia em Arauca.

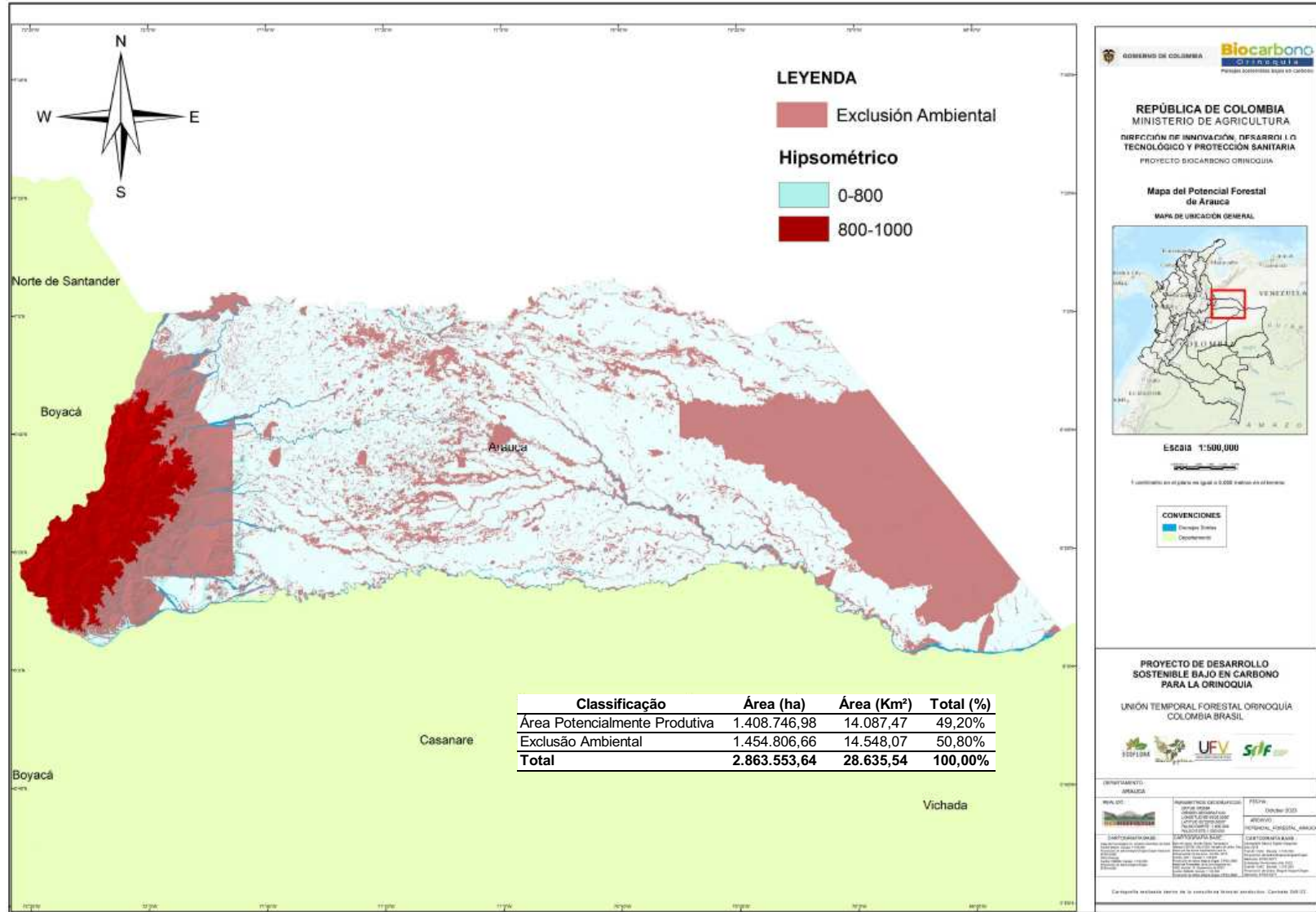
Espécies	Área (ha)	Área Potencialmente Produtiva Ocupada (%)
<i>Eucallyptus pellita</i>	21,36	0,00152%
<i>Tectona grandis</i>	0,3196	0,00002%
<i>Acacia mangium</i>	0,5030	0,00004%
Total	22,1868	0,00158%

Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Arauca apresenta um desafio para a implementação de projetos florestais, visto que ele apresenta os três tipos de fisiografia da região e a maior parte é representada pelas planícies inundáveis, seguido da região de sopé e cordilheira (Jiménez, 2016). A presença de solos encharcados e/ou pouco férteis refletem a necessidade de implementar técnicas de manejo diferenciadas (Figura 36)

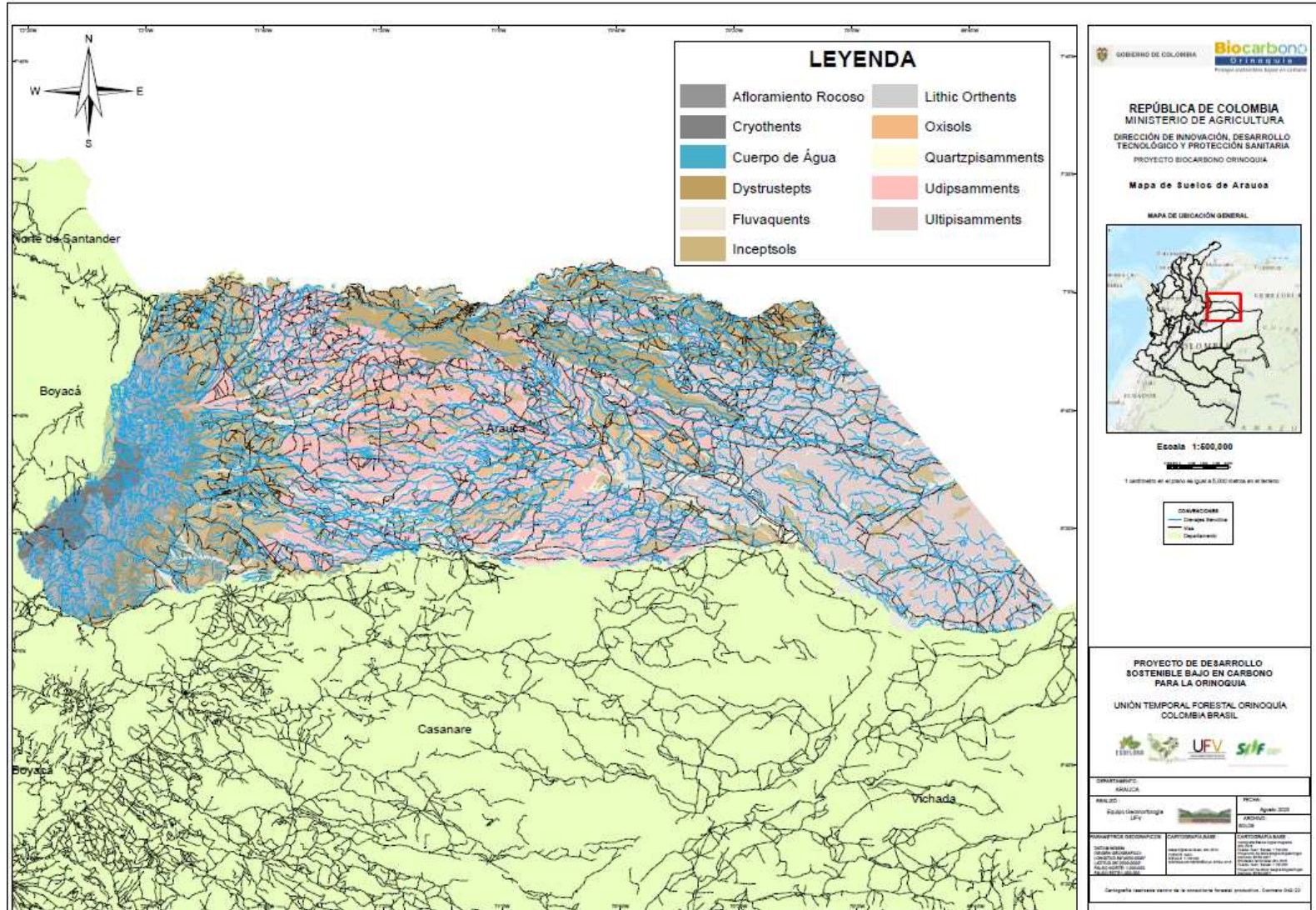
Não foi possível avaliar *in loco* plantios florestais do estado. Arauca foi considerada nesse trabalho como um local não prioritário para a implementação de projetos florestais, pois além dos desafios citados, foi o estado que apresentou menores estimadores de produtividade para *Eucalyptus* clonal em relação aos demais estados.

Figura 35: Potencial florestal do estado de Arauca, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

Figura 36: Mapa de solos de Arauca, Orinoquia, Colômbia.

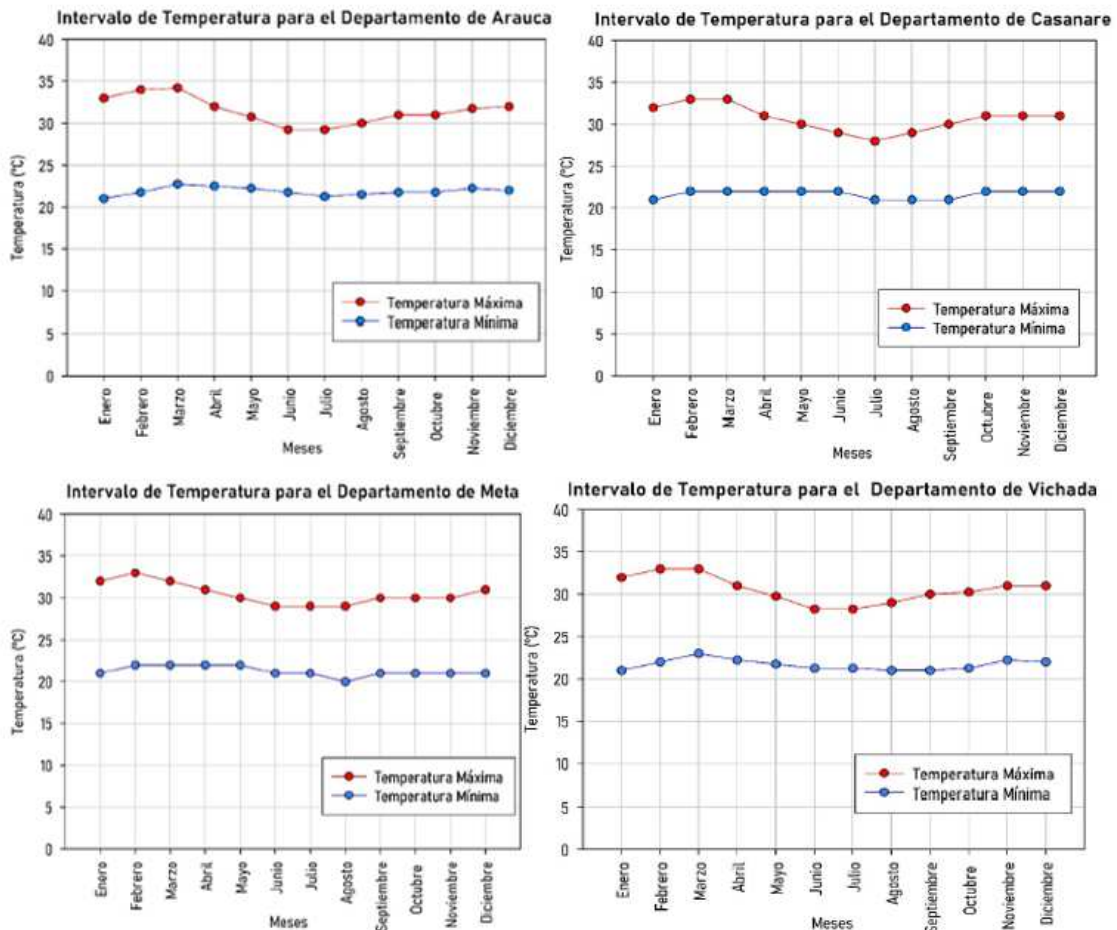


Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

5.3. Estimativa de produção florestal

Com base nos dados extraídos da OMM, base 2022, foram analisadas as variáveis climáticas dos quatro departamentos da Orinoquia (Figura 37).

Figura 37: Intervalo de temperatura observado nos estados da Orinoquia.



Fonte: Organização Mundial da Meteorologia (OMM).

Podemos perceber que as temperaturas mais altas se concentram nos primeiros três meses do ano, e as temperaturas mais amenas entre julho, agosto e setembro, sendo um comportamento similar para todos os estados. O departamento que registrou maior temperatura foi Arauca, com 34,25°C no mês de março, já a menor temperatura foi registrada em Meta, 20°C no mês de agosto.

Outras variáveis observadas foram: comportamento das chuvas, visando a determinação da disponibilidade de água nos estados; número de dias chuvosos e sua distribuição ao longo do ano (Figura 38 e 39). Esta informação é relevante, uma vez que a disponibilidade de luz (Figura 40) é um fator limitante para a fotossíntese das plantas (Taiz and Zeiger, 2017).

Figura 38: Distribuição da precipitação na região da Orinoquia.

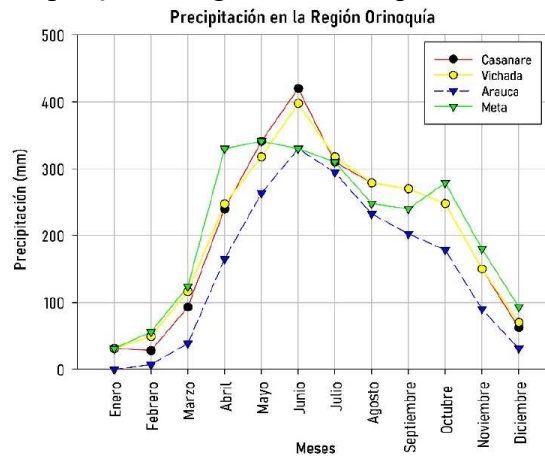


Figura 39: Distribuição dos dias chuvosos na Orinoquia.

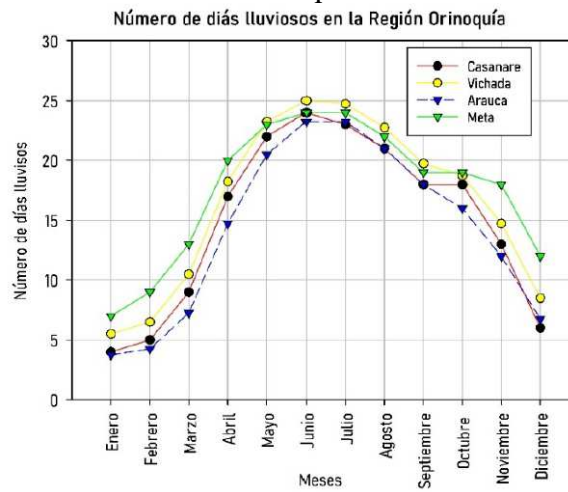
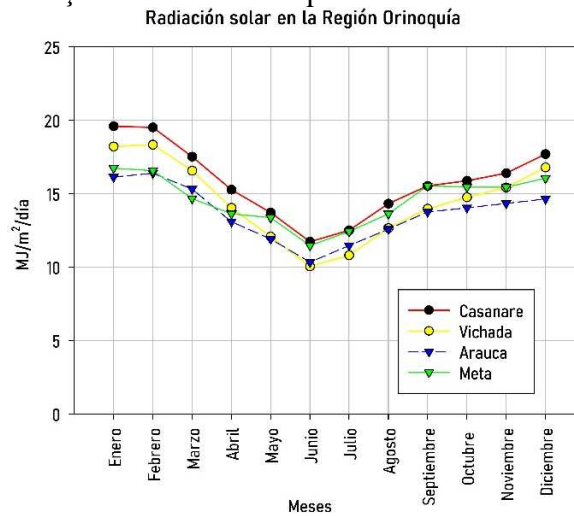


Figura 40: Distribuição da radiação solar na Orinoquia.



Os resultados obtidos, em simulações utilizando o 3-PG, consideram 5 cenários de moduladores de fertilidade (FR), isso porque o modelo 3-PG apresenta alta sensibilidade ao FR (Esprey et al., 2004), e baixa sensibilidade a outras características do solo, como capacidade de água disponível e classe textural. Assim, deve-se correlacionar o valor do modulador pedológico do local específico ao valor do FR para obter as produtividades que serão apresentadas.

Com base na visita à região de Orinoquia, pôde-se observar a existência de diversidade de solos na região. Além disso, os mapas de solos indicam a existência de solos de diferentes classes taxonômicas. Assim, para uma mesma condição climática e para um mesmo material genético vegetal, poderão existir diferenças importantes em termos de crescimento, produção e produtividade do Eucalipto, dependendo do grau de limitação imposto pelo solo, refletido no valor do modulador edáfico.

É importante ressaltar que o modulador edáfico é parametrizado com base em características e propriedades do solo muito estáveis, geralmente não modificáveis por práticas de manejo do solo a custos economicamente compensatórios.

Para algumas classes taxonômicas de solos da região da Orinoquia foram propostos por comparação os seguintes valores de moduladores edáficos (Tabela 19). Nesse caso, o modulador edáfico compreende uma escala de 0,2 (maior limitação) a 1,0 (sem limitação).

Tabela 19: Valores do modulador edáfico segundo classe taxonômica de solos da região da Orinoquia.

Classe taxonômica do solo	Modulador edáfico (FR)
Oxisols	1,0 - 0,6
Ultisols	0,7 - 0,4
Aquic Entisols, Plintic Inceptisols	0,4 - 0,2
Petrofferic Inceptisols	0,2

Estão apresentados na sequência a altura, diâmetro a altura do peito, área basal, volume da madeira (sem casca), incremento periódico anual de volume de madeira (sem casca) e incremento médio anual de volume de madeira (sem casca) para Eucalipto clonal ao longo da rotação, obtidos por simulações realizadas com o modelo 3-PG, em função do valor do modulador edáfico, para Casanare, Vichada, Arauca e Meta (Tabela 20 a 24).

Tabela 20: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Eucalipto clonal nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,2.

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1,25	6,1	5,8	5,4	5,9
2,25	10,7	10,2	8,7	10,5
3,25	14,0	13,4	11,2	13,7
4,25	16,4	15,8	13,1	16,2
5,25	18,3	17,6	14,6	18,0
6,25	19,8	19,0	15,9	19,5
7,25	20,9	20,1	16,7	20,6
8,25	21,6	20,8	17,4	21,4
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1,25	5,7	5,5	5,2	5,6
2,25	8,8	8,6	7,6	8,7
3,25	10,9	10,6	9,2	10,8
4,25	12,4	12,0	10,4	12,3
5,25	13,6	13,1	11,4	13,4
6,25	14,4	13,9	12,1	14,2
7,25	15,0	14,5	12,6	14,9
8,25	15,4	15,0	13	15,3
Área basal (m ² /ha)				
1,25	2,8	2,6	2,3	2,7
2,25	6,8	6,4	5,0	6,6
3,25	10,4	9,8	7,4	10,2
4,25	13,5	12,6	9,5	13,1
5,25	16,0	15,0	11,2	15,6
6,25	18,1	16,9	12,7	17,6
7,25	19,7	18,4	13,9	19,3
8,25	20,8	19,5	14,7	20,4
Volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha)				
1,25	7	6	5	6
2,25	29	26	17	27
3,25	57	51	33	55
4,25	86	77	49	82
5,25	114	102	64	109
6,25	138	124	79	132
7,25	158	143	90	153

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
8,25	173	156	99	168
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
0,25 - 1,25	6,8	6,1	4,9	6,4
1,25 - 2,25	21,8	19,6	12,3	21,0
2,25 - 3,25	28,3	25,5	15,6	27,1
3,25 - 4,25	29,0	26,1	15,9	27,8
4,25 - 5,25	27,5	24,7	15,4	26,4
5,25 - 6,25	24,1	21,6	14,3	23,5
6,25 - 7,25	20,2	18,8	11,7	20,4
7,25 - 8,25	15,2	13,6	9,1	14,8
Incremento médio anual de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
1,25	5,6	4,9	4,0	5,2
2,25	12,8	11,5	7,7	12,2
3,25	17,5	15,8	10,1	16,8
4,25	20,3	18,2	11,5	19,4
5,25	21,6	19,5	12,2	20,7
6,25	22,0	19,8	12,6	21,2
7,25	21,8	19,7	12,5	21,1
8,25	21,0	18,9	12,0	20,3

Tabela 21: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Eucalipto clonal nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,4.

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1,25	7,1	6,8	5,9	6,9
2,25	12,3	11,8	10,0	12,1
3,25	16,1	15,5	13,0	15,8
4,25	19,0	18,2	15,3	18,6
5,25	21,1	20,3	17,0	20,8
6,25	22,8	21,9	18,4	22,5
7,25	24,1	23,2	19,4	23,8
8,25	25,0	24,1	20,2	24,7
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1,25	6,4	6,2	5,5	6,3
2,25	9,9	9,6	8,4	9,8

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
3,25	12,3	11,9	10,3	12,1
4,25	13,9	13,5	11,7	13,7
5,25	15,2	14,7	12,8	15
6,25	16,1	15,6	13,6	15,9
7,25	16,8	16,3	14,2	16,6
8,25	17,3	16,8	14,6	17,1
Área basal (m ² /ha)				
1,25	3,6	3,3	2,7	3,4
2,25	8,6	8,1	6,1	8,3
3,25	13,1	12,3	9,3	12,7
4,25	16,9	15,9	12,0	16,4
5,25	20,0	18,8	14,2	19,5
6,25	22,6	21,3	16,1	22,1
7,25	24,6	23,2	17,5	24,1
8,25	26,1	24,6	18,7	25,6
Volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha)				
1,25	10	9,0	6	9
2,25	42	38	24	40
3,25	82	74	47	78
4,25	124	112	71	118
5,25	163	147	94	156
6,25	198	179	114	190
7,25	227	206	132	220
8,25	250	227	145	242
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
0,25 - 1,25	10,0	9,0	6,2	9,4
1,25 - 2,25	31,5	28,5	17,9	30,1
2,25 - 3,25	40,5	36,7	23,2	38,9
3,25 - 4,25	41,4	37,5	23,9	39,8
4,25 - 5,25	39,4	35,7	22,7	38
5,25 - 6,25	35,0	31,7	20,2	34,3
6,25 - 7,25	28,9	26,5	17,4	29,6
7,25 - 8,25	23,2	21,1	13,8	21,9
Incremento médio anual de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
1,25	8,0	7,3	5,0	7,6
2,25	18,5	16,7	10,8	17,6
3,25	25,3	22,8	14,6	24,1
4,25	29,1	26,3	16,8	27,8
5,25	31,0	28,1	17,9	29,7
6,25	31,7	28,7	18,3	30,5
7,25	31,3	28,4	18,1	30,3
8,25	30,3	27,5	17,6	29,3

Tabela 22: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Eucalipto clonal nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,6.

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1,25	7,8	7,5	6,5	7,6
2,25	13,6	13,1	11,1	13,4
3,25	17,8	17,1	14,4	17,5
4,25	20,9	20,1	17,0	20,5
5,25	23,3	22,4	18,9	22,9
6,25	25,1	24,2	20,5	24,8
7,25	26,6	25,6	21,7	26,3
8,25	27,6	26,7	22,5	27,3
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1,25	6,9	6,7	6,0	6,8
2,25	10,7	10,4	9,1	10,6
3,25	13,2	12,8	11,2	13,0
4,25	15,0	14,6	12,8	14,8
5,25	16,3	15,9	13,9	16,1
6,25	17,4	16,9	14,8	17,2
7,25	18,1	17,6	15,5	18,0
8,25	18,7	18,2	15,9	18,5
Área basal (m ² /ha)				
1,25	4,2	3,9	3,1	4,0
2,25	10,0	9,4	7,3	9,7
3,25	15,3	14,4	11,0	14,8
4,25	19,6	18,5	14,2	19,1
5,25	23,3	22,0	16,9	22,7
6,25	26,3	24,8	19,1	25,7
7,25	28,7	27,1	20,9	28,2
8,25	30,6	28,9	22,2	30,0
Volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha)				
1,25	13	12	8	12
2,25	53	48	32	51
3,25	105	95	63	100
4,25	158	143	93	151
5,25	208	189	123	200
6,25	253	230	150	244
7,25	291	265	174	283
8,25	321	293	192	312
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
0,25 - 1,25	13,0	11,7	8,0	12,2
1,25 - 2,25	40,4	36,6	23,6	38,6
2,25 - 3,25	51,6	46,9	30,4	49,6

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
3,25 - 4,25	52,6	47,9	31,3	50,6
4,25 - 5,25	50,3	45,8	29,9	48,5
5,25 - 6,25	45,1	41,0	26,9	44,2
6,25 - 7,25	37,8	34,9	23,7	38,8
7,25 - 8,25	30,6	28,4	18,0	29,3
Incremento médio anual de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
1,25	10,5	9,4	6,5	9,8
2,25	23,8	21,5	14,1	22,6
3,25	32,3	29,3	19,1	30,9
4,25	37,1	33,7	22,0	35,5
5,25	39,6	36,0	23,5	38,0
6,25	40,5	36,8	24,0	39,0
7,25	40,1	36,6	24,0	39,0
8,25	39,0	35,6	23,3	37,8

Tabela 23: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Eucalipto clonal nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,8.

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1,25	9,0	8,1	7,0	8,2
2,25	15,6	14,1	12,0	14,4
3,25	20,4	18,5	15,7	18,8
4,25	23,9	21,7	18,4	22,1
5,25	26,6	24,2	20,6	24,7
6,25	28,8	26,1	22,2	26,7
7,25	30,5	27,7	23,6	28,4
8,25	31,8	28,8	24,5	29,5
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1,25	7,4	7,1	6,4	7,2
2,25	11,4	11,0	9,7	11,2
3,25	14,0	13,6	12,0	13,8
4,25	15,9	15,4	13,6	15,7
5,25	17,3	16,8	14,8	17,1
6,25	18,4	17,9	15,8	18,2
7,25	19,2	18,7	16,5	19,1
8,25	19,9	19,3	17,0	19,7

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Área basal (m ² /ha)				
1,25	4,7	4,4	3,5	4,6
2,25	11,3	10,7	8,3	11,0
3,25	17,2	16,2	12,5	16,7
4,25	22,0	20,8	16,1	21,5
5,25	26,2	24,6	19,2	25,6
6,25	29,6	28,0	21,7	29,0
7,25	32,3	30,6	23,8	31,8
8,25	34,5	32,6	25,3	33,9
Volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha)				
1,25	16	14	10	15
2,25	65	59	39	62
3,25	127	116	77	122
4,25	190	173	115	183
5,25	251	229	152	241
6,25	306	279	185	295
7,25	352	322	215	343
8,25	390	357	238	379
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
0,25 - 1,25	15,8	14,3	9,8	14,9
1,25 - 2,25	48,8	44,5	29,2	46,8
2,25 - 3,25	62,1	56,7	37,4	59,8
3,25 - 4,25	63,2	57,8	38,4	61,0
4,25 - 5,25	60,7	55,4	36,8	58,7
5,25 - 6,25	54,8	50,0	33,5	53,8
6,25 - 7,25	46,4	43,1	29,6	47,7
7,25 - 8,25	38,2	35,6	22,7	36,6
Incremento médio anual de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
1,25	12,7	11,5	8,0	12,0
2,25	28,8	26,2	17,4	27,4
3,25	39,0	35,6	23,5	37,4
4,25	44,7	40,8	27,0	42,9
5,25	47,8	43,6	28,9	45,9
6,25	48,9	44,6	29,6	47,2
7,25	48,5	44,4	29,6	47,3
8,25	47,3	43,3	28,8	46,0

Tabela 24: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Eucalipto clonal nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 1,0.

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1,25	9,0	8,7	7,5	8,8
2,25	15,6	15,1	12,9	15,3
3,25	20,4	19,6	16,8	20,0
4,25	23,9	23,0	19,7	23,5
5,25	26,6	25,7	33,0	26,2
6,25	28,8	27,8	34,8	28,4
7,25	30,5	29,4	25,2	30,2
8,25	31,8	30,7	26,3	31,4
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1,25	7,7	7,5	6,7	7,6
2,25	12,0	11,6	10,3	11,8
3,25	14,7	14,3	12,6	14,5
4,25	16,7	16,2	14,3	16,5
5,25	28,2	17,7	15,6	18,0
6,25	19,3	18,8	16,6	19,1
7,25	20,2	29,7	17,4	20,0
8,25	20,9	20,3	18,0	20,7
Área basal (m ² /ha)				
1,25	5,2	4,9	3,9	5,0
2,25	12,5	11,8	9,2	12,1
3,25	18,9	17,9	13,9	18,4
4,25	24,3	22,9	17,9	23,7
5,25	28,8	27,3	21,3	28,1
6,25	32,6	30,8	24,1	31,9
7,25	35,6	33,7	26,5	35,1
8,25	38,0	36,1	28,2	37,5
Volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha)				
1,25	19	17	12	18
2,25	76	69	46	72
3,25	148	135	91	142
4,25	222	203	136	213
5,25	293	267	179	282
6,25	357	326	219	345
7,25	412	377	255	401

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
8,25	457	420	283	445
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
0,25 - 1,25	18,6	16,9	11,7	17,5
1,25 - 2,25	57,0	52,1	34,6	54,7
2,25 - 3,25	72,3	66,2	44,2	69,8
3,25 - 4,25	73,6	67,4	45,3	71,1
4,25 - 5,25	70,8	64,8	43,6	68,5
5,25 - 6,25	64,2	58,8	39,9	63,2
6,25 - 7,25	54,9	51,1	35,7	56,5
7,25 - 8,25	45,8	42,7	27,7	43,9
Incremento médio anual de madeira (tronco sem casca, m ³ /ha/ano)				
1,25	15,0	13,6	9,4	14,1
2,25	33,7	30,7	20,6	32,1
3,25	45,6	41,6	27,9	43,7
4,25	52,2	47,7	32,0	50,1
5,25	55,7	50,9	34,2	53,6
6,25	57,1	52,2	35,1	55,2
7,25	56,8	52,0	35,2	55,4
8,25	55,4	50,9	34,3	54,0

Para os cenários volumétricos de produção de madeira na idade de corte, aos 7 anos, correspondentes ao IMA de 20, 30, 40 e 50 m³/ha/ano, foram considerados os valores de produção de biomassa dos componentes do Eucalipto clonal, apresentado na Tabela 25.

Tabela 25: Biomassa dos componentes clonais do eucalipto, em rotação de 7 anos, considerando produtividade na idade de corte (IMA 7).

Idade (meses)	Biomassa parte aérea (t/ha)	Biomassa tronco (t/ha)	Biomassa copa (t/ha)	Biomassa folha (t/ha)
IMA 7 = 20 m ³ /ha/ano				
6	1,5	0,4	1,1	0,4
12	4,6	1,8	2,8	1,0
18	10,4	5,3	5,1	1,8
24	13,2	8,3	4,9	1,7
30	21,2	15,2	6,0	2,1
36	24,0	18,8	5,2	1,8
42	31,7	26,2	5,5	1,9
48	35,0	29,9	5,2	1,8
54	43,1	37,5	5,7	2,0

Idade (meses)	Biomassa parte aérea (t/ha)	Biomassa tronco (t/ha)	Biomassa copa (t/ha)	Biomassa folha (t/ha)
60	46,8	41,1	5,7	2,0
66	55,8	49,4	6,5	2,3
72	59,8	53,1	6,7	2,4
78	68,0	60,5	7,5	2,6
84	71,4	63,6	7,8	2,7
IMA 7 = 30 m ³ /ha/ano				
6	2,2	0,6	1,6	0,6
12	6,9	2,7	4,2	4,5
18	15,6	8,0	7,6	2,7
24	19,8	12,4	7,4	2,6
30	31,8	22,8	9,0	3,2
36	36,1	28,2	7,8	2,7
42	47,6	39,3	8,3	2,9
48	52,6	44,8	7,7	2,7
54	64,7	56,2	8,5	3,0
60	70,1	61,6	8,5	3,0
66	83,8	74,0	9,7	3,4
72	89,7	79,6	10,1	3,5
78	102,0	90,7	11,3	4,0
84	107,1	95,4	11,8	4,1
IMA 7 = 40 m ³ /ha/ano				
6	2,9	0,8	2,1	0,7
12	9,1	3,5	5,6	2,0
18	20,8	10,7	10,2	3,6
24	26,4	16,5	9,9	3,5
30	42,5	30,5	12,0	4,2
36	48,1	37,6	10,4	3,7
42	63,5	52,4	11,1	3,9
48	70,1	59,8	10,3	3,6
54	86,2	74,9	11,3	4,0
60	93,5	82,1	11,4	4,0
66	111,7	98,7	13,0	4,5
72	119,6	106,1	13,5	4,7
78	136,0	120,9	15,1	5,3
84	142,8	12,1	15,7	5,5
IMA 7 = 50 m ³ /ha/ano				
6	3,6	1,0	2,6	0,9
12	11,4	4,4	7,0	2,4
18	26,1	13,3	12,7	4,5
24	33,0	20,6	12,3	4,3
30	53,1	38,1	15,0	5,3
36	60,1	48,0	13,1	4,6
42	79,3	65,5	13,8	4,7
48	87,6	74,7	12,9	4,5
54	107,8	93,6	14,1	4,9
60	116,9	102,7	14,2	5,0

Idade (meses)	Biomassa parte aérea (t/ha)	Biomassa tronco (t/ha)	Biomassa copa (t/ha)	Biomassa folha (t/ha)
66	139,6	123,4	16,2	5,7
72	149,5	132,6	16,9	5,9
78	170,1	151,2	18,9	6,6
84	178,5	158,9	19,6	6,9

O acúmulo de nutrientes nas árvores constitui a demanda nutricional para a formação da árvore como um todo, e seu conhecimento é importante para ser utilizado na determinação da fertilização ou implantação de florestas em solos desnudados. Por outro lado, as quantidades de nutrientes contidas nos troncos das árvores colhidas (ou apenas na madeira, quando estas são descascadas no campo) devem ser repostas, no contexto da fertilização de substituição.

A demanda de nutrientes, considerando estes cenários de produtividade (IMA7) e as classes texturais do solo estão apresentados no Apêndice I diferenciadas pela classe de solo arenoso, textura média e argiloso. Para apresentação do cálculo das demandas nutricionais, considerou uma produtividade de madeira (com casca) de 40 m³/ha/ano, e solo de textura média, os valores da demanda são Nitrogênio: 357,3 kg/ha; Fósforo: 30 Kg/ha; Potássio: 180,3 kg/ha; Cálcio: 259,7 kg/ha; Magnésio: 61,4 kg/ha.

Considerando que o solo não contém nutriente, que toda a demanda deve ser atendida pela fertilização aplicada ao solo e que a planta não absorve todo o nutriente disponível, obteve-se a seguinte demanda por cada nutriente:

$$\begin{aligned} \text{Req_PL N} & \quad 357,3 / 70\% = 510,4 \times 80\% = 408,4 \text{ kg/ha} \\ \text{Req_PL P} & \quad 30 / 45\% = 66,7 \times 80\% = 53,4 \text{ kg/ha} \\ \text{Req_PL K} & \quad 180,3 / 70\% = 257,6 \times 80\% = 206,1 \text{ kg/ha} \\ \text{Req_PL Ca} & \quad 259,7 / 30\% = 865,7 \times 80\% = 692,6 \text{ kg/ha} \\ \text{Req_PL Mg} & \quad 61,4 / 30\% = 204,7 \times 80\% = 165,9 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Alcançar o equilíbrio entre a oferta de nutrientes do solo e as exigências nutricionais da cultura é um dos pilares da sustentabilidade na produção de florestas plantadas. A recomendação de adubação baseada neste balanço é amplamente utilizada, com excelentes resultados em termos de produtividade das culturas e rentabilidade da adubação. A Tabela 26 apresenta os valores de fornecimento de nutrientes para o solo nas camadas entre 0 a 40 cm de profundidade, de acordo com os perfis de solos informados na análise de solos do IGAC.

Tabela 26: Fornecimento de nutrientes através do solo (0-40 cm de profundidade) com base em perfis de solo selecionados de Departamentos da Região Orinoquia.

Departamento	Perfil	Classe de textura (0-40 cm)	Suprimento pelo solo em kg/ha (0-40 cm)				
			N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Casanere	C-2	Arenoso	244	45	52	208	120
Casanere	C-6	Argiloso	311	143	422	3221	1590
Casanere	C-14	Arenoso	377	21	168	2813	1200
Casanere	C-17	Arenoso	405	12	116	312	180
Vichada	VC-03	Textura média	111	147	229	2494	450
Vichada	VC-05	Textura média	199	24	39	88	12
Vichada	VC-10	Textura média	291	187	237	177	33
Vichada	VC-12	Textura média	279	25	256	156	30
Arauca	A-6	Textura média	211	15	761	519	300
Arauca	A-11	Argiloso	710	195	422	416	240
Arauca	A-28	Argiloso	133	19	211	312	180
Arauca	A-41	Arenoso	161	27	13	364	150

Assim, para a produtividade (com casca) de 40 m³/ha/ano aos 7 anos (IMA₇), para os perfis de solo apresentados no Apêndice I, os valores de balanço (BalNuti) são apresentados na Tabela 27, onde BalNuti = SupSolo_Nuti - ReqPL_Nuti.

Tabela 27: Balanço de nutrientes para alguns perfis de solo nos Departamentos de Orinoquia, considerando uma produtividade média do tronco, aos 7 anos, de 40 m³/ha/ano

Departamento	Perfil	Classe de textura (0-40 cm)	Suprimento pelo solo em kg/ha (0-40 cm)				
			N	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Casanere	C-2	Arenoso	-191	-6	-155	-485	71
Casanere	C-6	Argiloso	-76	87	215	2528	1541
Casanere	C-14	Arenoso	-58	-29	-38	3120	1151
Casanere	C-17	Arenoso	-30	-38	-90	-381	131
Vichada	VC-03	Textura média	-297	93	23	1801	401
Vichada	VC-05	Textura média	-209	-29	-167	-604	-37
Vichada	VC-10	Textura média	-117	134	30	-516	-16
Vichada	VC-12	Textura média	-129	-28	49	-536	-19
Arauca	A-6	Textura média	-197	-38	555	-173	251
Arauca	A-11	Argiloso	323	139	215	-277	191
Arauca	A-28	Argiloso	-254	-37	5	-381	131
Arauca	A-41	Arenoso	-274	-24	-193	-329	101

Os valores negativos do saldo (em rosa) indicam que a contribuição do nutriente pelo solo não cobre as necessidades da cultura; Os valores de saldo positivo estão em verde. Onde os valores do BalNut estão negativos, recomenda-se aplicar o nutriente em dose igual ao valor absoluto do BalNut. Pelo contrário, valores positivos de BalNut indicam que o solo é capaz de atender às necessidades nutricionais da planta.

Em relação ao fósforo (P), deve-se considerar que, além do equilíbrio no sistema solo-planta, esse elemento é essencial para estimular o crescimento das raízes absorventes, importante principalmente na fase inicial de crescimento das árvores. Portanto, o P deve sempre ser aplicado ao solo, mesmo quando BalNut_P é positivo, para fornecer este poderoso estímulo ao crescimento absorptivo das raízes.

Para a modelagem do crescimento e produção de povoamentos de *Pinus*, na região de Orinoquia, também foi considerado como maior nível de restrição do solo o modulador edáfico = 0,2, até a condição sem limitações impostas pelo solo, com um modulador edáfico = 1,0.

Estão apresentados na sequência a altura, diâmetro a altura do peito, área basal, volume da madeira, incremento periódico anual de volume de madeira e incremento médio anual de volume de madeira para *Pinus* ao longo da rotação, obtidos por simulações realizadas com o modelo 3-PG, em função do valor do modulador edáfico, para Casanare, Vichada, Arauca e Meta (Tabela 28 a 32).

Tabela 28: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de *Pinus* nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,2.

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1	2,5	2,3	2,2	2,4
2	4,2	4,0	3,8	4,0
3	5,7	5,5	4,9	5,5
4	6,9	6,8	6,0	6,8
5	8,0	7,8	6,9	7,9
6	8,8	8,6	7,6	8,7
7	9,4	9,2	8,2	9,3
8	10,0	9,8	8,7	9,9
9	10,5	10,3	9,1	10,4
10	10,9	10,7	9,4	10,8
11	11,3	11,1	9,8	11,1
12	11,6	11,4	10,0	11,5

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
13	11,9	11,6	10,3	11,7
14	12,2	11,9	10,5	12,0
15	12,4	12,1	10,8	12,2
16	12,6	12,2	10,9	12,3
17	12,8	12,4	11,1	12,5
18	12,9	12,5	11,2	12,6
19	13,0	12,6	11,3	12,7
20	13,2	12,7	11,4	12,8
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1	3,7	3,5	3,3	3,5
2	6,5	6,2	5,8	6,2
3	9,0	8,7	7,8	8,7
4	11,2	10,9	9,6	11,0
5	13,0	12,6	11,1	12,8
6	14,4	14,0	12,3	14,2
7	15,6	15,2	13,3	15,4
8	16,6	16,2	14,2	16,4
9	17,5	17,1	14,9	17,3
10	18,3	17,8	15,6	18,0
11	19,0	18,5	16,1	18,6
12	19,5	19,0	16,7	19,2
13	20,1	19,5	17,1	19,7
14	20,5	19,9	17,6	20,1
15	20,9	20,3	17,9	20,5
16	21,3	20,6	18,3	20,8
17	21,6	20,9	18,5	21,1
18	21,8	21,1	18,8	21,3
19	22,1	21,4	19,0	21,5
20	22,3	21,5	19,2	21,7
Área basal (m ² /ha)				
1	1,2	1,1	0,9	1,1
2	3,7	3,4	2,9	3,4
3	7,0	6,6	5,3	6,7
4	10,9	10,3	8,0	10,5
5	14,7	13,9	10,7	14,3
6	18,1	17,2	13,2	17,7
7	21,2	20,2	15,5	20,7
8	24,0	23,0	17,6	23,5
9	26,6	25,5	19,4	26,0
10	29,1	27,8	21,2	28,3
11	31,3	29,8	22,8	30,3

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
12	33,3	31,6	24,2	32,2
13	35,2	33,3	25,6	33,8
14	36,8	34,7	26,9	35,3
15	38,2	36,0	28,1	36,6
16	39,5	37,1	29,1	37,7
17	40,6	38,1	30,0	38,7
18	41,7	39,0	30,8	39,6
19	42,5	39,8	31,5	40,4
20	43,3	40,4	32,1	41,0
Volume de madeira (tronco, m ³ /ha)				
1	0,4	0,3	0,3	0,3
2	3,1	2,6	2,1	2,7
3	9,8	8,8	5,8	8,9
4	21,3	19,3	12,4	19,9
5	35,8	32,6	20,7	34,2
6	51,7	47,4	29,9	49,8
7	68,5	63,3	39,5	66,1
8	85,6	79,4	49,3	82,5
9	103,0	95,3	59,0	98,8
10	120,4	110,7	68,6	114,5
11	137,1	125,4	77,9	129,5
12	153,1	139,3	87,0	143,6
13	168,0	152,3	95,9	156,8
14	182,0	164,3	104,7	169,0
15	194,8	175,2	112,9	180,1
16	206,6	185,2	120,3	190,2
17	217,2	194,1	127,1	199,2
18	226,8	202,0	133,1	207,3
19	235,3	209,1	138,5	214,4
20	242,9	215,2	143,2	220,7
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
0-1	0,4	0,3	0,3	0,3
1-2	2,7	23,0	1,8	23,0
2-3	6,7	6,1	3,8	6,2
3-4	11,5	10,5	6,5	11,1
4-5	14,5	13,3	8,3	14,2
5-6	15,9	14,8	9,2	15,6
6-7	16,7	15,9	9,6	16,3
7-8	17,2	16,1	9,8	16,5
8-9	17,4	15,9	9,7	16,2

Modulador edáfico = 0,2				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
9-10	17,4	15,4	9,6	15,7
10-11	16,8	14,7	9,2	15,0
11-12	15,9	13,9	9,1	14,1
12-13	15,0	13,0	8,9	13,2
13-14	13,9	12,0	8,8	12,2
14-15	12,8	11,0	8,1	11,1
15-16	11,7	9,9	7,5	10,1
16-17	10,6	8,9	6,8	9,1
17-18	9,6	8,0	6,1	8,1
18-19	8,5	7,0	5,4	7,1
19-20	7,6	6,2	4,7	6,2
Incremento médio anual de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
1	0,3	0,3	0,2	0,3
2	1,4	1,2	0,9	1,2
3	3	2,7	1,8	2,7
4	5	4,5	2,9	4,7
5	6,8	6,2	3,9	6,5
6	8,3	7,6	4,8	8
7	9,4	8,7	5,4	9,1
8	10,4	9,6	6	10
9	11,1	10,3	6,4	10,7
10	11,7	10,8	6,7	11,2
11	12,2	11,1	6,9	11,5
12	12,5	11,4	7,1	11,7
13	12,7	11,5	7,2	11,8
14	12,8	11,5	7,3	11,9
15	12,8	11,5	7,4	11,8
16	12,7	11,4	7,4	11,7
17	12,6	11,3	7,4	11,5
18	12,4	11,1	7,3	11,4
19	12,2	10,9	7,2	11,1
20	12	10,6	7,1	10,9

Tabela 29: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Pinus nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,4.

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1	2,9	2,8	2,6	2,8
2	4,9	4,7	4,4	4,7
3	6,6	6,4	5,8	6,4
4	8,0	7,8	7,0	7,9
5	9,2	8,9	8,0	9,1
6	10,1	9,8	8,8	10,0
7	10,8	10,6	9,5	10,8
8	11,5	11,2	10,0	11,4
9	12,0	11,8	10,5	11,9
10	12,5	12,3	10,9	12,4
11	13,0	12,7	11,3	12,8
12	13,4	13,1	11,6	13,2
13	13,7	13,4	11,9	13,5
14	14,0	13,7	12,2	13,8
15	14,3	13,9	12,4	14,0
16	14,5	14,1	12,7	14,3
17	14,7	14,3	12,9	14,4
18	14,9	14,5	13,0	14,6
19	15,1	14,7	13,2	14,8
20	15,2	14,8	13,3	14,9
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1	4,4	4,2	3,9	4,2
2	7,7	7,4	6,8	7,4
3	10,5	10,2	9,1	10,3
4	13,1	12,7	11,3	12,9
5	15,1	14,7	13,0	15,0
6	16,7	16,3	14,5	16,6
7	18,1	17,7	15,6	17,9
8	19,3	18,8	16,6	19,1
9	20,3	19,8	17,5	20,1
10	21,2	20,7	18,3	20,9
11	22,0	21,5	18,9	21,7
12	22,7	22,1	19,5	22,3
13	23,3	22,7	20,0	22,9
14	23,9	23,2	20,5	23,4

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
15	24,4	23,7	21,0	23,9
16	24,8	24,1	21,4	24,3
17	25,2	24,4	21,7	24,6
18	25,5	24,7	22,1	25,0
19	25,8	25,0	22,3	25,2
20	26,1	25,3	22,6	25,5
Área basal (m ² /ha)				
1	1,7	1,5	1,4	1,5
2	5,2	4,8	4,0	4,8
3	9,7	9,1	7,3	9,3
4	14,9	14,0	11,2	14,5
5	19,9	18,8	14,9	19,5
6	24,4	23,2	18,2	24,0
7	28,6	27,2	21,3	28,1
8	32,3	30,9	24,1	31,8
9	35,9	34,3	26,7	35,2
10	39,1	37,4	29,1	38,3
11	42,1	40,2	31,3	41,0
12	44,9	42,7	33,2	43,6
13	47,4	45,0	35,0	45,9
14	49,7	47,1	36,7	47,9
15	51,8	48,9	38,3	49,8
16	53,6	50,6	39,8	51,5
17	55,3	52,1	41,2	53,0
18	56,8	53,4	42,4	54,3
19	58,1	54,6	43,5	55,5
20	59,3	55,7	44,5	56,6
Volume de madeira (tronco, m ³ /ha)				
1	0,8	0,7	0,5	0,7
2	5,7	5,0	3,7	5,0
3	17,2	15,3	10,4	15,9
4	37,0	33,1	22,1	35,1
5	61,6	55,6	36,7	59,4
6	88,3	80,5	52,6	85,7
7	116,3	107,0	69,4	113,1
8	145,0	134,1	86,5	140,8
9	174,0	161,0	103,5	168,3
10	203,0	187,3	120,3	195,1
11	231,6	212,7	136,6	221,0
12	259,1	236,9	152,1	245,7

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
13	285,2	259,9	167,0	269,0
14	309,9	281,4	181,6	290,8
15	333,0	301,4	195,8	311,2
16	354,5	319,9	209,7	329,9
17	374,3	336,9	222,6	347,1
18	392,5	352,4	234,4	362,8
19	409,1	366,4	245,2	377,0
20	424,1	378,9	254,9	389,7
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
0-1	0,7	0,6	0,5	0,6
1-2	5,0	4,3	3,1	4,3
2-3	11,5	10,3	6,8	11,0
3-4	19,8	17,8	11,6	19,2
4-5	24,6	22,5	14,6	24,2
5-6	26,8	24,9	16,0	26,3
6-7	28,0	26,5	16,7	27,4
7-8	28,7	27,1	17,1	27,7
8-9	29,0	26,9	17,1	27,5
9-10	29,0	26,3	16,8	26,8
10-11	28,6	25,4	16,3	25,9
11-12	27,5	24,3	15,5	24,7
12-13	26,1	22,9	14,9	23,3
13-14	24,7	21,5	14,6	21,9
14-15	23,1	20,0	14,3	20,3
15-16	21,5	18,5	13,9	18,8
16-17	19,8	17,0	12,9	17,2
17-18	18,2	15,5	11,8	15,7
18-19	16,6	14,0	10,8	14,2
19-20	15,0	12,6	9,7	12,7
Incremento médio anual de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
1	0,6	0,5	0,4	0,5
2	2,6	2,2	1,6	2,2
3	5,3	4,7	3,2	4,9
4	8,7	7,8	5,2	8,3
5	11,7	10,6	7,0	11,3
6	14,1	12,9	8,4	13,7
7	16,0	14,8	9,6	15,6
8	17,6	16,2	10,5	17,1
9	18,8	17,4	11,2	18,2
10	19,8	18,3	11,7	19,0

Modulador edáfico = 0,4				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
11	20,6	18,9	12,1	19,6
12	21,1	19,3	12,4	20,1
13	21,5	19,6	12,6	20,3
14	21,7	19,7	12,7	20,4
15	21,8	19,8	12,8	20,4
16	21,8	19,7	12,9	20,3
17	21,7	19,5	12,9	20,1
18	21,5	19,3	12,8	19,9
19	21,3	19,0	12,7	19,6
20	20,9	18,7	12,6	19,2

Tabela 30: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Pinus nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,6.

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1	3,3	3,2	3,0	3,2
2	5,5	5,3	4,8	5,3
3	7,3	7,1	6,4	7,2
4	8,9	8,7	7,8	8,8
5	10,2	9,9	8,9	10,1
6	11,2	10,9	9,8	11,1
7	12,0	11,8	10,5	11,9
8	12,7	12,5	11,2	12,6
9	13,3	13,1	11,7	13,2
10	13,9	13,6	12,2	13,8
11	14,4	14,1	12,6	14,2
12	14,8	14,5	13,0	14,6
13	15,2	14,9	13,3	15,0
14	15,5	15,2	13,6	15,3
15	15,9	15,5	13,8	15,6
16	16,1	15,7	14,1	15,8
17	16,4	15,9	14,3	16,1
18	16,6	16,1	14,5	16,3
19	16,8	16,3	14,7	16,4
20	17,0	16,5	14,9	16,6
Diâmetro a altura do peito (cm)				

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
1	5,0	4,8	4,5	4,8
2	8,7	8,4	7,6	8,4
3	11,9	11,5	10,3	11,6
4	14,7	14,2	12,7	14,5
5	16,9	16,4	14,6	16,8
6	18,7	18,2	16,2	18,6
7	20,2	19,7	17,5	20,1
8	21,5	21,0	18,7	21,3
9	22,6	22,2	19,6	22,4
10	23,6	23,1	20,5	23,4
11	24,5	24,0	21,2	24,2
12	25,3	24,7	21,9	25,0
13	26,0	25,4	22,5	25,6
14	26,7	26,0	23,1	26,2
15	27,2	26,5	23,5	26,8
16	27,8	27,0	24,0	27,2
17	28,2	27,4	24,4	27,6
18	28,6	27,8	24,8	28,0
19	29,0	28,1	25,1	28,3
20	29,3	28,4	25,4	28,6
Área basal (m ² /ha)				
1	2,2	2,0	1,8	2,0
2	6,7	6,2	5,0	6,2
3	12,3	11,5	9,2	11,8
4	18,8	17,7	14,1	18,3
5	25,0	23,6	18,7	24,5
6	30,5	29,0	23,0	30,1
7	35,6	34,0	26,8	35,1
8	40,3	38,6	30,4	39,7
9	44,7	42,8	33,6	43,9
10	48,7	46,7	36,6	47,7
11	52,5	50,2	39,4	51,2
12	56,0	53,4	41,9	54,4
13	59,2	56,3	44,2	57,4
14	62,1	59,0	46,4	60,0
15	64,8	61,4	48,3	62,5
16	67,2	63,6	50,2	64,7
17	69,4	65,6	52,0	66,7
18	71,4	67,4	53,6	68,5
19	73,2	69,0	55,1	70,1

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
20	74,9	70,5	56,4	71,5
Volume de madeira (tronco, m ³ /ha)				
1	1,2	1,1	0,9	1,1
2	8,9	7,8	5,4	7,8
3	26,2	23,2	15,7	24,3
4	55,6	49,8	33,3	52,9
5	91,8	83,1	55,2	88,7
6	131,1	119,7	79,1	127,4
7	172,1	158,7	104,2	167,6
8	214,2	198,5	129,7	208,3
9	256,8	238,2	155,3	248,7
10	299,5	277,1	180,7	288,5
11	342,0	315,0	205,5	327,0
12	383,0	351,4	229,5	364,0
13	422,3	386,2	252,3	399,3
14	459,7	419,1	274,1	432,7
15	495,0	450,1	295,0	464,1
16	528,2	479,0	315,4	493,5
17	559,3	505,9	335,3	520,8
18	588,1	530,8	354,4	546,0
19	614,8	553,6	372,0	569,1
20	639,3	574,5	388,2	590,2
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
0-1	1,2	1,1	0,8	1,0
1-2	7,7	6,7	4,6	6,7
2-3	17,3	15,5	10,2	16,5
3-4	29,4	26,6	17,6	28,7
4-5	36,2	33,3	21,9	35,8
5-6	39,3	36,6	23,9	38,7
6-7	41,0	39,0	25,1	40,2
7-8	42,1	39,8	25,6	40,7
8-9	42,6	39,7	25,6	40,5
9-10	42,8	39,0	25,4	39,7
10-11	42,4	37,9	24,9	38,5
11-12	41,0	36,4	23,9	37,0
12-13	39,3	34,8	22,8	35,3
13-14	37,4	32,9	21,8	33,4
14-15	35,4	31,0	20,9	31,4
15-16	33,2	29,0	20,4	29,4
16-17	31,0	26,9	20,0	27,3

Modulador edáfico = 0,6				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
17-18	28,9	24,9	19,0	25,2
18-19	26,7	22,8	17,6	23,1
19-20	24,5	20,9	16,2	21,1
Incremento médio anual de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
1	1,0	0,9	0,7	0,9
2	4,0	3,5	2,4	3,5
3	8,1	7,2	4,8	7,5
4	13,1	11,7	7,8	12,5
5	17,5	15,8	10,5	16,9
6	21,0	19,2	12,7	20,4
7	23,7	21,9	14,4	23,1
8	26,0	24,1	15,7	25,2
9	27,8	25,7	16,8	26,9
10	29,2	27,0	17,6	28,1
11	30,4	28,0	18,3	29,1
12	31,3	28,7	18,7	29,7
13	31,9	29,1	19,0	30,1
14	32,3	29,4	19,2	30,4
15	32,5	29,5	19,3	30,4
16	32,5	29,5	19,4	30,4
17	32,4	29,3	19,4	30,2
18	32,2	29,1	19,4	29,9
19	31,9	28,8	19,3	29,6
20	31,6	28,4	19,2	29,1

Tabela 31: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Pinus nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 0,8.

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1	3,6	3,5	3,3	3,5
2	6,0	5,8	5,3	5,8
3	8,0	7,7	7,0	7,8
4	9,7	9,4	8,5	9,6
5	11,1	10,8	9,7	11,0
6	12,1	11,9	10,7	12,0
7	13,0	12,8	11,4	12,9

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
8	13,8	13,5	12,1	13,7
9	14,5	14,2	12,7	14,4
10	15,1	14,8	13,2	14,9
11	15,6	15,3	13,7	15,4
12	16,1	15,7	14,1	15,9
13	16,5	16,1	14,5	16,3
14	16,9	16,5	14,8	16,6
15	17,3	16,8	15,1	16,9
16	18,0	17,1	15,3	17,3
17	18,6	17,6	15,6	17,9
18	19,2	18,1	15,8	18,4
19	19,8	18,6	16,0	18,9
20	20,3	19,1	16,2	19,4
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1	5,6	5,4	5,0	5,3
2	9,6	9,3	8,3	9,3
3	13,0	12,6	11,2	12,7
4	16,1	15,6	13,9	15,9
5	18,5	18,0	16,0	18,3
6	20,4	19,9	17,8	20,3
7	22,1	21,6	19,2	21,9
8	23,5	23,0	20,4	23,3
9	24,7	24,2	21,5	24,5
10	25,8	25,2	22,4	25,5
11	26,8	26,2	23,3	26,4
12	27,6	27,0	24,0	27,3
13	28,4	27,7	24,7	28,0
14	29,1	28,4	25,3	28,7
15	29,9	29,0	25,8	29,2
16	31,1	29,5	26,3	29,9
17	32,3	30,4	26,8	30,9
18	33,3	31,3	27,2	31,9
19	34,3	32,2	27,6	32,8
20	35,2	33,0	27,9	33,6
Área basal (m ² /ha)				
1	2,7	2,5	2,2	2,5
2	8,1	7,5	6,0	7,5
3	14,8	13,8	11,0	14,2
4	22,5	21,2	16,9	21,9
5	29,9	28,2	22,5	29,3

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
6	36,4	34,7	27,5	35,9
7	42,5	40,6	32,1	41,8
8	48,0	46,0	36,4	47,3
9	53,2	51,0	40,3	52,3
10	58,0	55,6	43,9	56,8
11	62,5	59,8	47,2	61,0
12	66,7	63,6	50,3	64,9
13	70,5	67,2	53,1	68,4
14	74,1	70,4	55,7	71,6
15	76,9	73,4	58,1	74,6
16	77,4	76,1	60,4	76,9
17	77,8	77,1	62,4	77,3
18	78,2	77,5	64,4	77,7
19	78,5	77,8	66,3	78,0
20	78,8	78,1	68,0	78,3
Volume de madeira (tronco, m ³ /ha)				
1	1,8	1,6	1,3	1,6
2	12,6	11,0	7,4	11,0
3	36,4	32,3	21,6	33,7
4	76,6	68,7	45,9	73,0
5	125,9	114,1	76,1	121,6
6	179,1	163,8	108,9	174,1
7	234,7	216,6	143,2	228,5
8	291,6	270,7	178,3	283,7
9	349,4	324,6	213,6	338,6
10	407,5	377,7	248,6	392,7
11	465,4	429,5	283,0	445,4
12	521,5	479,6	316,5	496,2
13	575,6	527,7	348,6	545,0
14	627,3	573,5	379,4	591,5
15	675,8	616,9	408,9	635,6
16	718,2	657,8	437,0	676,3
17	758,4	693,6	464,1	711,6
18	796,3	726,2	490,5	744,7
19	831,7	756,6	516,1	775,5
20	864,5	784,7	540,0	804,0
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
0-1	1,8	1,5	1,3	1,5
1-2	10,8	9,4	6,2	9,5
2-3	23,8	21,3	14,2	22,7

Modulador edáfico = 0,8				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
3-4	40,3	36,4	24,3	39,2
4-5	49,3	45,3	30,1	48,7
5-6	53,2	49,8	32,8	52,5
6-7	55,6	52,8	34,3	54,4
7-8	57,0	54,0	35,1	55,1
8-9	57,7	53,9	35,3	54,9
9-10	58,1	53,1	35,0	54,1
10-11	57,9	51,8	34,5	52,7
11-12	56,1	50,1	33,5	50,9
12-13	54,1	48,1	32,1	48,8
13-14	51,7	45,8	30,8	46,5
14-15	48,5	43,4	29,5	44,0
15-16	42,3	40,9	28,1	40,7
16-17	40,2	35,8	27,0	35,3
17-18	37,9	32,6	26,4	33,1
18-19	35,4	30,4	25,6	30,8
19-20	32,8	28,1	23,9	28,5
Incremento médio anual de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
1	1,4	1,3	1,0	1,2
2	5,6	4,9	3,3	4,9
3	11,2	9,9	6,6	10,4
4	18,0	16,2	10,8	17,2
5	24,0	21,7	14,5	23,2
6	28,7	26,2	17,4	27,9
7	32,4	29,9	19,8	31,5
8	35,3	32,8	21,6	34,4
9	37,8	35,1	23,1	36,6
10	39,8	36,8	24,3	38,3
11	41,4	38,2	25,2	39,6
12	42,6	39,2	25,8	40,5
13	43,4	39,8	26,3	41,1
14	44,0	40,2	26,6	41,5
15	44,3	40,5	26,8	41,7
16	44,2	40,5	26,9	41,6
17	44,0	40,2	26,9	41,3
18	43,6	39,8	26,9	40,8
19	43,2	39,3	26,8	40,3
20	42,7	38,8	26,7	39,7

Tabela 32: Resultados das simulações realizadas com o modelo 3-PG para um povoamento de Pinus nos Departamentos de Orinoquia, ao longo da rotação, considerando o modulador edáfico 1,0.

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
Altura (m)				
1	3,9	3,8	3,6	3,8
2	6,4	6,3	5,6	6,3
3	8,5	8,3	7,5	8,4
4	10,4	10,1	9,1	10,3
5	11,8	11,6	10,4	11,7
6	13,0	12,7	11,4	12,9
7	13,9	13,7	12,3	13,8
8	14,7	14,5	13,0	14,7
9	15,5	15,2	13,6	15,3
10	16,1	15,8	14,2	16,0
11	16,7	16,3	14,7	16,5
12	17,2	16,8	15,1	17,0
13	18,3	17,4	15,5	17,7
14	19,3	18,3	15,9	18,6
15	20,2	19,1	16,2	19,5
16	21,1	19,9	16,5	20,3
17	21,9	20,7	16,7	21,0
18	22,7	21,3	17,0	21,7
19	23,4	22,0	17,3	22,3
20	24,0	22,5	17,7	22,9
Diâmetro a altura do peito (cm)				
1	6,1	5,8	5,5	5,8
2	10,3	10,1	8,9	10,1
3	14,0	13,6	12,1	13,8
4	17,3	16,8	15,0	17,1
5	19,9	19,4	17,3	19,7
6	21,9	21,4	19,1	21,8
7	23,7	23,2	20,7	23,5
8	25,2	24,7	22,0	25,0
9	26,5	26,0	23,1	26,3
10	27,7	27,1	24,1	27,4
11	28,7	28,1	25,1	28,4
12	29,7	29,0	25,9	29,3
13	31,6	30,0	26,6	30,6

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
14	33,4	31,6	27,2	32,2
15	35,0	33,1	27,8	33,8
16	36,6	34,5	28,4	35,2
17	38,1	35,8	28,9	36,5
18	39,4	37,1	29,3	37,7
19	40,7	38,2	29,8	38,8
20	41,8	39,2	30,7	39,8
Área basal (m ² /ha)				
1	3,2	3,0	2,7	3,0
2	9,3	8,8	7,0	8,8
3	17,1	16,1	12,8	16,5
4	26,0	24,7	19,6	25,5
5	34,5	32,8	26,1	34,0
6	42,0	40,1	31,9	41,5
7	49,0	47,0	37,2	48,4
8	55,4	53,2	42,1	54,6
9	61,3	59,0	46,7	60,4
10	66,9	64,2	50,9	65,7
11	72,1	69,1	54,8	70,5
12	76,8	73,6	58,4	75,0
13	77,6	77,0	61,7	77,2
14	78,2	77,6	64,8	77,8
15	78,8	78,1	67,6	78,3
16	79,3	78,6	70,3	78,8
17	79,8	79,0	72,8	79,3
18	80,2	79,4	75,0	79,6
19	80,6	79,8	76,9	80,0
20	80,9	80,1	77,2	80,3
Volume de madeira (tronco, m ³ /ha)				
1	2,4	2,1	1,7	2,1
2	16,0	14,6	9,6	14,6
3	46,8	42,5	28,1	44,3
4	98,8	89,7	59,9	95,2
5	162,2	148,3	99,0	158,0
6	230,5	212,4	141,5	225,6
7	301,8	280,4	186,0	295,6
8	375,0	349,9	231,6	366,5
9	449,2	419,4	277,4	437,2
10	524,0	488,0	323,0	507,0
11	598,6	555,0	368,0	575,1

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
12	671,1	620,0	412,0	641,2
13	734,9	681,4	454,3	701,4
14	797,2	736,0	495,1	757,1
15	857,4	788,7	534,4	810,8
16	915,1	839,1	572,0	862,0
17	969,9	886,8	608,0	910,4
18	1021,6	931,6	642,2	955,9
19	1069,8	973,4	674,8	998,2
20	1114,5	1011,9	704,3	1037,2
Incremento periódico anual de volume de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
0-1	2,4	2,1	1,7	2,1
1-2	13,6	12,5	7,9	12,5
2-3	30,8	27,8	18,5	29,6
3-4	52,0	47,3	31,7	50,9
4-5	63,4	58,6	39,1	62,9
5-6	68,3	64,1	42,5	67,6
6-7	71,3	68,0	44,5	70,0
7-8	73,1	69,5	45,5	70,9
8-9	74,2	69,5	45,8	70,7
9-10	74,8	68,6	45,6	69,8
10-11	74,6	67,0	45,0	68,1
11-12	72,4	65,0	44,0	66,0
12-13	63,9	61,4	42,3	60,2
13-14	62,3	54,7	40,8	55,7
14-15	60,2	52,7	39,3	53,7
15-16	57,7	50,3	37,6	51,2
16-17	54,8	47,7	35,9	48,5
17-18	51,6	44,8	34,2	45,5
18-19	48,2	41,8	32,6	42,3
19-20	44,7	38,6	29,5	39,0
Incremento médio anual de madeira (tronco, m ³ /ha/ano)				
1	2,0	1,7	1,4	1,7
2	7,1	6,5	4,3	6,5
3	14,4	13,1	8,7	13,6
4	23,2	21,1	14,1	22,4
5	30,9	28,2	18,9	30,1
6	36,9	34,0	22,6	36,1
7	41,6	38,7	25,7	40,8
8	45,5	42,4	28,1	44,4
9	48,6	45,3	30,0	47,3

Modulador edáfico = 1,0				
Idade (ano)	Departamento			
	Casanare	Vichada	Arauca	Meta
10	51,1	47,6	31,5	49,5
11	53,2	49,3	32,7	51,1
12	54,8	50,6	33,6	52,3
13	55,5	51,4	34,3	52,9
14	55,9	51,7	34,7	53,1
15	56,2	51,7	35,0	53,2
16	56,3	51,6	35,2	53,0
17	56,2	51,4	35,2	52,8
18	56,0	51,0	35,2	52,4
19	55,6	50,6	35,1	51,9
20	55,0	50,0	34,8	51,2

Os indivíduos de *Pinus* são muito tolerantes à acidez e muito eficientes na absorção de nutrientes do solo, mesmo em condições de pouca disponibilidade de nutrientes no solo. Esta é provavelmente a explicação para as baixas respostas, ou mesmo a falta de respostas positivas da cultura do *Pinus* à adubação, amplamente observada.

Porém, em solos de regiões tropicais, a frequência de respostas positivas à adubação em culturas de *Pinus* tem aumentado em condições em que o solo já foi previamente cultivado por 3 a 4 rotações de culturas sem adição de fertilizantes durante esse período. Ainda assim, a fertilização para a cultura do *Pinus* não tem sido interessante do ponto de vista econômico, devido ao longo ciclo de crescimento da cultura do *Pinus* (14 a 20 anos, em geral).

Nesse sentido, muito recentemente foram iniciados testes para avaliar a viabilidade econômica da adubação em meia rotação, ou seja, a adubação é aplicada por volta dos 7 a 9 anos de idade da cultura, mas, até o momento, não existe uma massa crítica de resultados que nos permitem recomendar de forma geral a adubação das culturas de *Pinus*.

Apesar de terem sido identificados plantios e alguns locais da Orinoquia, para solos sem histórico de utilização desta cultura, recomenda-se a adição de inóculo de fungos micorrízicos. Essa necessidade se deve ao fato da micorrização ser obrigatória para o bom crescimento da cultura do *Pinus*.

5.4. Espécies florestais potencial para Orinoquia

5.4.1. *Eucalyptus* spp.

Um das principais formas de se verificar as condições de adaptação de um material genético selecionado em uma região, para plantio em uma região distinta é a comparação de dados climáticos e de solos (Flores, et al., 2016).

Ao comparar um mapa climático, considerando-se as condições climáticas da Colômbia e do Brasil (precipitação, temperatura, evapotranspiração, luz solar), pode-se observar que existem algumas regiões do Brasil que tem condições de clima razoavelmente parecidas ao clima da Orinoquia, como o noroeste do Maranhão, Sudeste do Pará, o centro-oeste de Minas Gerais e o centro-sul do Rio Grande do Sul. Essa semelhança foi utilizada como um indicador de que materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. desenvolvidos nessas regiões tem condições de adaptação na região da Orinoquia Colombiana

Para a inserção de clones de *Eucalyptus* sp. e *Corymbia* sp. selecionados no Brasil, foram correlacionadas três áreas: Barra do Ribeiro (Rio Grande do Sul), Curvelo (Minas Gerais) e Dom Eliseu (Pará). A escolha dessas áreas é a divergência entre elas quanto a latitude, influenciando diretamente no clima local; e ao mesmo tempo a semelhança existente com algumas áreas indicadas para plantio florestal na Orinoquia Colombiana.

A cidade de Barra do Ribeiro está localizada ao leste do estado do Rio Grande do Sul (30° 20' 41.4" S e 51° 27' 05.0" W), sendo sua altitude de 12 metros (Cabel et. al., 2014). Possui em seus limites a formação de áreas de formações pioneiras de influência fluvial e a região da floresta estacional semidecidual (Bergamin; Mondin, 2006).

Segundo Koeppen, o tipo climático da região é Cfa1, chuvas distribuídas por todo o ano, cuja temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a temperatura média anual inferior a 18°C. A precipitação anual está na faixa compreendida entre 1250 e 1500 mm (Bergamin; Mondin et. al., 2006.)

Curvelo, localizado na região central do Estado de Minas Gerais (18° 45' S e 45° 25' W, apresenta altitude média de 715 m, sendo que a vegetação predominante é típica do bioma Cerrado (Otoni et. al., 2013). O solo é predominantemente raso, pobre em nutrientes e com alta concentração de alumínio (Guimarães; Mattoso, 2016).

O clima da região é do tipo Aw (clima tropical com inverno seco), segundo a classificação de Köppen, identificado como clima tropical de savana (Otoni et. a., 2013), com temperaturas médias em torno de 28° C. Possui uma sazonalidade nos índices pluviométricos, onde apresenta três meses do ano secos (junho, julho e agosto). Os meses de maior precipitação

são de outubro a março, ocorrendo cerca de 88% da precipitação anual total e índice pluviométrico em torno de 1.200 mm/ano (Guimarães; Mattoso, 2016).

Já Dom Eliseu, está localizado na região Norte do País, sudeste Paraense (04° 29' 08,02" S e 47° 40' 42,03" W). A tipologia florestal predominante é classificada como Floresta Ombrófila Densa de terra firme, da sub-região dos altos platôs do Pará-Maranhão (Machado, 2021), normalmente composta por árvores altas e relacionada a um clima quente e úmido (Sivieiro et al., 2020), inserido totalmente no bioma Amazônico.

O clima da região segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw (clima tropical chuvoso, com período de estiagem) (Nahum et.al., 2020). Com temperatura média anual de 25°C e as médias das mínimas diárias, em cerca de 20°C. O índice pluviométrico fica, normalmente, entre 2.250 mm e 2.500 mm ao ano. Apresenta variação em seus níveis altimétricos, cuja cota mínima está próxima de 76 metros, situada na porção noroeste do município, e a máxima em torno de 330 m, localizada ao sul (Machado, 2021). O relevo apresenta-se, relativamente elevado e aplainado (Nahum et.al., 2020).

Na Orinoquia Colombiana foi observado, de modo geral um cenário de savana em seu mais extremo leste, região de Vichada, onde os solos são rasos, as temperaturas são altas e apresenta áreas de encharcamento durante parte do ano, apesar do eco-seco (com total ausência de precipitação e alta temperatura) durante o verão, situação oposta ao que vemos no Brasil, quando o período mais quente, verão, coincide com a época das chuvas. Já a região oeste, é caracterizada pela proximidade com a Cordilheira dos Andes, apresentando temperaturas mais amenas e clima mais úmido (Biocarbono Orinoquia, 2023).

O *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake, 1977) é uma espécie que ocorre naturalmente até 3.000 m de altitude, cobrindo uma faixa latitudinal entre seis e dez graus de latitude sul (Martin; Cossalter, 1975). Suas exigências climáticas são temperatura média de 22°C e precipitação entre 1.000 a 2.000 mm (Flores et al., 2016).

Os clones recomendados dessa espécie são: GG 1923, GG 1980 e GG 2673, sob o número de registro 30945, 30944 e 26867, respectivamente (RNC/MAPA, 2023). Estes clones são resultado do programa interno de melhoramento da empresa Gerdau Florestal, selecionados para a região norte de Minas Gerais, em Três Marias. Esses genótipos estão sob proteção definitiva, um dos seus ganhos competitivos é o bom desempenho mesmo em escassez de água, estratégia de seleção utilizada pela empresa (Silva, 2020).

O clone GG 1923 apresenta um incremento médio anual em volume de 40 m³/ha/ano, e uma densidade de 573 kg/m³. Sua remoção de carbono da atmosfera é de aproximadamente 96 toneladas de carbono/ha/ano, o incremento médio anual em celulose é de 12,5 ton/ha/ano,

para a produção de carvão vegetal é de 59 ton/ha (Arbogen). Num estudo de Teixeira (2018), o clone GG1923 obteve resultado de 604 kg/m³ para densidade básica e 511 m³/ha para volume médio do genótipo.

O clone GG 1980 apresenta um incremento médio anual em volume de 40 m³/ha/ano, e uma densidade de 569 kg/m³. Sua remoção de carbono da atmosfera é de aproximadamente 96 toneladas de carbono/ha/ano, o incremento médio anual em celulose é de 11,4 ton/ha/ano e para a produção de carvão vegetal é de 55,7 ton/ha (Arbogen). O cultivar GG1923 obteve, em outro trabalho, densidade básica aproximada de 602 kg/m³ e volume médio do genótipo em 345 m³/ha (Teixeira, 2018).

O clone GG 2673 apresenta um incremento médio anual em volume de 40 m³/ha/ano, e uma densidade de 549 kg/m³. Sua remoção de carbono da atmosfera é de aproximadamente 96 toneladas de carbono/ha/ano, o incremento médio anual em celulose é de 11,8 ton/ha/ano e para a produção de carvão vegetal é de 53,8 ton/ha (Arbogen). Dentre os clones citados desenvolvidos pela Gerdau, o GG 2673 foi o que registrou menor valor de densidade básica, com 584 kg/m³ e com volume médio do genótipo de 499 m³/ha (Teixeira, 2018).

Um diferencial do clone GG 2673 em relação aos outros desenvolvidos pela Gerdau é a alta resistência a *Erwnia psidii* (Arbogen), causadora da seca do ponteiro em *Eucalyptus* no Brasil (Arriel, 2012), e *Ralstonia solanacearum*, causadora da murcha bacteriana em viveiros (Alfenas, 2006). No entanto, todos os três são susceptíveis a murcha-de-Ceratocystis (Arbogen), causada pelo fungo *Ceratocystis fimbriata* (Santiago, 2022).

Visando a aceleração dos programas de melhoramento, a técnica de hibridação tem se mostrando o método mais eficiente para tal (Assis et al., 2005). Combinado a clonagem, é considerado um dos principais propulsores da produtividade florestal no Brasil (Assis, 2014). A utilização dessa técnica, favorece a produção de indivíduos com carga genética que levam a características desejáveis (Silva, 2020).

O híbrido de *E. urograndis* é um dos mais plantados no Brasil, combinando a tolerância à seca e ao cancro inerente do *E. urophylla* e a alta produtividade do *E. grandis* (Valeri, 2016). Os primeiros foram formados de forma espontânea, pela proximidade de áreas experimentais (Campinhos Junior, 1983). Sua utilização é amplamente distribuída no Brasil, pois são adaptados a diversas situações edafoclimáticas, incluindo a região ao norte, no Maranhão (Santos, 2021).

Dos clones do híbrido de *E. urograndis* plantados no Brasil, tem-se como recomendação principal o clone AEC 0144 mantido pela empresa Aperam Bioenergia LTDA, sob número de registro 21874 desde 2007 (RNC/MAPA, 2023). Esse clone apresenta alta

plasticidade e adaptação (GOMES, et al., 2019), inclusive foi encontrado em estágio produtivo em dois viveiros da Orinoquia (Figura 43). Também foram observados alguns plantios de testes clonais iniciais em bom desenvolvimento, nos estados de Vichada e Casanare.

Figura 41: Etapas de produção do clone AEC 0144 em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

O clone AEC 0144 apresenta densidade básica da madeira de 515 kg/m^3 (Paludzyszyn Filho; Santos, 2013), e chega a um incremento médio anual (IMA) de $50 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$, a depender da qualidade da muda, época de plantio, teor de cálcio, adubações e textura do solo (Flores, 2016). A sua retirada de carbono da atmosfera é de aproximadamente 120 toneladas de carbono/ha/ano.

Seu cultivo é recomendado em solo argilosos e arenosos, com percentuais de argila acima de 10% (Flores, 2016). São considerados resistentes a ferrugem do eucalipto, permitindo o desenvolvimento em sítios de alta umidade e média tolerância ao psilídeo-de-concha (Paludzyszyn Filho; Santos, 2013).

De acordo com a avaliação textural feita *in loco* dos solos em uma das empresas atuantes em Vichada, foi observado que o melhor sítio apresenta um latossolo amarelo com aproximadamente 25% de argila, e de baixa compactação (Figura 44). A empresa informou que esse tipo de solo é observado em 20% da área total da empresa.

Figura 42: Avaliação de solos em Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Autora.

Em um estudo comparativo de Flores (2016) do crescimento de clones de *Eucalyptus* sp. submetidos a diferentes restrições hídricas e tipos de solo na cidade de Itatinga, São Paulo, o clone AEC 0144 destacou ao longo de todo o experimento, demonstrando superioridade aos

demais clones testados, e não houve diferença significativa em seu crescimento quanto o tipo de solo. Além disso, o AEC 0144 possui eficiência na utilização dos nutrientes, exercendo menor pressão de absorção sobre os nutrientes presentes no solo, conservando-os no sítio florestal (Pinto, 2011).

Segundo estudo de Vera et. al (2018), o clone AEC 0144 foi considerado um material com maior potencial produtivo para uso múltiplo: produção de celulose, carvão, chapa de fibra, aglomerados, energia e madeira serrada para fabricação de móveis. Seu rendimento gravimétrico em carvão vegetal é de aproximadamente 32%, seu teor de carbono fixo 80% e poder calorífico observado em 7623 Kcal/kg; aliado a uma densidade básica da madeira alta, é um dos clones mais indicados para produção de bioenergia (Neves, 2011).

O clone AEC 0042 também é um híbrido potencial, adaptado a região de Minas Gérias, mantido pela Aperam Bioenergia LTDA, sob número de registro 21868 desde 2007 (RNC/MAPA, 2023). O clone AEC 0042 possui características similares ao AEC 0144, ambos inclusive desenvolvidos pela mesma empresa, Acesita (PINTO, 2011), aplicando a mesma estratégia de seleção.

Em análise, Neto (2017) encontrou uma densidade de 434 kg/m³ para o clone AEC 0042 aos 24 meses de plantio. Segundo a empresa o cultivar produz em média 35 m³/ha/ano e a sua retirada de carbono da atmosfera é de aproximadamente 84 toneladas de carbono/ha/ano.

Quando comparado com demais clones, os híbridos de *E. urograndis* AEC 0144 e AEC 0042 se mostram eficientes quanto ao uso da água, resultando em boas respostas do desenvolvimento: DAP, altura total, área de copa, diâmetro estomático (Flores, 2016).

No entanto, o clone AEC 0042 apresenta baixa eficiência nutricional para macronutrientes, sendo um material genético que necessita maior investimento em fertilizantes para boa produtividade (Pinto, 2011). Além disso, o AEC 0042 é considerado tolerante ao psilídeo-de-concha (Camargo et al., 2014).

O cultivar 2475 (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus pellita* F. Muell.), protegido junto ao MAPA, é mantido pela Aperam Bioenergia Ltda (SNPC/MAPA, 2023), um outro híbrido entre espécies que mantem as qualidades do *E. urophylla*, utilizando a espécie como matriz, e adiciona a carga genética do *E. pellita*.

O *E. pellita* espécie apresenta bom crescimento, resistência a pragas, boa adaptabilidade a condições ambientais e permite um uso múltiplo da madeira (Clarke et al., 2009). Na colômbia, é uma das espécies mais adaptadas à floresta tropical, condição da região nordeste do Orinoco (Giraldo et al., 2014). No entanto, as plantações com esta espécie têm

apresentado baixa produtividade principalmente devido à falta de conhecimento sobre as necessidades nutricionais das espécies (Amezquita, 2018).

O clone 2475 apresenta, segundo dados obtidos com a empresa mantenedora, um incremento médio anual de 37m³/ha/ano, uma retirada de carbono da atmosfera de aproximadamente 88 ton/ha/ano, a sua densidade básica é da ordem de 560 Kg/m³.

Outro clone, obtido a partir de uma matriz de *E. urophylla* é o MS16 Acarajé (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh), protegido junto ao MAPA e mantido pela Metal Sider LTDA (SNPC/MAPA, 2023). O *E. camaldulensis* em condições de campo do cerrado de Minas Gerais, apresentaram um sistema radicular mais profundo, quando comparado a outras espécies (Gomes, 1994; Lelles, 1995). Além dessa adaptação, sob estresse hídrico é observado uma redução da área foliar, que favorece a tolerância à seca (Reis; Hall, 1987).

O *E. camaldulensis* apresenta características de adaptação para regiões de altas temperaturas e de déficit hídrico. É considerada uma espécie rústica e bem adaptada à região noroeste do estado de Minas Gerais, e junto do *E. urophylla*, associa fenótipos favoráveis para a produção de carvão, atrelado a boa produtividade (PEREIRA et al., 2002).

Testes realizados com o híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis* verificaram densidade de 490 kg/m³ obtiveram (Bersch et al., 2018). Já Quinhones (2011) obteve, em média, densidade de 560 kg/m³ para o híbrido.

O cultivar MS16 acarajé, com base na avaliação de áreas plantadas em Curvelo, São Gonçalo do Abaeté e Três Marias, todas cidades de Minas Gerais, apresenta uma densidade básica de 562 Kg/m³ e IMA médio de 43m³/ha/ano, segundo relatório técnico da empresa apresentado ao MAPA. Também foi descrito pela empresa a tolerância ao ataque das pragas percevejo-bronzeado e psilídeo-de-concha (SNPC/MAPA, 2023).

Os clones SUZMA2019 e SUZMA2025, desenvolvidos pela Suzano para áreas da empresa no Maranhão, estão registradas no MAPA com o código 27415 e 27409, respectivamente (RNC/MAPA, 2023). Ambos os cultivares estão protegidos no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares do MAPA, sendo necessário permissão do responsável para produção e comercialização das mudas.

O clone SUZMA2019 é o resultado da hibridação do *Eucalyptus brassiana* com *Eucalyptus grandis*. Já o clone SUZMA2025 é formado pelo *Eucalyptus brassiana* com *Eucalyptus urophylla* (RNC/MAPA, 2023). O *E. brassiana* é uma espécie que ocorre desde o nível do mar até cerca de 1.100 m de altitude, cobrindo uma faixa latitudinal entre 7°S e 18°S. Ocorre em ambiente tropical, com alta aptidão climática na região centro oeste e norte do Brasil,

abrangendo o estado do Maranhão. Suas exigências climáticas são temperatura média de 24°C e precipitação entre 1.000 a 3.000 mm (Flores et al., 2016).

Segundo Silva (2020), cruzamentos que envolveram *E. brassiana* mostraram bons resultados de crescimento em regiões de déficit hídrico, mostrando a adaptação dos híbridos em regiões secas. É encontrado também em várzeas inundáveis e em depressões, em Papua-Nova Guiné, o *E. brassiana* cresce as margens de pântanos (MOURA, 2003). Essa condição plástica de adaptação é uma característica importante de crescimento para regiões que tem o clima bimodal, como o leste da Orinoquia, com alta precipitação em uma época do ano (acima de 1.800 mm), e posteriormente apresentam um período seco de cerca de 4 meses

Segundo dados obtidos com a empresa mantenedora, o cultivar SUZMA2019 e SUZMA2025 apresentam, considerando um espaçamento de 3x3, um incremento médio anual de 32 m³/ha/ano. Utilizando o índice colombiano, sua retirada de carbono da atmosfera é de aproximadamente 76 toneladas de carbono/ha/ano.

Além da hibridação entre duas espécies de *Eucalyptus*, é possível combinar três ou mais espécies, conduzindo os caracteres de interesse para o clone resultante. Isso é possível porque os híbridos de *Eucalyptus* são férteis (Nikles, 1992). Assim, quanto maior o número de espécies ou híbridos envolvidos nos cruzamentos, maior será a capacidade adaptativa e estabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, visto que as cargas genéticas são somadas (Santos et al., 2013).

Nesse sentido, é recomendado o clone AEC 2034, um cultivar de eucalipto formado pelas espécies ((*Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) x *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake)). Suas características adaptativas é a combinação das espécies do cruzamento. Em uma avaliação conduzida pelo Grupo Temático de Ferroligas da SIF (2021), o clone AEC 2034 amostrado na cidade de Itamarandiba, Minas Gerais, num espaçamento convencional 3x3 metros, obteve como estimativa densidade básica de 530 Kg/m³, uma IMA de 44,4 m³/ha/ano, rendimento de carvão vegetal de 34,17%. No estudo de Moretti (2023) um híbrido formado por essas três espécies atingiu densidade superior a 500 Kg/m³ após os seis anos de plantio.

Considerando espécies puras, temos a espécie de *E. Saligna*, que junto do *E. grandis*, *E. urophylla* e seus híbridos, são a base da cultura florestal para a indústria de celulose que utiliza fibra curta (Carvalho; Nahuz, 2004) No Brasil, a sua zona de adaptação se concentra abaixo do trópico de capricórnio (Flores et al., 2016). Em função do sucesso alcançado com a espécie no Estado de São Paulo, ela é recomendada para todas as regiões do Brasil, com

restrições em locais onde ocorram geadas ou deficiências nutricionais (Ipef, 2014 apud Speltz, 2015).

Para essa espécie é apresentado o clone ARA 32864, sob o número do registro 21308 no sistema do MAPA (RNC/MAPA, 2023). Sua produtividade é da ordem de 41 m³/ha/ano, a sua retirada de carbono da atmosfera é de aproximadamente 98 toneladas de carbono/ha/ano.

Uma espécie de *Eucalyptus* potencial para áreas alagadas é o *Eucalyptus kirtoniana*. Mencionado pela primeira vez em 1879 no documento “Eucalyptographia” como *Eucalyptus resinifera* (Santos *et al.*, 2013). Atualmente é reconhecido como um híbrido natural entre *E. robusta* x *E. tereticornis* (Garbayel *et al.*, 1988). A hibridação natural ocorre entre espécies simpátricas ou que apresentam regiões de introgressão na área de ocorrência natural. (Pires *et al.*, 2011). Dando a inferir que a ocorrência do *E. kirtoniana* esteja associada às áreas de ocorrência do *E. robusta* e *E. tereticornis*.

Em um estudo de adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao estado do Rio Grande do Sul, Santos *et al.*, 2013 destaca que híbridos contendo o *E. kirtoniana* não são utilizados convencionalmente no Brasil. Sua introdução em programas de melhoramento pode ser uma estratégia para adicionar alelos com a característica de tolerância a solos alagados. Um híbrido entre as espécies (*E. grandis* x *E. kirtoniana*) x (*E. robusta* e *E. tereticornis*) se destacou para além da resistência a solos alagados pela tolerância a ocorrência de geadas severas.

Existem clones em desenvolvimento no Brasil, exemplares que podem ser testados para produção em áreas alagadas, aplicando técnicas de manejo adequadas como levantamento de camalhões e drenagem. Exemplos são os clones 38934, 39325 e 39546, da empresa CMPC no Brasil. Segunda a empresa, sua produção está em torno de 38 m³/ha/ano. A sua retirada de carbono da atmosfera é de aproximadamente 91 toneladas de carbono/ha/ano.

5.4.2. *Corymbia* sp.

O gênero *Corymbia*, devido as suas similaridades, foram classificados até o ano de 1995 dentro do gênero *Eucalyptus* (Reis, et al., 2013). Atualmente, o gênero *Corymbia* é visto como uma matéria prima alternativa aos empreendimentos florestais, podendo ser utilizado para a produção de carvão, celulose, chapas, madeira serrada, energia de biomassa, postes e mourões. (Assis, 2015).

Sua utilização no Brasil tem se efetivado visto a alta adaptação às diferentes regiões edafoclimáticas, relativo incremento volumétrico de madeira, boa forma e capacidade de brotação (Boland et al., 2006). A espécie é recomendada para reflorestamento em quase todo o

Brasil central, além de norte do Paraná e litoral Nordeste (Golfari et al., 1978 apud Reis et al., 2014).

A maioria das espécies, assim como seus híbridos, apresenta densidade da madeira acima de 600 kg/m³ aos sete anos de idade (ASSIS, 2015). Além de apresentar tolerância a estresses bióticos e abióticos, como ventos, déficit hídrico, geadas (LEE et al., 2005; LEE, 2007) e seca de ponteiros do Vale do Rio Doce (ASSIS, 2015).

Segundo Filho et al. (2014) existe uma concordância, por parte do setor de florestas plantadas, sobre o potencial das combinações híbridas entre espécies do gênero *Corymbia*. Esses híbridos têm apresentado forte heterose (vigor híbrido), para características de crescimento. Quando associado ao *C. torelliana*, aumentam as chances de clonagem em nível operacional (LEE et al., 2005; LEE, 2007), característica, normalmente, repassada aos seus híbridos interespecíficos (FILHO et al., 2014).

A utilização do *C. torelliana* como matriz está associado as vantagens de enraizamento, isto ocorre porque existe efeito materno para esta característica (Assis, 2000). Assis (2012), ao comparar a média entre as taxas de enraizamento, obteve 41,61% para *C. torelliana* x *C. citriodora* e 21,2% para *C. citriodora* x *C. torelliana*, o dobro do enraizamento médio do cruzamento recíproco.

Num estudo comparativo entre espécies de *Eucalyptus* e seus híbridos e um clone de *C. citriodora* x *C. torelliana*, o *Corymbia* se destacou apresentando maiores valores de densidade básica da madeira, teor de extrativos totais e massa de carvão vegetal. Além de ser o único cultivar que atingiu uma densidade superior a 500 kg/m³ aos cinco anos de idade (Moretti, 2023). Nesse sentido, para a recomendação de clones, foram selecionados híbridos de *Corymbia*. Assis (2012) analisou a madeira, obtendo para *C. torelliana* x *C. citriodora* um IMA de 38,87 m³/ha/ano, densidade básica de 643 kg/m³ e matéria seca 25 ton/ha/ano. Para o cruzamento de *C. citriodora* x *C. torelliana* um IMA de 43,67 m³/ha/ano, densidade básica de 622 kg/m³ e matéria seca 27 ton/ha/ano.

O cultivar AEC 0043 e AEC 0007 são híbridos *Corymbia*, mantidos pela APERAM BIOENERGIA LTDA., sob registro número 28579 e 28577, respectivamente (RNC/MAPA, 2023). Avaliados aos 45 meses de plantio, o cultivar AEC 0043 obteve densidade máxima de 620 kg/m³, aproximadamente 7% de extrativos, 26% de lignina e 67% de holocelulose. Já o cultivar AEC 0007, obteve densidade máxima de 597 kg/m³, aproximadamente 9% de extrativos, 27% de lignina e 64% de holocelulose (COSTA, 2017).

O clone SI 0520 foi desenvolvido e está protegido sob a responsabilidade da empresa Sinobrás Florestal, seu registro é 48378 (RNC/MAPA, 2023). Sua recomendação é para

plantios florestais visando a produção de carvão vegetal para a indústria siderúrgica, e sua seleção foi embasada em volume e densidade básica, além de tolerância a pragas que ocorrem em Tocantins, Brasil (SNPC/MAPA, 2023). Segundo dados da empresa, a densidade média aos seis anos é de 550 kg/m³.

O clone K33 desenvolvido pelo Muriel Pereira e proteção sob a responsabilidade do Carlos Roberto Bragatto, seu registro é 28995 (RNC/MAPA, 2023). Segundo dados da empresa, a densidade média aos seis anos é de 562 kg/m³.

5.4.3. *Pinus* spp.

Para a região da Orinoquia, de acordo com suas características climáticas e edáficas, as espécies mais adequadas de *Pinus* para utilização comercial são: *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus maximinoi*, *Pinus oocarpa* e o híbrido de *P. elliotti* x var *hondurensis* (específico para a produção de produtos à base de resina).

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma espécie de árvore conífera nativa da América Central, principalmente de Honduras. Em todas as regiões onde este material foi testado ele foi superior a outras variedades desta mesma espécie (*P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *bahamensis*). Assim, entre as três variedades existentes desta espécie, a que tem maior chance de adaptação à região da Orinoquia é a variedade *hondurensis*.

A madeira desta espécie é valorizada em diversas atividades industriais devido à sua maleabilidade, resistência e durabilidade. É usado em uma ampla variedade de aplicações, incluindo construção, móveis, madeira serrada, paletes e produção de celulose. Esta espécie também é conhecida por seu rápido crescimento, tornando-se uma escolha popular para reflorestamento e plantações comerciais em diversas regiões da América Latina, como Brasil e Venezuela, por exemplo.

Já o *Pinus maximinoi* é uma espécie de pinheiro utilizada recentemente em regiões que apresentam um período seco acentuado e que apresentam um clima sazonal bem definido, similar ao que é observado na região da Orinoquia, que apresenta um período seco prolongado (aproximadamente 4 meses do ano),

A madeira de *Pinus maximinoi* é valorizada na indústria pela sua qualidade e durabilidade, além de seu uso múltiplo. Possui seu rápido crescimento e se adapta a uma variedade de condições de solo e clima, o que a torna adequada para uma ampla variedade de ambientes, como as áreas de alta pluviosidade da Orinoquia. Para sua implantação, deve-se observar a altitude de adaptação da progênie.

O *Pinus oocarpa* é uma espécie nativa da América Central e amplamente distribuída na região. A madeira desta espécie é geralmente de cor clara, variando do amarelo claro ao marrom avermelhado. Sua textura é uniforme e de granulação reta, o que o torna adequado para processamento e acabamento.

Embora não seja naturalmente tolerante à insetos, a madeira de *Pinus oocarpa* pode ser tratada com produtos químicos para melhorar sua durabilidade e tolerância. Seu uso é principalmente construção civil e serraria, visto suas características de boa resistência à tração e à compressão.

O resultado do cruzamento entre *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é um híbrido que combina características de ambas as espécies parentais. Entre as principais, estão a alta produção de resina, a maleabilidade e trabalhabilidade de suas fibras para a construção civil e indústria moveleira, respectivamente. Este híbrido foi amplamente plantado no norte da Argentina e sudeste do Brasil.

A produtividade de campo da madeira e da resina deste material genético tem sido consistentemente maior em comparação com a produtividade das duas espécies parentais separadas. A exploração da resina, é uma atividade que tende a ser desenvolvida por pequenos e médios produtores rurais. Essa atividade gera e distribui riquezas na região e emprega uma quantidade significativa de trabalho local.

Em geral, todas as espécies mencionadas têm a possibilidade de crescer cerca de 30 m³/ha/ano numa rotação de 14 anos. A capacidade dessas espécies de remover carbono da atmosfera pode ser da ordem de 72 ton/ha/ano. Porém, é necessário testar todas essas espécies (e procedências) em campo em plantios operacionais ou semi-operacionais, para verificar qual delas se adapta melhor ao clima e aos solos da Orinoquia. As regiões Meta e Casanare tendem a ser os departamentos da Orinoquia onde os diferentes materiais genéticos de *Pinus* podem se desenvolver melhor.

5.4.4. Bambu

O crescimento bem-sucedido da floresta de bambu depende das condições edafoclimáticas e das práticas de manejo humano, que incluem fertilização e preparo do solo (Zhou et al., 2012; Li et al., 2020). Com exceção de regiões de clima muito frio, onde os bambus não prosperam.

Os bambus são considerados substitutos viáveis para a madeira, devido ao seu rápido crescimento (média de 30 a 35 m³/ha/ano), bom rendimento de matéria seca por hectare, capacidade de suportar múltiplas colheitas sem replantio por até 200 anos, capacidade de

sequestro de carbono e baixa emissão de CO² (Fang et al. 2018; Huang et al. 2018; Lu et al. 2018). Estudos indicam que o sequestro anual de carbono em florestas de bambu sob manejo intensivo pode ser 1,56 vezes maior do que em florestas sob manejo extensivo (Zhou et al., 2011).

Em relação ao uso comercial, os bambus desempenham um papel significativo em várias esferas econômicas, ecológicas e culturais em todo o mundo. Desde a década de 1980, especialmente na China, houve um aumento notável em sua utilização em diversas indústrias, incluindo alimentícia, celulose e papel, engenharia, química e produtos à base de bambu laminado colado (CNBRC, 2001).

Possui densidade básica superior à do Eucalipto e do Pinus e apresenta boas propriedades mecânicas. Além disso, o bambu é rico em celulose, com menor teor de lignina e alto teor de holocelulose (Chin et al., 2020). Também é uma fonte promissora de celulose nanoestruturada para diversas aplicações industriais (Junior et al., 2019; Perremans et al. 2018).

O bambu é uma planta conhecida por sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo, inclusive solos encharcados. Isto se deve em parte à estrutura interna das varas de bambu, que são ocas e permitem a entrada e saída de ar mesmo em condições de alta umidade do solo. Essa espécie apresenta bom desempenho em solos mais rasos e de baixa fertilidade, sendo uma alternativa para a região de várzea, conforme foi observado na região da Orinoquia de modo geral.

As espécies de bambu que crescem em solos inundados desenvolvem sistemas radiculares adaptados a estas condições. Possuem raízes especializadas, como as adventícias, que emergem do colmo e crescem em direção à superfície para obter oxigênio. Essas raízes ajudam a melhorar a respiração das plantas e a lidar com a falta de oxigênio em solos encharcados.

É importante ressaltar que o cultivo do bambu em solos alagados requer a seleção de espécies adequadas que se adaptem a essas condições. Além disso, práticas de manejo adequadas, como controle do nível de água e fornecimento adequado de nutrientes, podem ser necessárias para otimizar o crescimento e a produtividade do bambu nessas áreas. Pode até ser necessária a utilização de camalhões e canais de drenagem para áreas excessivamente encharcadas.

Existem várias espécies de bambu que são conhecidas pela sua adaptação a solos alagados. As principais espécies de bambu para esta finalidade são *Bambusa vulgaris*, uma espécie de rápido crescimento e ampla distribuição geográfica; *Dendrocalamus asper*, também conhecido como bambu gigante, é uma espécie nativa do Sudeste Asiático e amplamente

cultivada em diversas regiões do mundo devido às suas características desejáveis, e; *Dendrocalamus strictus* com grande potencial para produção de fibras, já que não é oco, sua adaptação para solos alagados se dá pela capacidade das raízes resistirem a condições anaeróbicas. Além disso, é considerada tolerante ao frio.

A Colômbia possui alguns bambus nativos da região que vão apresentar alto grau de adaptação. A espécie *Guadua angustifolia* é nativa das florestas tropicais da região andina da Colômbia, apresenta boa capacidade de crescimento em solos propensos a inundações. A nível de gênero temos o *Chusquea*, encontradas principalmente em áreas de florestas úmidas e nubladas nas regiões andina e paramo; *Arthrostyidium* caracterizados pelo seu tamanho pequeno a médio, encontrado em florestas úmidas ou próximas a cursos d'água, e; *Otatea*, gênero apreciado por sua folhagem verde escura e caules robustos. Os bambus nativos da Colômbia desempenham um papel importante na ecologia, economia e cultura do país, além de fornecerem habitat para diversas espécies de plantas e animais.

5.5. Incentivos para o avanço do setor florestal

O setor de florestas plantadas desenvolveu-se em países e regiões com maior abundância e qualidade de recursos naturais, com condições solo-climáticas favoráveis à silvicultura, com proximidade de centros consumidores e com maior apoio à inovação e ao desenvolvimento tecnológico (FAO, 2022).

Pelo contrário, os países e regiões com maiores barreiras ao desenvolvimento das culturas florestais apresentam geralmente escassez de recursos naturais, condições edafoclimáticas inadequadas para plantios florestais, problemas de logística, grandes distâncias dos centros de consumo, questões geopolíticas e culturais, fatores que reduzem o interesse em investir no setor florestal (FAO, 2022).

No entanto, mesmo em regiões onde estas condições são favoráveis, existem problemas como a desigualdade social e deficiências de infraestruturas, que dificultam o avanço do setor florestal. Essa situação é observada na Orinoquia devido a sua localização, entre a Cordilheira dos Andes e a fronteira com a Venezuela.

Assim, o desenvolvimento do setor florestal só poderá ocorrer pela ação conjunta de políticas públicas de incentivo às florestas plantadas e pelo interesse e condições para o investimento privado. Porém, para que funcione, é fundamental compreender as possibilidades que melhor se adaptam e são mais eficientes à realidade da região.

Os incentivos financeiros e não financeiros são ferramentas importantes para estimular o desenvolvimento das plantações florestais na Orinoquia. Os incentivos financeiros são

ferramentas bancárias para apoiar os produtores, enquanto os incentivos não financeiros são ferramentas políticas ou de gestão para promover a adoção de práticas sustentáveis.

Alguns exemplos de incentivos financeiros incluem subsídios que geralmente vêm do Estado aos produtores para cobrir custos de investimento e operação; créditos que podem conceder aos produtores a taxas de juros preferenciais; seguros contra perdas devido a incêndios, pragas e doenças, e; impostos preferenciais que podem ser implementados para reduzir ou eliminar a carga tributária declarada permanente ou provisoriamente sobre os produtos florestais.

Na Colômbia, os incentivos financeiros são apoiados pela FINAGRO, que é uma entidade vinculada ao Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, que funciona como uma empresa nacional de economia mista, organizada como estabelecimento de crédito como entidade de segunda linha (alimenta entidades financeiras com recursos em condições favoráveis), ou seja, alavanca com recursos a taxas preferenciais as demandas de capital da agricultura colombiana, incluindo a silvicultura e seus vínculos operacionais.

Dentro de sua missão, a FINAGRO administra instrumentos financeiros como o Incentivo à Capitalização Rural – ICR, o Fundo de Garantia Agrícola – FAG, o Incentivo ao Seguro Agrícola – ISA, a Linha Especial de Crédito – LEC e o Certificado de Incentivo Florestal – CIF. No caso da silvicultura, as destinações do crédito abrangem desde viveiros e plantio, manutenção e colheita de lavouras, máquinas novas e usadas, construção de infraestrutura, aquisição de insumos, compra de terras, pesquisa e assistência técnica.

Por outro lado, os incentivos não financeiros podem proporcionar aos produtores apoio para promover a adoção de práticas sustentáveis, economicamente viáveis. Alguns exemplos de incentivos não financeiros incluem tanto o investimento em pesquisa e desenvolvimento quanto a transferência de tecnologia, onde o Estado, entidades locais ou parceiras proporcionam aos produtores as melhores práticas florestais, a otimização das operações técnicas, industriais ou comerciais.

Também deve ser considerado o fomento, entendido como o compromisso do país com a sustentabilidade econômica, social e ambiental, a fim de alcançar uma melhor qualidade de vida para as populações locais como opção de investimento sustentável.

Outra possibilidade é o Pagamentos por Serviço Ambiental (PSA), regulamentado pela Lei nº 14.119/21, mecanismo que visa estimular a manutenção, recuperação e melhorias no ecossistema, trazendo melhorias principalmente na conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. O PSA pode ser entendido como uma fonte de renda adicional, cujo objetivo

é fortalecer a atuação de produtores rurais e comunidades em projetos de recuperação, restauração e regularização ambiental em suas propriedades.

A importância dessa legislação se deve ao fato de que gera maior segurança jurídica para os acordos estabelecidos, permitindo a obtenção de recursos financeiros de fontes como pessoas físicas e jurídicas. De acordo com a política brasileira, o pagamento por tais serviços podem ser diretos, monetário ou não monetário, prestação de melhorias sociais a comunidade rurais e urbanas, compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação, títulos verdes (green bonds), comodato, Cota de Reserva Ambiental (Lei nº 12.651/2012).

Na Colômbia, o PSA é regulamentado pelo Decreto 1.007 de 2018, e recentemente com o programa Biocarbono estão alocando esforços para o desenvolvimento de um Programa Regional de Pagamento por Serviços Ambientais na Orinoquia, considerando os estados de Meta, Casanare, Vichada e Arauca.

A implementação de incentivos financeiros e não financeiros pode ajudar a estimular o desenvolvimento das plantações florestais na Orinoquia. Contudo, para que isto funcione é importante criar um ambiente propício ao desenvolvimento das plantações florestais não só no aspecto financeiro, mas também técnico e operacional, respeitando os enquadramentos sociais e ambientais. Isto inclui a criação de políticas e regulamentos que apoiem a silvicultura sustentável, bem como a colaboração entre o governo, o sector privado e as comunidades locais.

5.6. Histórico socioeconômico da Orinoquia

5.6.1. Departamento de Vichada

O Departamento de Vichada, localizado no extremo leste da Colômbia, é conhecido por sua vasta extensão territorial e riqueza natural. De acordo com dados do DANE, a população de Vichada em 2022 era de aproximadamente 120.942 habitantes, e as projeções para 2023 indicam um crescimento para cerca de 123.304 habitantes. A maioria dessa população está concentrada nos municípios de Puerto Carreño, Santa Rosalía e Cumaribo.

A economia de Vichada é predominantemente agrícola e extrativa. Conforme dados do CNA de 2014, o departamento possui 9.323.659 hectares de florestas naturais (46,5%), 10.289.079 hectares destinados à agricultura e 432.246 hectares para outros usos. A pecuária extensiva, especialmente de bovinos e bubalinos, é uma das principais fontes de emprego e renda. A extração de recursos naturais, como petróleo, gás e minerais, também é crucial para a economia local.

A agricultura em Vichada é voltada principalmente para culturas de subsistência, como arroz, milho, mandioca e banana. No entanto, há potencial para o desenvolvimento de culturas comerciais, como óleo de palma e frutas como o caju, que poderiam impulsionar a economia agrícola da região.

Apesar de possuir infraestruturas básicas, Vichada enfrenta desafios em termos de conectividade e acesso a serviços. A rede rodoviária é limitada, especialmente durante a estação chuvosa, o que dificulta o transporte de produtos e o acesso a serviços essenciais, como saúde e educação.

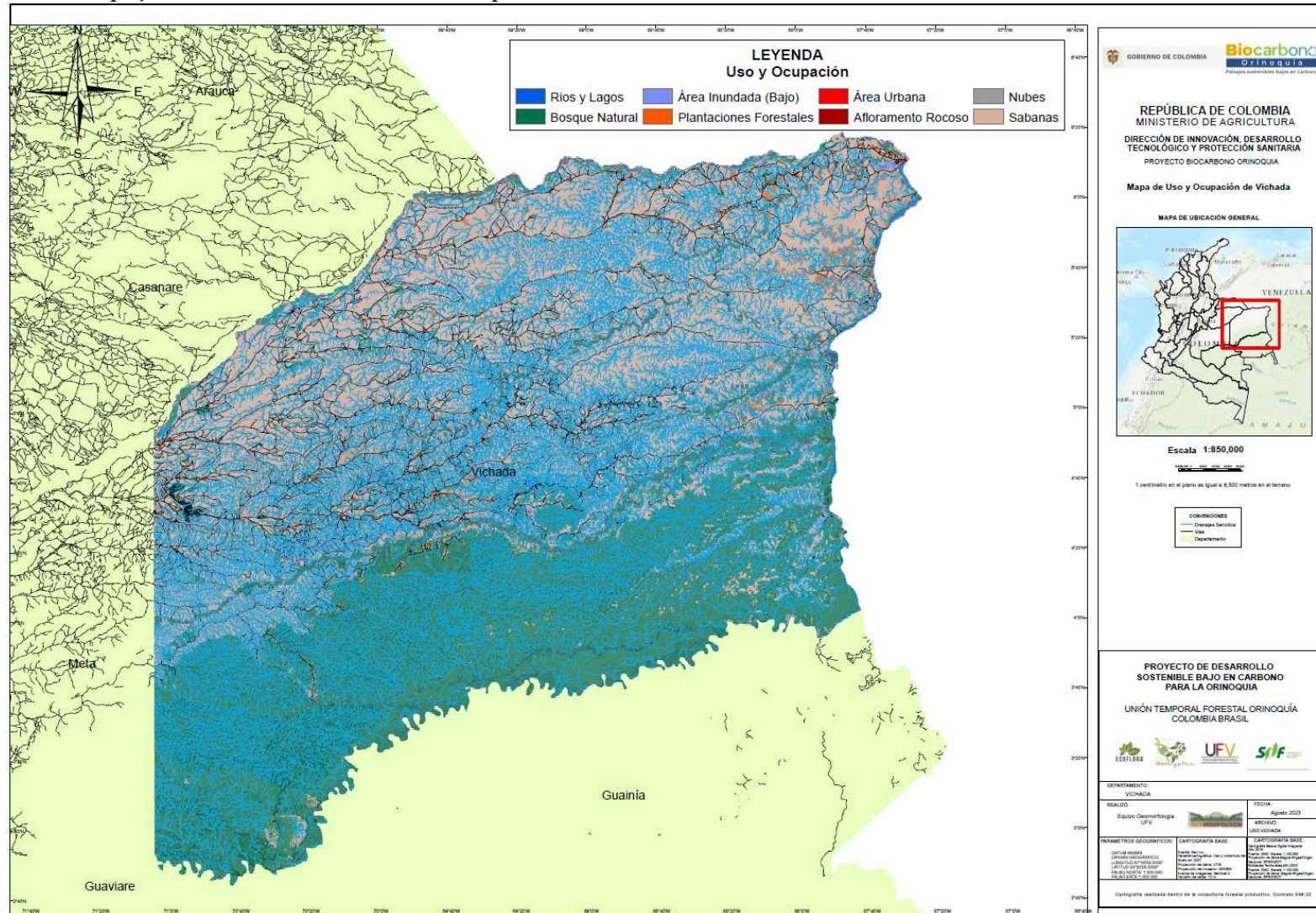
A educação em Vichada ainda enfrenta desafios consideráveis. Embora esforços tenham sido feitos para melhorar a qualidade, a cobertura educacional nas áreas rurais é limitada, exigindo maior investimento em infraestruturas escolares, formação de professores e acesso a recursos educativos.

O acesso a serviços de saúde também é um desafio em Vichada. Embora a região possua centros de saúde e postos de atendimento básico, a cobertura e a qualidade dos serviços podem ser significativamente melhoradas, especialmente em áreas remotas.

Vichada abriga uma rica biodiversidade e áreas protegidas, como o Parque Nacional Natural El Tuparro e zonas úmidas de importância internacional RAMSAR, como o rio Bitá. O desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais são cruciais para o futuro do departamento, promovendo práticas que conciliem o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental.

Em relação às possibilidades socioeconômicas e ao setor florestal, Vichada apresenta uma grande oportunidade devido ao baixo custo comparativo da terra, essencial para projetos florestais de larga escala. No entanto, as limitações logísticas continuam sendo um obstáculo significativo. Uma alternativa viável nos últimos anos é o mercado de carbono, que permite o estabelecimento de projetos florestais focados na acumulação de biomassa e na preservação do carbono, transformando as áreas plantadas em reservatórios de carbono.

Figura 43: Uso e ocupação dos solos de Vichada, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

5.6.2. Departamento de Meta

Em 2018, segundo o DANE, a população estimada era de 919.129 habitantes. Projeções indicam que, até 2022, a população alcançaria aproximadamente 1.113.810 habitantes, chegando a 1.130.085 em 2023. A população está distribuída entre áreas rurais e urbanas, com a cidade de Villavicencio sendo a mais populosa.

A economia de Meta é centrada em atividades agrícolas e petrolíferas. A agricultura inclui cultivos como arroz, milho, banana, cacau e mandioca, enquanto a pecuária é uma importante fonte de renda. Além disso, a exploração de petróleo e o setor mineral desempenham um papel significativo na economia. De acordo com o CNA (2014), o departamento possui 9.601.463 hectares destinados à agricultura (56,3%), 6.947.222 hectares de florestas naturais (40,7%), além de áreas para outros usos.

O Departamento de Meta possui uma infraestrutura rodoviária que conecta as principais cidades e municípios, destacando-se a Rota Nacional 40, que liga Villavicencio a Bogotá. Projetos de melhoria e expansão de estradas têm sido implementados para facilitar o transporte de produtos e fortalecer a conectividade regional.

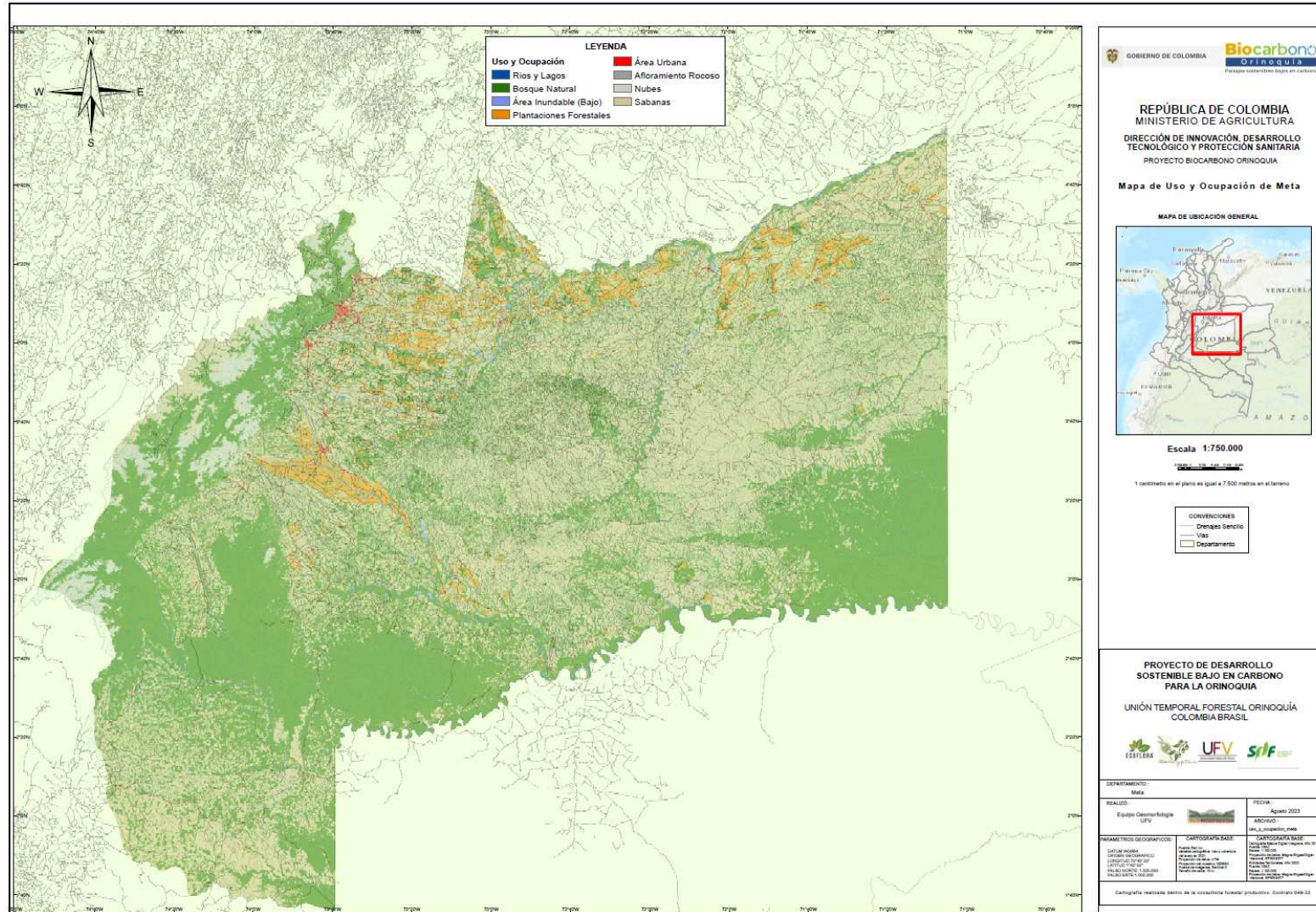
Na educação, Meta tem registrado avanços, com a ampliação da cobertura e a melhoria da qualidade do ensino. Programas de acesso ao ensino superior foram implementados, e as instituições educativas foram reforçadas.

A região também é rica em atrativos turísticos, como o Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena, conhecido por sua diversidade de flora e fauna, e o Caño Cristales, famoso por suas águas coloridas. Esses recursos naturais impulsionaram o turismo, gerando emprego e renda para a população local.

Apesar de um centro urbano relativamente desenvolvido, Meta tem como necessidade melhorar a infraestrutura básica em áreas rurais, ampliar o acesso a serviços públicos, como saúde e educação, em regiões remotas, e diversificar a economia para reduzir a dependência das atividades extrativas.

Conforme foi analisado no mapa de calor dos núcleos florestais desenvolvidos na Orinoquia (Figura 11), Meta é o estado que se destaca, devido à qualidade dos solos nas áreas de sopé e a infraestrutura rodoviária, facilitando o acesso a mercados especiais, particularmente em municípios como Barranca de Upía, Puerto López e Puerto Gaitán, que têm grande potencial de desenvolvimento. No entanto, o setor florestal industrial ainda não está plenamente desenvolvido, e o mercado potencial para o centro do país permanece incerto devido aos altos custos de transporte e à distância rodoviária.

Figura 44: Uso e ocupação do solo de Meta, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

5.6.3. Departamento de Casanare

De acordo com o censo de 2018, Casanare tinha uma população estimada em 379.892 habitantes. Projeções indicam que, até 2022, a população do departamento poderia atingir aproximadamente 459.973 habitantes, e para 2023, 467.775 habitantes. O crescimento populacional tem sido moderado, com tendência à urbanização.

Economicamente, Casanare é conhecido pelo seu potencial na indústria petrolífera, que atrai investimentos e gera empregos. No entanto, a economia também depende da agricultura, pecuária e turismo. Segundo o CNA de 2014, Casanare possui 6.263.545 hectares em áreas agrícolas (71%), 1.547.873 hectares de florestas naturais (17,6%), além de áreas para outros usos.

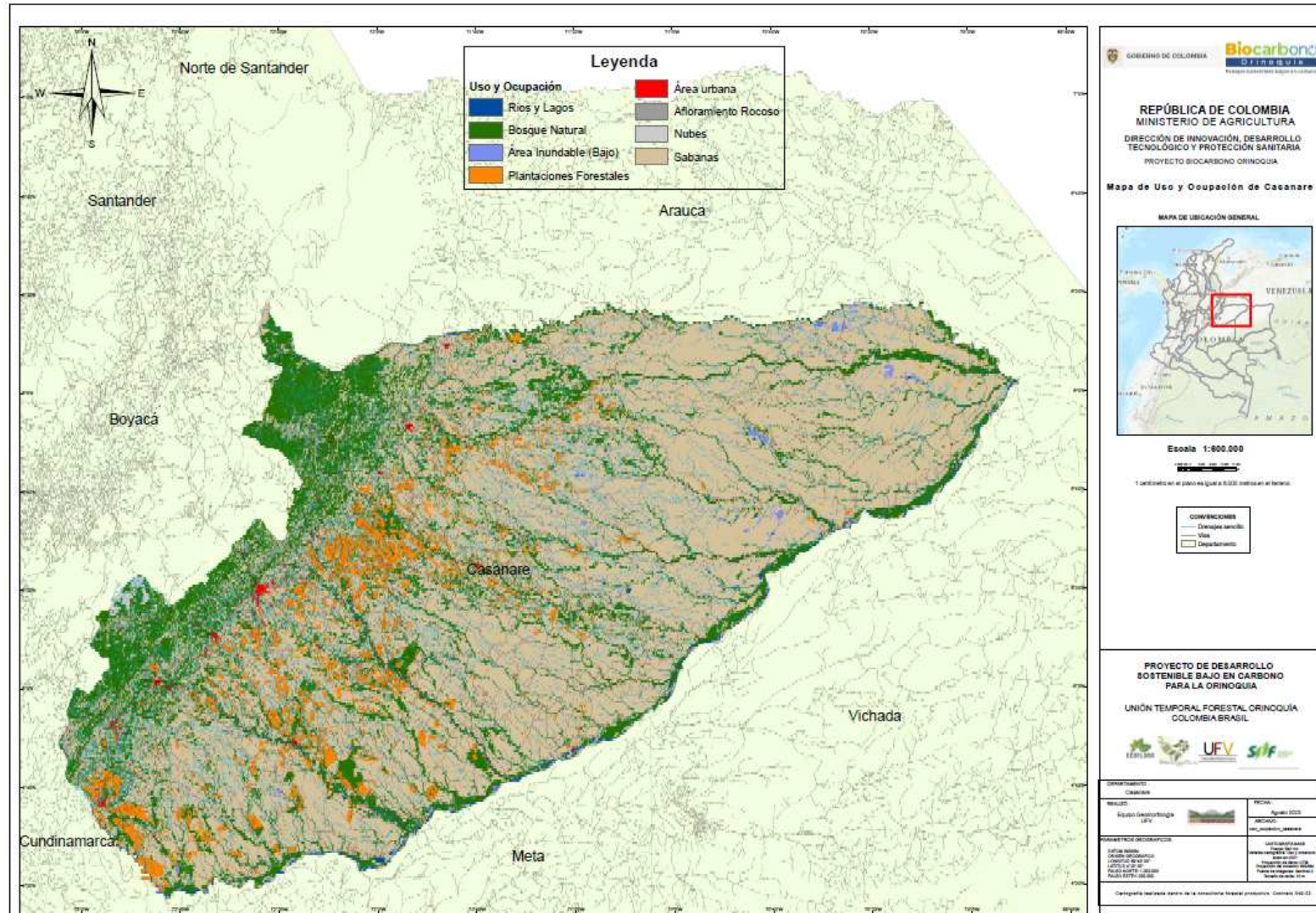
A agricultura é um setor importante, com cultivos de arroz, milho, cacau e frutas tropicais. A pecuária, especialmente a produção de carne bovina, também se destaca e contribui para a geração de empregos e o desenvolvimento rural. Casanare também oferece atrativos turísticos naturais e culturais, como o Parque Nacional Natural Chiribiquete, que abriga ecossistemas importantes e sítios arqueológicos. As tradições da cultura llanera também atraem visitantes.

Apesar dos avanços, o Departamento de Casanare enfrenta desafios socioeconômicos. Existem disparidades no acesso a serviços básicos como educação, saúde e infraestruturas em algumas zonas rurais. Além disso, o desenvolvimento sustentável e a proteção ambiental são aspectos que requerem atenção para garantir um crescimento equitativo e responsável na região.

A base socioeconômica de Casanare reflete um departamento com potencial econômico centrado na indústria petrolífera, mas que também depende dos setores agrícola, pecuário e turístico. Embora enfrente desafios em termos de desenvolvimento social e ambiental, a região dispõe de recursos naturais e culturais que podem impulsionar o seu crescimento e melhorar a qualidade de vida dos seus habitantes.

No que diz respeito ao seu potencial florestal, o departamento se destaca pela disponibilidade de água, devido a sua área de transição piemonte/savana aberta, possibilitando o crescimento e desenvolvimento a diversas espécies florestais, incluindo as culturas Eucalipto e Pinus. Como tem sido demonstrado ao longo dos anos, já existem empresas florestais estabelecidas na região, com iniciativas industriais para a produção de energia limpa a partir da queima de madeira ou da produção de painéis de madeira, esta última condição apoiada pela logística rodoviária passando pelas cidades Via Villanueva, Monterrey, San Luis de Gaceno, Guateque, El Sisga até Bogotá.

Figura 45: Uso e ocupação dos solos de Casanare, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

5.6.4. Departamento de Arauca

O Departamento de Arauca tem uma economia moldada principalmente pela agricultura, exploração de recursos naturais e comércio transfronteiriço. Em 2018, a população do departamento foi estimada em 239.503 habitantes. Projeções indicam um crescimento para 307.628 em 2022 e 313.097 em 2023. A população é diversa culturalmente, composta por llaneros, indígenas e afrodescendentes.

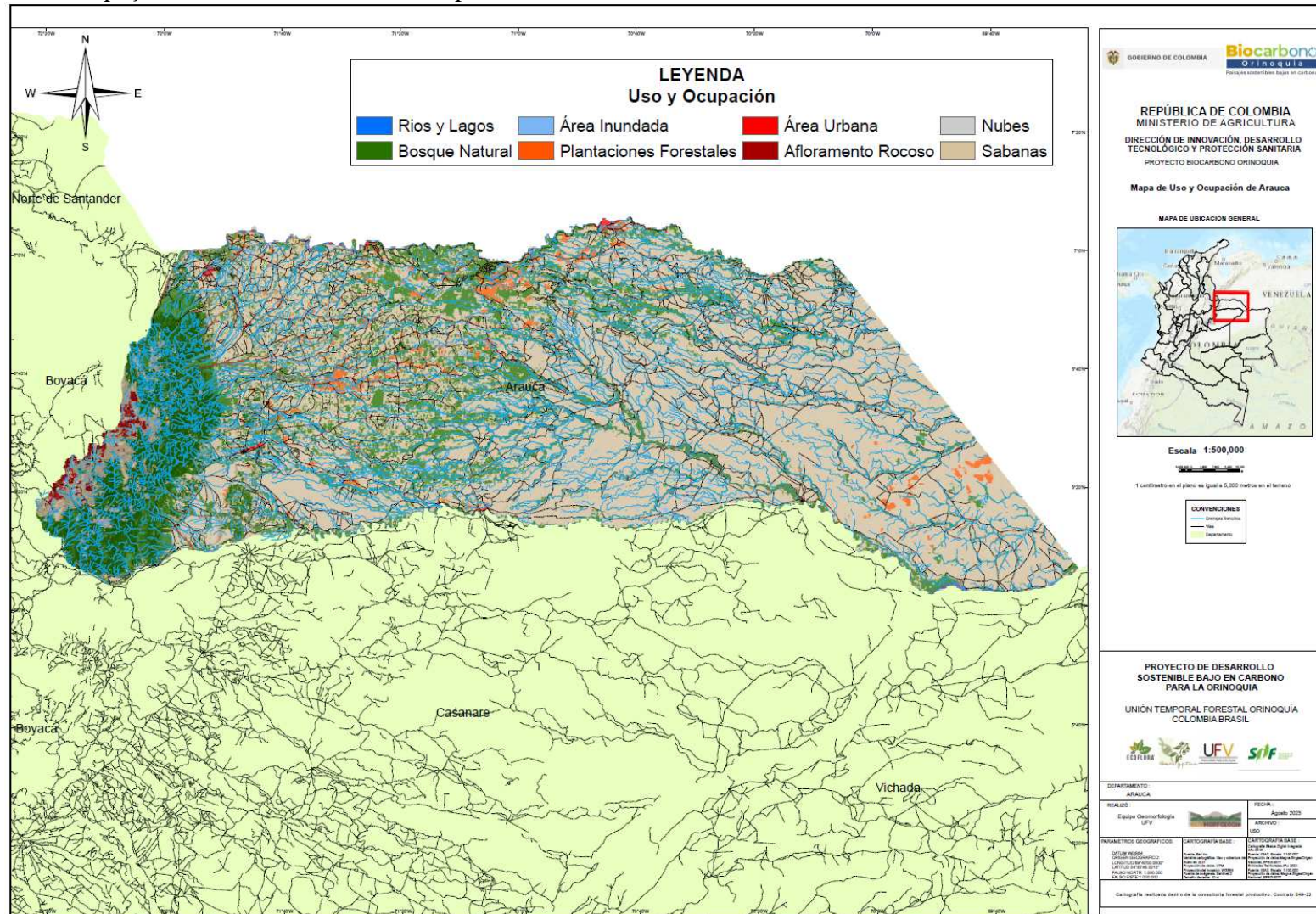
A exploração de petróleo é a principal atividade econômica em Arauca, atraindo investimentos e gerando empregos. O departamento também possui importantes reservas de gás natural. De acordo com o CNA (2014), Arauca tem 3.417.547 hectares destinados à agricultura (72,8%), 1.136.552 hectares de florestas naturais (24,2%), além de áreas para outros usos.

A pecuária, especialmente a criação de gado, desempenha um papel significativo para a economia, complementada pela agricultura, que inclui cultivos de arroz, milho, mandioca, banana e sorgo. O comércio transfronteiriço com a Venezuela é uma importante fonte de renda para a região, influenciando sua economia de forma significativa.

Os desafios que o departamento enfrenta são principalmente baixa diversificação econômica, informalidade no mercado de trabalho e acesso limitado a serviços básicos e infraestrutura. A região também sofre com conflitos armados e violência, afetando seu progresso.

No setor florestal, Arauca apresenta um desenvolvimento modesto, com menos de 100 hectares plantados, conforme relatórios do MADR, abrigando uma variedade de espécies, especialmente nas áreas de sopé.

Figura 46: Uso e ocupação do solo de Arauca, Orinoquia, Colômbia.



Fonte: Laboratório de Geomorfologia/UFV.

6. CONCLUSÕES

Foi observado a formação inicial de dois núcleos florestais na região da Orinoquia: Meta-Casanare e Vichada. O núcleo de Meta-Casanare um pouco mais desenvolvido, principalmente pelas estradas que conectam a outras cidades e departamentos, favorecendo a chegada de insumos e o escoamento da produção. Outra característica importante que favorece essa formação é a sua maior altitude em relação aos demais departamentos, assim a ocorrência de solos com características “áquicas” e “plínticas” é muito menor.

Já a segunda formação de núcleo florestal se estende as margens do rio Meta até o departamento de Vichada, considerado o segundo estado com maior área de florestas plantadas em toda a Colômbia. Apesar da presença de áreas inundáveis, com a técnica silvicultural adequada é possível estabelecer plantios florestais de boa produtividade, sendo que essas áreas são planas, facilitando a mecanização. Sua localização talvez seja o principal desafio, visto que está a extremo leste do país, com baixas condições de infraestrutura logística.

A introdução de um número maior de clones de *Eucalyptus* e *Corymbia* oriundos do Brasil pode ampliar a gama de clones disponíveis na Orinoquia, proporcionando maior variabilidade genética e opção de adaptação e crescimento em comparação com os poucos clones hoje disponíveis na região.

Esses clones importados podem proporcionar uma alta produtividade na região, (acima de 35 m³/ha/ano) até que programas de melhoramento genético sejam estabelecidos com materiais genéticos desenvolvidos especificamente nas diferentes regiões da Orinoquia. É necessário um investimento importante em formação de base genética, banco de germoplasma, instalação de testes de progênies, hibridação e clonagem para que no mediano prazo as espécies e híbridos desenvolvidos no país se tornem mais produtivos e adequados as condições locais.

O plantio de Caju também seria uma boa alternativa, diversificando as opções de plantações florestais na região, com uma alternativa não madeireira (castanha e polpa) para o cluster de produção florestal da região. O Brasil possui alguns clones de caju desenvolvidos pela Embrapa Agroindústria Tropical tolerantes a antracnose e oídio, que podem ser introduzidos na Colômbia.

Recomenda-se que as áreas atualmente plantadas com *Acacia Mangium* sejam substituídas por espécies florestais mais adaptadas ao site como *Eucalyptus*, *Corymbia*, *Pinus* e *Anacardium occidentale*. Para as áreas plantadas com *Eucalyptus* seminal, recomenda-se a substituição por Eucalipto clonal, como a introdução de clones de *Eucalyptus urophylla* x

Eucalyptus grandis (*E. urograndis*), oriundos de programas de melhoramento genético de empresas brasileiras tendem a apresentar maior possibilidade de atingirem altas produtividades.

Nas áreas com encharcamento pronunciado do solo, espécies e clones que envolvam híbridos com as espécies *Eucalyptus robusta* e *Eucalyptus Kirtoniana* podem ser uma alternativa interessante de plantio com espécies mais adaptadas a essas condições. A utilização de técnicas de manejo de solos em áreas alagadas, tais como o uso de camalhões e canais de drenagem, podem deixar boa parte dos solos da Orinoquia aptos ao plantio dos *Eucalyptus* mais tolerantes a solos encharcados.

Para regiões mais próximas as várzeas dos rios, com ocorrências de alagamentos extremos e dificuldade de drenagem (respeitando-se as restrições ambientais da legislação), a introdução de espécies e clones de Bambu são uma alternativa interessante, visto a maior tolerância a solos que passam vários meses alagados. As espécies de bambu, também se comportam melhor que *Eucalyptus* e *Pinus* em solos mais rasos.

Os programas de incentivo ao reflorestamento na região da Orinoquia deveriam privilegiar as espécies mais adaptadas ao site, tais como clones de *Eucalyptus urograndis*, clones de *Eucalyptus pellita*, híbridos de *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus Kirtoniana* e materiais genéticos de bambu, oferecendo um maior financiamento em dólares por hectare para esses materiais genéticos que podem transformar os empreendimentos florestais na região.

Esses programas de incentivo ao reflorestamento, também devem compor em seu valor financeiro recursos necessários para manejo de solos em áreas alagadas, tais como camalhões e canais de drenagem, além de considerar um aporte de fertilizantes adequado a alta produtividade de florestas esperadas para a região.

Na Orinoquia pode-se pensar em um sistema bimodal com a produção de fibra curta (vinda dos *Eucalyptus* e *Corymbia*) e de fibra longa (vinda principalmente do Bambu). Com esse sistema de produção a região poderá no futuro se tornar uma das principais produtoras de fibra com alta competitividade e baixo custo em escala mundial.

Para que isso se viabilize uma negociação internacional para a saída dos produtos florestais e industriais produzidos via águas internacionais do Rio Orinoco, passando pela Venezuela e chegando aos portos marítimos de Trinidad e Tobago é fundamental.

REFÊRENCIAS

- Alfenas, A. C., Mafia, R. G., Sartório, R. C., Binoti, D. H. B., Silva, R. R., Lau, D., & Vanetti, C. A. (2006). *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de eucalipto no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 31(4), 357–366. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000400005>
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. CLONAGEM E DOENÇAS DO EUCALIPTO. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2º ed. 500p. 2009.
- ALVES, T. S. S. Variação genética para caracteres de crescimento e qualidade da madeira em progênies de *Eucalyptus urophylla* ST Blake. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica) apresentado à Universidade Estadual de São Paulo “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. Ilha Solteira, São Paulo. 2022.
- AMEZQUITA, S. P. M., RUBIANO, J. A. M., BARROS FILHO, N. F. D., & CIPRIANI, H. N. FERTILIZATION EFFECTS ON EUCALYPTUS PELLITA F. MUELL PRODUCTIVITY IN THE COLOMBIAN ORINOCO REGION. *Revista Árvore*, v. 42. 2018. <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000500002>
- AMORIM, E. P.; MENUCELLI, J. R.; SANTOS, C. H.; FREITAS, M. L. M.; PISSARRA, T. C. T.; SILVA, M. E. C. M. da; ZANATA, M.; LONGUI, E. L. AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus pellita* F. Muell. E *Eucalyptus tereticornis* Smith COMO POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE POLPA E PAPEL. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 139–149, 2021. DOI: 10.24278/2178-5031.202133202. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/22>. Acesso em: 1 nov. 2023.
- ARANGO WISNER, L. V. (2020). Recomendaciones para la producción de plantas injertadas de clones de marañón en tubete. 10.21930/agrosavia.nbook.7404265.
- ARBOGEN. Folder Eucalipto Arborgen https://arborgen.com.br/wp-content/uploads/2023/09/folder_eucalipto_arborgen_digital_compressed.pdf. [s.d.] Acesso em: set. 2023.
- ARRIEL, Daniele Aparecida Alvarenga. Die-back of *Eucalyptus* spp. caused by *Erwinia psidii* in Brazil. 2012. 40 f. Dissertação (Mestrado em Genética animal; Genética molecular e de microrganismos; Genética quantitativa; Genética vegetal; Me) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- ASSIS, T. F. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. Proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium. Anais...Noosa, Queensland, Austrália: 2000.

ASSIS, T. F.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollination of Eucalyptus. *Australian Forestry*, Melbourne, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2005.

ASSIS, T. Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. Anais [...] Campinas-SP, 2014.

Assis, T.F. (2012) 17º Relatório de Visitas à Arcelor Mittal Bioflorestas. Assistech Ltda, 15p. Snt.

ASSIS, Teotônio Francisco. Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura, v. 3, p. 127-148, 2015.

AUER, C.G.; SOTTA, E.D. Patogenicidade de *Cylindrocladium candelabrum* em acácia-negra. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.30/31, p.29-35, 1995.

BARROS, N.F. & COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da Produção de Florestas Plantadas na Região Tropical. pp 487-592, In: Tópicos em Ciência do Solo, Vol.II, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 2002.

BELLOTE, A. F. J. AS FLORESTAS ENERGÉTICAS E A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NO BRASIL. *Painel Florestal: Artigos*, 21 dez. 2 p. 2009.

BERGAMIN, R. S.; MONDIN, C. A. Composição florística e relações fitogeográficas do componente arbóreo de um fragmento florestal no município de Barra do Ribeiro, Rio Grande do Sul, Brasil. 2006.

BERSCH, A. P.; BRUN, E. J.; PEREIRA, F. A.; SILVA, D. A.; BARBA, Y. R.; JUNIOR, J. R. D. Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de Eucalyptus sp. *Floresta*, Curitiba, v.48, n. 1, p. 87-92, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48il.51673>

BIOCARBONO ORINOQUIA; IDEAM. (2021). Establecimiento de factores de emisión para plantaciones forestales de Colombia y en particular de la región Orinoquia. Informe 5. 83 p. Tolima, Colombia.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. *Forest trees of Australia*. Melbourne: CSIRO, 2006. 736 p.

BOLAND, D.I., BROOKER, M.L.H., CHIPPENDALE, G.M., HALL, N., HYIAND, B.P.M., JOHNSTON, R.D., KLEINIG, D.A. and TURNER. *FOREST TREES OF AUSTRALIA*. Nelson, CSIRO Melbourne, 1.D. 687 p. 1984.

BORGES, J. S. Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto. 70 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BORGES, J. S. Modulador edáfico para uso em modelo ecofisiológico e produtividade potencial de povoamentos de eucalipto. 70 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

BORGES, J. S. Parameterisation, calibration and validation of the 3-PG model for eucalypt in the region of cerrado in Minas Gerais. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

Borges, J. S., Neves, J. C. L., Lourenço, H. M., Barros, N. F. D., & Dias, S. C. M. (2012). Parameterization of the 3-PG model for eucalypt in the region of Cerrado in Minas Gerais State. *Ciência Florestal*, 22, 567-578.

BORGES, J.S.; LOURENÇO, H.M; NEVES, J.C.L.; KER, J.C.; SILVA, G.G.C.; BARROS, N.F.; FARIA, M.M. A cultura do eucalipto. In: LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; ARAÚJO, A.S.F, (eds). *Agricultura Conservacionista no Brasil*, Brasília, , DF; Embrapa, 2014, 525–542p.

BORGES, J.S.; LOURENÇO, H.M; NEVES, J.C.L.; KER, J.C.; SILVA, G.G.C.; BARROS, N.F.; FARIA, M.M. A cultura do eucalipto. In: LEITE, L.F.C.; MACIEL, G.A.; ARAÚJO, A.S.F, (eds). *Agricultura Conservacionista no Brasil*, Brasília, , DF; Embrapa, 2014, 525–542p.

BUENO, A. M. S. CRESCIMENTO DE CLONES DE HÍBRIDOS DE EUCALIPTO NO PLANALTO DE SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER, MT. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Mato Grosso. Cuiabá. 2016.

CABEL, S. R.; ÂNGELO, A. C.; AUER, C. G. Influências da temperatura e umidade relativa do ar em casa de vegetação no enraizamento de miniestacas de três clones de *Eucalyptus* spp para o sul do Brasil. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura. Embrapa Florestas, 2014.

CAMARGO, J. M. M.; ZANOL, K. M. R.; QUEIROZ, D. L. de; DEDECECK, R. A.; OLIVEIRA, E. B.; MELIDO, R. C. N. Resistência de clones de *Eucalyptus* ao psilídeo-de-concha. *Pesquisa Florestal Brasileira*, [S. l.], v. 34, n. 77, p. 91–97, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.77.504. Disponível em:

<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/504>. 2014.

CANNON PF, DAMM U, JOHNSTON PR, WEIR BS (2012). *Colletotrichum* current status and future directions. *Studies in Mycology* 73: 181-213. ([https:// doi:10.3114/sim0014](https://doi.org/10.3114/sim0014)).

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., (eds). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 769-845 p.

- CARDOSO, J. E.; MARTINS, M. V. V.; VIANA, F. M. P.; LIMA, J. S.; SILVA, L. G. C. da. (2012). Controle químico do oídio do cajueiro. Embrapa Agroindústria Tropical.
- CARVALHO, A. M.; NAHUZ, M. A. R. Interferência na qualidade e rendimento de polpa celulósica de eucalipto devido ao uso múltiplo da madeira. *Cerne*, Lavras, v. 10, n. 2, p. 242-256, jul./dez. 2004.
- CATIE. *Mangium (Acacia mangium Willd) Especie de Árbol de Uso Múltiple en América Central*. Turrialba: CATIE, 1992. 56 p. (Colección de Guías Silviculturales, 5).
- CHRISTINA, M., NOUVELLON, Y., LACLAU, J.-P., STAPE, J. L., BOUILLET, J.-P., LAMBAIS, G. R., & LE MAIRE, G. IMPORTANCE OF DEEP-WATER UPTAKE IN TROPICAL EUCALYPT FOREST. *Functional Ecology*, 31(2), 509–519. 2017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2435.12727>
- CHUINE, I.; BEAUBIEN, E. G. Phenology is a major determinant of tree species range. *Ecology Letters*, v. 4, n. 5, p. 500–510, 2001.
- CLARKE, B.; MCLEOD, I.; VERCOE, T. editors. *Trees for farm forestry: 22 promising species*. Canberra: RIRDC Press; 2009. p.132-34.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) (2021, 15 de Enero). *Acacia mangium seed orchards*. <https://www.csiro.au/en/about/facilitiescollections/collections/atsc/atsc-acacia-mangium-qld>
- COSTA, A.S. Uso da espectroscopia na região do infravermelho próximo para predizer propriedades da madeira de *Corymbia*. (2017). 50 f. Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG
- COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N. da; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v.9, n.3, p.501-509, 2001.
- CRISÓSTOMO, A. L.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; RAIJ, B. V.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. Cultivo do cajueiro anão precoce: Aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 08 p. (Embrapa Agroindustria Tropical. Circular Técnica, 08).
- DOS SANTOS, A. F.; AUER, Celso Garcia; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. EMBRAPA Florestas. Colombo, Paraná. 2001.
- DOS SANTOS, Alvaro Figueredo et al. O complexo gomose da acácia-negra. 2001.
- DUARTE, Marciel Lelis; RIBEIRO, Aristides. Influência do El Niño e La Niña na produtividade de plantios de Eucalipto em distintas regiões no Brasil. *Ciência Florestal*, v. 33, p. e61334, 2023.

DVORAK, W.S.; MOURA, V.P.G. Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.2, p.225-234, 2001.

Eldridge, K., Davidson, J., Harwood, C., & Wyk, G. van. (1994). *EUCALYPT DOMESTICATION AND BREEDING*. Clarendon Press. Brittonia, 1995, <https://doi.org/10.2307/2807576>.

ESPREY, L. J.; SANDS, P. J.; SMITH, C. W. Understanding 3-PG using a sensitivity analysis. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 193, n. 1/2, p. 235-250, 2004.

ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) EN COLOMBIA. Governo da Colômbia, 2018. Disponível em: <<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3918-de-2018.pdf>>.

Acesso em: 18 set. 2023.

FERREIRA, D. H. A. A., DOS SANTOS LELES, P. S., DE OLIVEIRA NETO, S. N., PAULA, T. R., COUTINHO, R. P., & DA SILVA, R. L. GROWTH AND PRODUCTION OF EUCALYPTO IN REGION THE MÉDIO PARAÍBA DO SUL, RJ. *Floresta e Ambiente*, 24, 1–9. 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>

FILHO, E.P.; OLIVEIRA, U.S.; SANTOS, P.E.R.; REIS, C.A.F.; SANTOS, A.M.; LIMA, E.A. (2014). Base de melhoramento genético de *Eucalyptus* e *Corymbia* em Rio Verde, GO. p. 271. Embrapa Florestas. Colombo, Paraná.

FILPI, Heitor Eduardo Ferreira Campos Morato. Zoneamento edafoclimático em cenários de mudanças climáticas para a seleção de espécies em projetos de recomposição florestal em Minas Gerais, Brasil. 2019.

FLORES, K. S. C. Estudo das respostas ecofisiológicas no crescimento de clones *Eucalyptus* spp. submetidos a variações de níveis de restrições hídricas em distintas condições edáficas. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2016. <https://doi.org/10.11606/D.11.2016.tde-28032016-121014>. Acesso em: 17 set. 2023.

FLORES, T. B., ÁLVARES, C. A., SOUZA, V. C., & STAPE, J. L. P. P. *Eucalyptus NO BRASIL: ZONEAMENTO CLIMÁTICO E GUIA PARA IDENTIFICAÇÃO*. Piracicaba - SP: IPEF. 2016.

FONSECA, S.M.; RESENDE, M.D.V.; ALFENAS, A.C.; GUIMARÃES, L.M.S.; ASSIS, T.F.; GRATTAPAGLIA, D. *MANUAL PRÁTICO DE MELHORAMENTO GENÉTICO DO EUCALIPTO*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 200p. 2010.

Franco, M. P. PLASTICIDADE DE ÁRVORES DE *Eucalyptus grandis* NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: INTERAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO E DA

- FERTILIZAÇÃO NO CRESCIMENTO E QUALIDADE DO LENHO DAS ÁRVORES. 172. 2018. Acesso em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-01082018-111322/publico/Mariana_Pires_Franco_versao_revisada.pdf
- FREIRE FCO, CARDOSO JE, SANTOS AA, VIANA FM (2002). Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protection* 21: 489–494. ([https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00138-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00138-7)).
- GARBAYE, J.; DELWAULLE, J. C.; DIANGANA, D. Growth response of eucalypts in the Congo to ectomycorrhizal inoculation. *Forest Ecology and Management*, v. 24, n. 2, p. 151–157, jun. 1988.
- GIRALDO CDL, NIETO RODRÍGUEZ VM, SARMIENTO M, BORRALHO N. Estimación indirecta de la densidad de la madera mediante el uso de pilodyn en la selección de clones de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Colombia Forestal*. 2014;17(2):181-92.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. Brasília, DF: PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1978. 66 p. (Série Técnica, 11).
- GOMES, M., PEREIRA, L., PEREIRA, A., & PAZIANOTTO, R. (2019). Aspectos geoambientais da eucaliptocultura no Vale do Paraíba Paulista. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 29 p. (v. 118).
- GOMES, R. T. Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp na região de cerrado de Minas Gerais. 1994. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.
- GONÇALVES, R., BATISTA, F. A. F., & LORENSANI, R. G. M. SELECTING EUCALYPTUS CLONES USING ULTRASOUND TEST ON STANDING TREES. *FOREST PRODUCTS JOURNAL*, 63(3–4),112 a 118 p. 2013. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-12-00114>
- GONZAGA, J.V. Qualidade da madeira e da celulose kraft de treze espécies de *Eucalyptus*. Viçosa: UFV, 1983. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- GT FERROLIGAS. (2021). Indicadores físico-químicos de materiais genéticos para produção de ferroligas e silício metálico. 51 f. Viçosa, Minas Gerais.
- GUIMARÃES, M. S.; MATTOSO, M. D. Prefeitura Municipal Curvelo. [S.d.].

- Higa, R. C. V., & Wrege, M. S. (2010). Zoneamento climático de *Eucalyptus grandis* para a região Sul do Brasil. Embrapa Florestas. Colombo, Paraná.
- HYDE KD, CAI L, CANNON PF, CROUCH JA, CROUS PW, DAMM U, GOODWIN PH, CHEN H, JOHNSTON PR, JONES EBG, LIU ZY, MCKENZIE EHC, MORIWAKI J, NOIREUNG P, PENNYCOOK SR, PFENNING LH, PRIHASTUTI H, SATO T, SHIVAS RG, TAN YP, TAYLOR PWJ, WEIR BS, YANG YL, ZHANG JZ (2009). *Colletotrichum* – names in current use. *Fungal Diversity* 39:147–82.
- In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., (eds). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 2007, 2-61p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI [IGAC]. *Manejo de suelos Colombianos*. IGAC, 2014.
- JIMÉNEZ, Carolina. Valorización capitalista de la Orinoquia colombiana. División territorial del trabajo e inserción en la acumulación transnacional. *Ciencia Política*, v. 7, n. 13, p. 150-180, 2012.
- KIKUTI, P., NAMIKAWA, I.S. Estudo da interação clone x níveis da adubação em *Eucalyptus saligna*. *O papel*, n.3, p.37-44, 1990
- KRISNAWATI, H., KALLIO, M., KANNINEN, M. (2011). *Acacia mangium* Willd.: Ecology, silviculture and productivity. CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/003392>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Landsberg, J. J., & Waring, R. H. (1997). A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, 95(3), 209–228. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00026-1)
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.
- Lee D.J; Nikles G.; Pomroy P.; Brawner J.; Wallace H.; Stokoe R. (2005). *Corymbia* species and hybrids: a solution to Queensland hardwood plantations? *Corymbia Research Meeting: Underpinning development of a profitable hardwood plantation industry in northern Australia by research into Corymbia species and hybrids*. Gympie, Queensland. 2005. p.5-7.
- LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand. 2: development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. *Australian Forestry Journal*, v. 70, n. 1, p. 11–16, 2007.

- LELES, P.S.S. Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos. 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- Lemos, C. C. Z., Hakamada, R. E., Carrero, O., Alvares, C. A., & Stape, J. L. Estimação, zoneamento e análise de sensibilidade da produtividade florestal de *Eucalyptus* no Nordeste do Estado de São Paulo através do modelo 3-PG. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 46, n. 119, p. 459-471. 2018 DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v46n119.13](https://doi.org/10.18671/scifor.v46n119.13)
- LIMA, N., TAGLIAFERRE, C., PAULA, A., ROCHA, F. A., FREITAS, L., SILVA, T., ... & XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. (2011). Zoneamento agroclimático para as espécies *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Corymbia citriodora* (Hook) KD Hill & LAS Johnson no estado da Bahia. *Anais XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Guarapari, Espírito Santo.
- MACHADO, Helton Bastos. Caracterização do potencial madeireiro de uma floresta intensamente explorada no sudeste paraense. Orientador: Ademir Roberto Ruschel. 2021. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais/Manejo de Ecossistemas Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1484>.
- MACKEY, M. *Acacia mangium*: Un árbol importante para llanuras tropicales. Hoja Informativa FACT 96-01S, 1996. Arizona, USA, 4 p.
- MADURO, C. et al. Produção de néctar e potencial para produção de mel de *Acacia mangium* Willd (Leguminosae, Mimosoideae) no Estado de Roraima. *Boletim do Museu Integrado de Roraima (Online)*, v. 13, n. 01, p. 01-17, 2020.
- MARTIN, B. & COSSALTER, C. *Les Eucalyptus des iles de la Sonde*. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent-sur-Marne. 1975.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] (2023). Séptimo -7° Boletín Estadístico Forestal marzo del 2023.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2022). Boletín Estadístico Forestal: Septiembre 2022.
- MORETTI, S.D.A. Efeito da idade da árvore na qualidade da madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia* para produção sustentável de carvão vegetal. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2023.
- MOURA, V. P. G. O germoplasma de *Eucalyptus brassiana* S. T. Blake no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 08 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico 103).

- NAHUM, A. S. et al. Estrutura populacional e diamétrica da espécie *Ziziphus cinnamomum* Triana e Planch. em uma floresta no município de Dom Eliseu-PA. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 3, p. 1264–1270, 2020.
- NETO, R.M.G. Potencialidade de uso bioenergético da madeira e da casca de *Eucalyptus* spp. plantados em espaçamento adensado. 2017. 110 f. Tese (Doutorado) –Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG
- NEVES, Thiago Andrade et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 68, p. 319-319, 2011.
- NIETO V., & GASCA G. (2010). Experiencias y avances en el manejo de *Eucalyptus pellita* F. Muell en la Orinoquia Colombiana. CONIF, REFOCOSTA, Ministerio de Agricultura. ISBN 978-958-99597-1-8. 89 pag.
- NIKLES, D.G. Hybrids of forest trees: The bases of hybrid superiority and discussion of breeding methods. In: IUFRO CONFERENCE RESOLVING TROPICAL FOREST RESOURCE CONCERNS THROUGH TREE IMPROVEMENT, GENE CONSERVATION AND DOMESTICATION OF NEW SPECIES, 1992, Cartagena and Cali. Proceedings...Cali: 1992. p.333-347.
- NOACK, F. Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim. *Boletim do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo*, v.9, p.75-88. 1898.
- OLD, Kenneth M. et al. A manual of diseases of tropical acacias in Australia, South-East Asia and India. CIFOR, 2000.
- OLIVEIRA, A. C., DE CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., ALMEIDA, W., PEREIRA, B. L. C., & CARDOSO, M. T. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA MADEIRA E DO CARVÃO VE-GETAL DE *Eucalyptus pellita* F. MUELL. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, (87), 431–439 p. 2010.
- OLIVEIRA, T. W. G. DE. SELEÇÃO SIMULTÂNEA PARA CRESCIMENTO, GRAU DE INFECÇÃO À FERRUGEM E QUALIDADE DA MADEIRA NO MELHORAMENTO DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2017.
- ONU BR – NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL – ONU BR. A Agenda 2030. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>
- OTONI, T. J. O.; PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA, M. L. R.; MACHADO, E. L. M.; FARNEZI, M. M.; MOTA, S. L. L. Componente arbóreo, estrutura fitossociológica e relações ambientais em um remanescente de cerradão, em Curvelo - MG. *CERNE*, Lavras, v. 19, n. 2, p. 201-211, 2013.

- PALUDZYSZYN FILHO; E. SANTOS, P.E.T. Escolha de cultivares de eucalipto em função do ambiente e do uso. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 11 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico 316).
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- Pereira, Roselaine Cristina; Davide Chamma, Lisete; Ramalho Patto, Magno Antônio; Andrade Bolognani, Helder. (2002). Alternativas para aumentar a eficiência dos cruzamentos em programas de melhoramento de *Eucalyptus*. CERNE, vol. 8, núm. 2, 2002, pp. 60-69 Universidade Federal de Lavras Lavras, Brasil.
- PETINARI RA, TARSITANO MAA (2002). Comercialização de caju in natura na região noroeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira Fruticultura 24:700-702. (<https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300033>).
- PIGATO, Silvan Maria Paes Cangiani; LOPES, Catalina Romero. Avaliação da variabilidade genética em quatro gerações de *Eucalyptus urophylla* ST Blake por meio do marcador molecular RAPD. Scientia Forestalis/Forest Sciences, p. 119-133, 2001.
- Pinto, S. I. do C., Furtini Neto, A. E., Neves, J. C. L., Faquin, V., & Moretti, B. da S.. (2011). Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. Revista Brasileira De Ciência Do Solo, 35(2), 523–533. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200021>
- PIRES, I.E.; RESENDE, M.D.V.; SILVA, R.L.; RESENDE JUNIOR, M.F.R. Genética Florestal. Viçosa: Arka, 318p. 2011.
- Projeto Biocarbono Orinoquia: Paisajes sostenibles bajos en carbono. SIF, 27 janeiro 2023. Disponível em: <<https://sif.org.br/2023/01/projeto-biocarbono-orinoquia-paisajes-sostenibles-bajos-en-carbono/>>. Acesso em: 18 set. 2023.
- Projetos do Biocarbon Fund; Quatro projetos do Fundo BioCarbon. FAO, 2023. Disponível em: <<https://www.fao.org/tc/exact/revisao-dos-instrumentos/validacao-dos-resultados/projetos-do-biocarbon-fund/pt/>>. Acesso em: 18 set. 2023.
- QUADROS, R.M.B. Avaliação nutricional em plantios de *Eucalyptus grandis*, em diferentes solos, no Estado de São Paulo. Curitiba, 1996. 158p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.
- QUEIROZ, T. B. Amplitude de temperaturas ótimas para o crescimento de clones de *Eucalyptus* no Brasil e no Uruguai. 83p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2020

- QUINHONES, R. Relações entre as características da madeira e carvão de *Eucalyptus* sp. Produzido a diferentes temperaturas finais de carbonização. 2011. 79 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG
- REGISTO NACIONAL DE CULTIVARES (RNC) /MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). REGISTO NACIONAL DE CULTIVARES - RNC. 2023. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/index.php>. Acesso em: jul. 2023.
- REIS, C. A. F., de Assis, T. F., Santos, A. M., & Paludzyszyn Filho, E. (2013). *Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil. Embrapa Florestas. Colombo, Paraná.
- REIS, G.G.; HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. *Revista Árvore*, v. 11, n. 1, p. 43-55, 1987.
- RESENDE, M. D. V.; ASSIS, T. F. GENÉTICA E MELHORAMENTO DO EUCALIPTO. Colombo: Embrapa Florestas, 2009.
- RESENDE, M.D.V.; ASSIS, T.F. SELEÇÃO RECORRENTE RECÍPROCA ENTRE POPULAÇÕES SINTÉTICAS MULTI-ESPÉCIES (SRR-PSME) DE EUCALIPTO. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n.57, 57-60 p. 2008.
- Reunião sobre os indicadores globais de Desenvolvimento Sustentável para monitoramento da Agenda 2030 - Brasília, 26 de abril de 2016. Governo do Brasil, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/reuniao-sobre-os-indicadores-globais-de-desenvolvimento-sustentavel-para-monitoramento-da-agenda-2030-brasilia-26-de-abril-de-2016>. Acesso em: 18 set. 2023.
- Richards, J. A. (2022). *Supervised Classification Techniques BT - Remote Sensing Digital Image Analysis* (J. A. Richards, Ed.). https://doi.org/10.1007/978-3-030-82327-6_8
- RICHARDSON, D.M. (2011). Risk assessment, eradication, and biological control: global efforts to limit Australian acacia invasions. *Divers Distrib.*, 17:1030-1046. doi: 10.1111/j.1472-4642.2011.00815.x
- RIZZATTI, Maurício et al. Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. *Metodologias e Aprendizado*, v. 3, p. 44-53, 2020.
- RODRÍGUEZ, R. et al A process-based model to evaluate site quality for *Eucalyptus nitens* in the Bio-Bio Region of Chile. *Forestry*, v. 82, n. 2, p. 149-162, 2009.
- ROSSI, Luiz Marcelo Brum; DE AZEVEDO, C. P.; DE SOUZA, C. R. *Acacia mangium*. 2003.
- ROUBUSTE, R. R., BIANCHINI, N. H., VALCORTE, G., SOUZA, K. M. O. DE, & HASELEIN, C. R. DENSIDADE ANUAL DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS GRANDIS*.

Anais Do Salão Internacional De Ensino, Pesquisa E Extensão., p. 2. 2021. Acesso em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/110609>

RUIZ-SANCHEZ, E., PEREDO, L. C., SANTACRUZ, J. B., & AYALA-BARAJAS, R. BAMBOO FLOWERS VISITED BY INSECTS: DO INSECTS PLAY A ROLE IN THE POLLINATION OF BAMBOO FLOWERS? *Plant Systematics and evolution*, 303(1), 51-59. 2017.

Saarela JM, Peterson PM, Keane RM, Cayouette J, Graham SW. (2007). Molecular phylogenetics of *Bromus* (Poaceae: Pooideae) based on chloroplast and nuclear DNA sequence data. *Aliso* 23(1):450-467.

SANTIAGO, Márcia Indyanara Lopes. Detecção precoce da murcha-de-ceratocystys em eucalipto por meio da espectroscopia foliar. 2022. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2022.

SANTOS, Filipe Luigi Dantas L.; CUNHA, Rita Dione Araújo; CÉSAR, Sandro Fábio. PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MADEIRA DA ESPÉCIE *EUCALYPTUS PELLITA*. 2020. Acesso em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-f411fe7143441dc7b0448152be8064619aafa41c-segundo_arquivo.pdf>

SANTOS, Filipe Luigi Dantas Lima; CUNHA, Rita Dione Araújo; CÉSAR, Sandro Fábio. PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE MADEIRA DA ESPÉCIE *EUCALYPTUS PELLITA*. In: I SEMINÁRIO ONLINE: TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES DE PRODUTOS FLORESTAIS - Rio Branco - Acre, 2020. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/i-seminario-online-tecnologias-e-inovacoes-de-produtos-florestais/trabalho/153866>>. Acesso em: 6 dez 2022 às 14:29

Santos, G. A., Resende, M. D. V., Silva, L. D., Higa, A., & Assis, T. F.. (2013). Adaptabilidade de híbridos multiespécies de *Eucalyptus* ao Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Árvore*, 37(4), 759–769. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000400019>

SANTOS, M. P. Desenvolvimento de clones híbridos de eucalipto em sistema ILPF no leste maranhense. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha. 2021.

SANTOS, M.R. RESISTÊNCIA GENÉTICA À FERRUGEM EM *Eucalyptus pellita* E *E. urophylla* x *E. grandis*. Dissertação (Mestrado em Genética animal; Genética molecular e de microrganismos; Genética quantitativa; Genética vegetal; Me) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 47 p. 2011.

- Santos, R. G. T. dos. (2017). Mapeamento de risco de incêndio no município de Monte Carmelo-MG. (Universidade Federal de Uberlândia). Repositorio insitucional de la Universidade Federal de Uberlândia <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19824>
- SCANAVACA JUNIOR, Laerte. Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* ST Blake e de seu potencial para utilização em serraria. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F. de; SANTOS, A.R. dos; RIBEIRO, A.; Silveira, P., Koehler, H. S., Sanquetta, C. R., & Arce, J. E. (1982). O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. *Chronicle*, 5(3), 220-224.
- SERRANO, L. A. L., VIDAL NETO, F. D. C., MELO, D. S., & CARDOSO, J. E. (2013). Influência do oídio nas castanhas de diferentes genótipos de cajueiro. *Embrapa Agroindústria Tropical*.
- SERVIÇO NACIONAL DE PROTEÇÃO DE CULTIVARES (SNPC) /MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). REGISTO NACIONAL DE CULTIVARES - RNC. 2023. Disponível em: <https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/index.php>. Acesso em: jul. 2023.
- SILVA, F. P.; BORGES, R. DE C. G.; PIRES, I. E. Avaliação de procedências de *Acacia mangium* Willd, aos 63 meses de idade, no Vale do Rio Doce MG. *Revista Árvore*, v. 20, n. 3, 1996. p. 299-308.
- SILVA, G. C. C. Uso de Redes Neurais Artificiais na Predição de Parâmetros e Calibração do Modelo 3-PG. 201f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, MG, 2021
- SILVA, G. G. C. Nutrition, growth, and growth modeling of eucalypt stands submitted to distinct water and nutrient availability. 2006. 116 f. Tese (Doutorado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- SILVA, Gabriela Cristina Costa. Uso de redes neurais artificiais na predição de parâmetros e calibração do modelo 3-PG. 2021. 201 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.007>. Acesso em: 3 jul. 2023.
- SILVA, Gustavo Laporinê Baêso E. Seleção de híbridos multi-espécies de *Eucalyptus* tolerantes ao déficit hídrico, insetos e fungos. 2020. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020.

- SILVA, I. D. O. (2022). PRODUTIVIDADE DE DIFERENTES CLONES DE *Eucalyptus* spp. EM NOVA MUTUM-MT. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) apresentado à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão. Imperatriz, Maranhão. 2022
- SILVA, J. C. Eucalipto – A madeira do futuro. Revista da Madeira. Curitiba, PR. 114 p. Ed. Mº 59. 2001.
- SILVA, R. M. de C. (2005). O bambu no Brasil e no mundo. [S.l.: s.n.], p. 45.
- Silveira, M. (2001). A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas.
- SILVEIRA, Roberto Alonso; MONTAGNER, Lise Helene; ONUKI, Marcelo. Variação de resistência a ventos em procedências de *Eucalyptus saligna* smith na região de Guaíra, RS. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 13, p. 1-8, 1986.
- SIVIERO, M A. et al. Manejo de florestas naturais degradadas na Amazônia: estudo de caso sobre critérios de colheita. Ciência Florestal [online]. 2020, v. 30, n. 01 [Acessado 12 Setembro 2023], pp. 43-59. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/1980509825856>>. Epub 29 Maio 2020. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/1980509825856>.
- SPELTZ, Felipe Ribeiro. Avaliação do potencial de uso de *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus dunnii* Maiden para a produção de dormentes. 2015. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2015.
- STAHRRINGER, N.I. Parametrização e Calibração de Modelos Para Estimar Produtividade Potencial e Recomendar Fertilizantes para *Pinus* e *Eucalyptus*, em Corrientes – Argentina. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, UFV, 169p. (Tese de Doutorado), 2017.
- STANFORD, G & SMITH, S. Nitrogen Mineralization Potential of Soils. Soil Science Society of America Journal, 36, 465-472, 1972
- Stape, J. L., Ryan, M. G., & Binkley, D. (2004). Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. Forest Ecology and Management, 193(1–2), 219–234. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.031>
- TEIXEIRA, Vinicius Lima. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA E REDES NEURAIS. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

- TEXEIRA, L. C. Viabilidade econômica de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF): o estudo de caso da Fazenda Boa Vereda – Cachoeira Dourada – GO. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.
- The World Bank Colombia: BioCarbon Emissions Reduction Program Orinoquia, 2022. Project Information Document (PID). Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099240006212232528/pdf/P1788720c986d206080230dd55fc9a4b87.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2023.
- Torres, F. T. P., Roque, M. P. B., Lima, G. S., Martins, S. V., & de Faria, A. L. L. (2017). Mapping of forest fires risk using geoprocessing techniques. *Floresta e Ambiente*, 24. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.025615>
- Torres, F.T.P, Ribeiro, G. A., Martins, S. V., & Lima, G. S. (2014). Mapeamento da suscetibilidade a ocorrências de incêndios em vegetação na área urbana de Ubá-MG. *Revista Arvore*, 38(5), 811–817. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500005>
- TOURNE, D. C. M; MARTORANO, L. G; BRIENZA, J. S; DIAS, C. T. S; LISBOA, A. L. S; SARTORIO, S. D; VETORAZZI, C. A. Potential topoclimatic zones as support for forest plantation in the Amazon: Advances and challenges to growing Paricá (*Schizolobium amazonicum*). *Environment Development*, v. 18, p. 26–35, 2015.
- TRIPLETT J. K., CLARK L. G. PHYLOGENY OF THE TEMPERATE WOODY BAMBOOS (Poaceae: Bambusoideae) WITH AN EMPHASIS ON ARUNDINARIA AND ALLIES. *Syst Bot* 35:102–120. 2010.
- TURNBULL, J.W., PRYOR, L.D. Choice of species and seed sources. In: HILLIS, W.E., BROWN, A.G. *Eucalypts for wood production*. Adelaide: CSIRO, 1978. p.6-65.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (2014). Zonificación de aptitud para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, a escala 1:100.000. <https://catalogometadatos.upra.gov.co:8443/uprageonet/srv/spa/catalog.search#/metadata/b8de8cd5-e847-4ed5-98b5-5980df012ae7>
- VALADARES, S. V. Modelagem da Aquisição de Fósforo e da Eficiência Nutricional de Eucalipto. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, UFV. Viçosa – MG: 102 p. 2015
- VALADARES, S.V.; NEVES, J.C.L.; LEITE, H.G.; BARROS, N.F.; CROPPER JR, W.P.; GERBER, S. Predicting phosphorus use efficiency and allocation in eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management* 460(15), 117859. 2020
- VALADE, I.; DAHLAN, Z. APPROACHING THE UNDERGROUND DEVELOPMENT OF A BAMBOO WITH LEPTOMORPH RHIZOMES: *Phyllostachys viridis* (Young) McClure. *J. Amer. Bamboo Soc.* 8, 23-42. 1991.

- VÁSQUEZ CERÓN, A.; BUSTAMANTE ZAMUDIO, C.; BUITRAGO, A.; BAPTISTE, B.; ECHEVERRI, J. (2020). El gran libro de la Orinoquia colombiana. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia
- VELOSO JS, CÂMARA MPS, LIMA WG, MICHEREFF SJ, DOYLE VP (2018). Why species delimitation matters for fungal ecology: Colletotrichum diversity on wild and cultivated cashew in Brazil. *Fungal Biology* 122: 677–691. (<https://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.03.005>).
- VELOSO, Josiene Silva et al. Antracnose do Cajueiro: Etiologia, Sintomatologia e Aspectos Epidemiológicos. *Revisão Anual de Patologias de plantas*, v. 28, p. 200-215, 2022.
- VERA, Damaris Elias; RÊGO, Norton Hayd; CACAU, Filipe Valadão do Prado; TEIXEIRA, Gabriel. CRESCIMENTO DE CLONES DE HÍBRIDOS DE EUCALYPTUS GRANDIS X EUCALYPTUS UROPHYLLA E EUCALYPTUS CAMALDULENSIS X EUCALYPTUS SPP. *ANAIS DO EGRAD*, [S. l.], v. 4, n. 7, 2018. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/egrad/article/view/4623>. Acesso em: 17 set. 2023.
- WALDHEIM, P.V.; CARVALHO, V.S.B.; CORREA, E.; FRANÇA, J.R. de. A. Zoneamento Climático da Cana-de-Açúcar, da Laranja e do Algodão Herbáceo para a Região Nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v.29, n.2, p.30-43, 2006.
- WANG, T.; WANG, G.; INNES, J.; NITSCHKE, C.; KANG, H. Climatic niche models and their consensus projections for future climates for four major forest tree species in the Asia-Pacific region. *Forest Ecology and Management*, v. 360, p. 357–366, 2016.
- YAMADA, E. S. M. Zoneamento agroclimático da *Jatropha curcas* L. como subsídio ao desenvolvimento da cultura no Brasil visando à produção de biodiesel. Piracicaba, 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2011.
- Zhou, G., Meng, C., Jiang, P. e Xu, Q. (2011). Revisão da fixação de carbono em florestas de bambu na China. *A revisão botânica*, 77 (3), 262.
- Zhou, X., Chen, L., & Lin, Q. (2012). Effects of Chemical Foaming Agents on the Physico-Mechanical Properties and Rheological Behavior of Bamboo Powder-Polypropylene Foamed Composites. *BioResources*, 7(2), 2183-2198

Apêndice A – Acúmulo de nutrientes em Eucalipto Clonal por classe de solo

Acúmulo de nutrientes na biomassa do eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades em solos arenosos.

Idade (mês)	N_Arv (kg/ha)	P_Arv (kg/ha)	K_Arv (kg/ha)	Ca_Arv (kg/ha)	Mg_Arv (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	25,3	1,7	14,0	6,0	1,5
12	57,7	3,9	33,0	17,1	4,4
24	96,5	7,1	57,1	42,9	11,0
36	115,8	9,0	68,1	69,0	17,4
48	127,3	10,3	72,4	89,4	22,2
60	143,4	11,9	78,2	106,4	25,9
72	167,2	13,9	88,0	121,6	29,1
84	190,2	15,7	97,7	129,8	30,7
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	37,9	2,5	21,0	9,0	2,3
12	86,6	5,9	49,5	25,7	6,6
24	144,8	10,6	85,6	64,3	16,5
36	173,7	13,5	102,1	103,5	26,1
48	191,0	15,5	108,6	134,1	33,3
60	215,1	17,8	117,3	159,5	38,9
72	250,8	20,8	132,0	182,3	43,7
84	285,3	23,6	146,5	194,8	46,1
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	50,5	3,3	28,0	12,0	3,0
12	115,4	7,8	66,1	34,2	8,8
24	193,0	14,1	114,1	85,7	21,9
36	231,6	18,1	136,2	138,0	34,8
48	254,7	20,7	144,9	178,8	44,3
60	286,8	23,7	156,4	212,7	51,8
72	334,4	27,7	176,0	243,1	58,3
84	380,4	31,5	195,3	259,7	61,4
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	63,2	4,2	34,9	15,0	3,8
12	144,3	9,8	82,6	42,8	10,9
24	241,3	17,6	142,7	107,2	27,4
36	289,5	22,6	170,2	172,4	43,5
48	318,3	25,9	181,1	223,5	55,4
60	358,5	29,6	195,5	265,9	64,8
72	418,0	34,7	219,9	303,9	72,9
84	475,5	39,4	244,1	324,6	76,8

Acúmulo de nutrientes na biomassa do Eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades produtividade em solos de textura média.

Idade (mês)	N_Arv (kg/ha)	P_Arv (kg/ha)	K_Arv (kg/ha)	Ca_Arv (kg/ha)	Mg_Arv (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	23,5	1,6	12,9	6,0	1,5
12	52,7	3,7	29,9	17,1	4,4
24	85,8	6,6	50,1	42,9	11,0
36	102,6	8,4	59,1	69,0	17,4
48	114,4	9,6	63,3	89,4	22,2
60	131,2	11,1	69,7	106,4	25,9
72	155,4	13,1	80,0	121,6	29,1
84	178,6	15,0	90,1	129,8	30,7
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	35,3	2,4	19,4	9,0	2,3
12	79,0	5,5	44,9	25,7	6,6
24	128,7	9,8	75,1	64,3	16,5
36	153,9	12,6	88,6	103,5	26,1
48	171,5	14,5	95,0	134,1	33,3
60	196,9	16,7	104,5	159,5	38,9
72	233,1	19,7	119,9	182,3	43,7
84	268,0	22,5	135,2	194,8	46,1
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	47,0	3,2	25,9	12,0	3,0
12	105,3	7,4	59,8	34,2	8,8
24	171,6	13,1	100,2	85,7	21,9
36	205,2	16,7	118,1	138,0	34,8
48	228,7	19,3	126,7	178,8	44,3
60	262,5	22,3	139,4	212,7	51,8
72	310,8	26,3	159,9	243,1	58,3
84	357,3	30,0	180,3	259,7	61,4
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	58,8	4,0	32,3	15,0	3,8
12	131,6	9,2	74,8	42,8	10,9
24	214,5	16,4	125,2	107,2	27,4
36	256,5	20,9	147,7	172,4	43,5
48	285,9	24,1	158,3	223,5	55,4
60	328,1	27,9	174,2	265,9	64,8
72	388,5	32,9	199,9	303,9	72,9
84	446,6	37,5	225,4	324,6	76,8

Acúmulo de nutrientes na biomassa do Eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades produtividade em solos argilosos.

Idade (mês)	N_Arv (kg/ha)	P_Arv (kg/ha)	K_Arv (kg/ha)	Ca_Arv (kg/ha)	Mg_Arv (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	22,3	1,5	12,9	6,0	1,5
12	49,9	3,4	29,9	17,1	4,4
24	81,3	6,1	50,1	42,9	11,0
36	97,2	7,8	59,1	69,0	17,4
48	108,4	9,0	63,3	89,4	22,2
60	124,4	10,4	69,7	106,4	25,9
72	147,3	12,3	80,0	121,6	29,1
84	169,3	14,0	90,1	129,8	30,7
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	33,4	2,2	19,4	9,0	2,3
12	74,9	5,2	44,9	25,7	6,6
24	122,0	9,2	75,1	64,3	16,5
36	145,9	11,7	88,6	103,5	26,1
48	162,6	13,5	95,0	134,1	33,3
60	186,6	15,6	104,5	159,5	38,9
72	220,9	18,5	119,9	182,3	43,7
84	254,0	21,1	135,2	194,8	46,1
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	44,6	3,0	25,9	12,0	3,0
12	99,8	6,9	59,8	34,2	8,8
24	162,7	12,3	100,2	85,7	21,9
36	194,5	15,7	118,1	138,0	34,8
48	216,8	18,0	126,7	178,8	44,3
60	248,8	20,9	139,4	212,7	51,8
72	294,6	24,6	159,9	243,1	58,3
84	338,7	28,1	180,3	259,7	61,4
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	55,7	3,7	32,3	15,0	3,8
12	124,8	8,6	74,8	42,8	10,9
24	203,4	15,3	125,2	107,2	27,4
36	243,1	19,6	147,7	172,4	43,5
48	271,0	22,5	158,3	223,5	55,4
60	311,0	26,1	174,2	265,9	64,8
72	368,2	30,8	199,9	303,9	72,9
84	423,3	35,1	225,4	324,6	76,8

Acúmulo de nutrientes na biomassa do tronco do Eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades em solos arenosos.

Idade (mês)	N_Tr (kg/ha)	P_Tr (kg/ha)	K_Tr (kg/ha)	Ca_Tr (kg/ha)	Mg_Tr (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	1,6	0,2	3,0	1,0	0,1
12	5,3	0,6	8,3	5,8	0,4
24	17,6	1,7	18,7	22,2	3,4
36	34,7	3,0	27,3	43,2	7,3
48	51,5	4,2	33,4	63,0	10,9
60	67,6	5,3	39,6	81,4	14,1
72	84,6	6,7	47,3	99,1	17,1
84	99,4	7,8	54,4	111,4	19,2
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	2,4	0,3	4,5	1,5	0,1
12	8,0	0,9	12,4	8,7	0,6
24	26,4	2,6	28,1	33,3	5,1
36	52,0	4,5	40,9	64,8	10,9
48	77,2	6,2	50,1	94,4	16,3
60	101,4	8,0	59,4	122,1	21,1
72	136,9	10,0	70,9	148,7	25,7
84	149,0	11,8	81,7	167,1	28,7
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	3,1	0,4	6,0	2,1	0,1
12	10,7	1,3	16,6	11,6	0,7
24	35,5	3,5	37,4	44,4	6,8
36	69,4	6,0	54,6	86,4	14,5
48	102,9	8,3	66,8	125,9	21,7
60	135,2	10,7	79,2	162,8	28,2
72	169,2	13,3	94,6	198,2	34,2
84	198,7	15,7	108,9	222,8	38,3
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	3,9	0,5	7,5	2,6	0,2
12	13,3	1,6	20,7	14,5	0,9
24	44,1	4,3	46,8	55,5	8,5
36	86,7	7,5	68,2	108,0	18,2
48	128,7	10,4	83,5	157,4	27,1
60	169,0	13,4	99,0	203,5	35,2
72	211,5	16,7	118,2	247,8	42,8
84	248,4	19,6	136,1	278,5	47,9

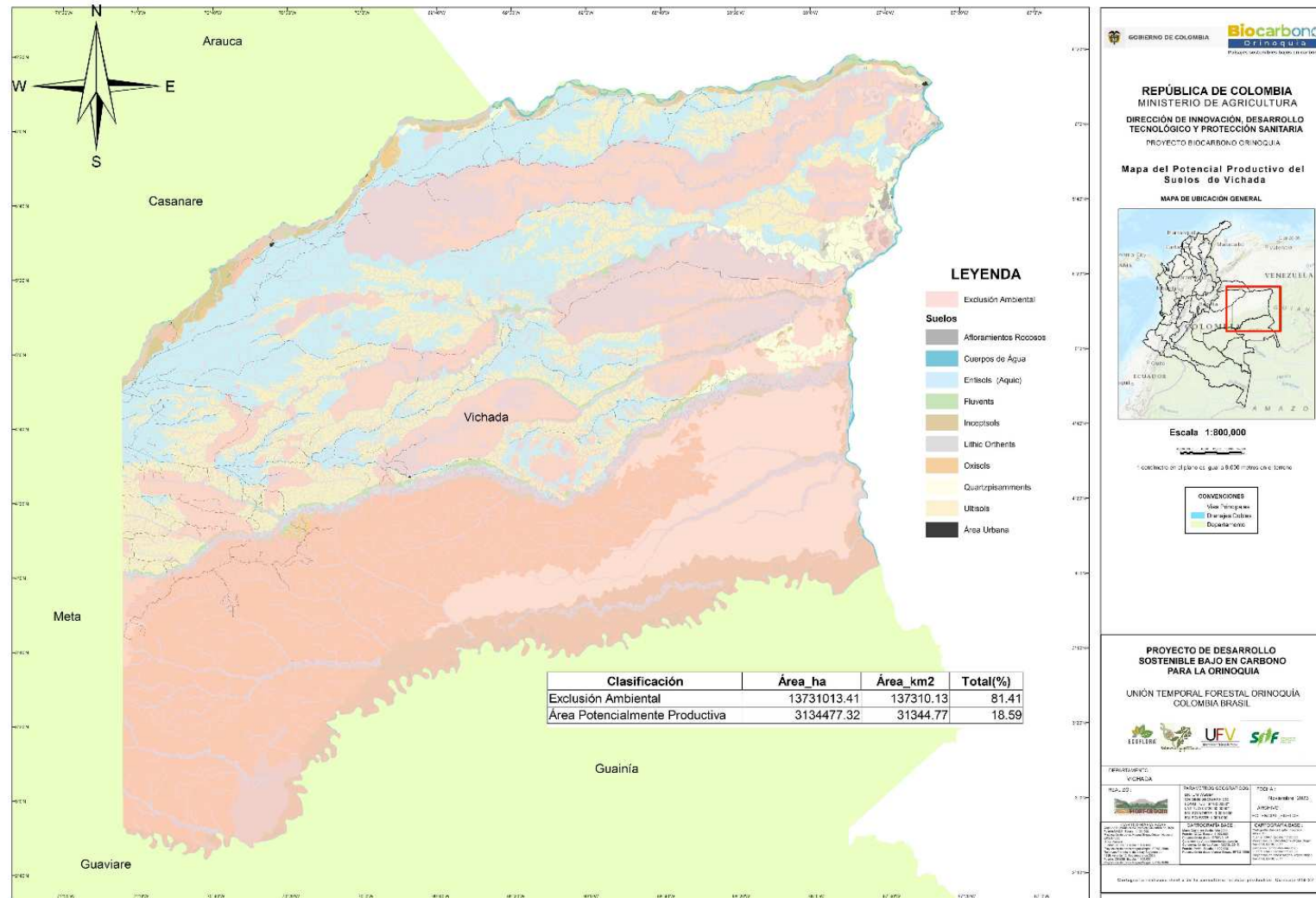
Acúmulo de nutrientes na biomassa do tronco do Eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades em solos de textura média.

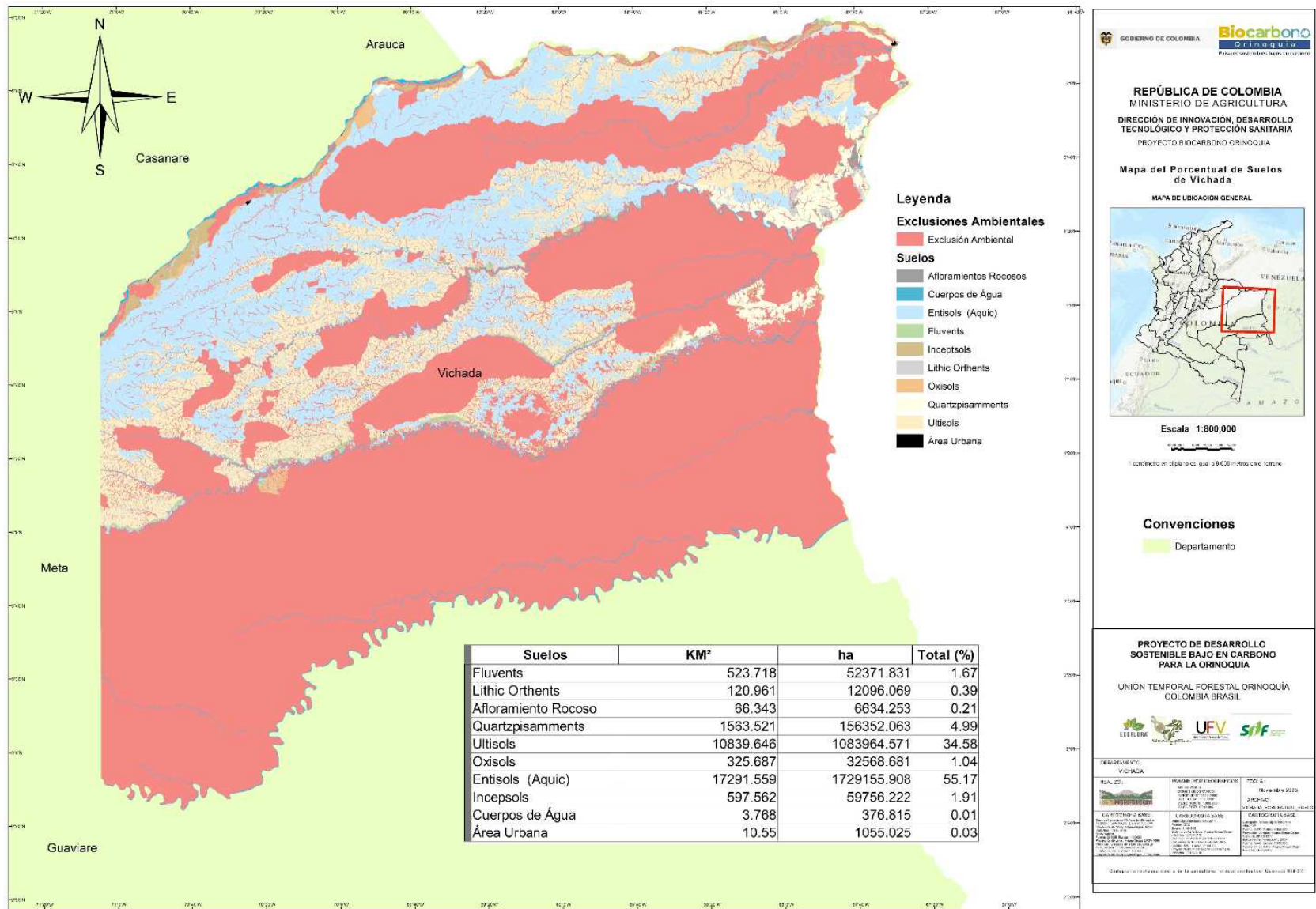
Idade (mês)	N_Tr (kg/ha)	P_Tr (kg/ha)	K_Tr (kg/ha)	Ca_Tr (kg/ha)	Mg_Tr (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	1,5	0,2	2,9	1,0	0,1
12	5,0	0,6	7,9	5,8	0,4
24	16,2	1,7	17,7	22,2	3,4
36	31,7	3,0	25,6	43,2	7,3
48	47,7	4,1	31,4	63,0	10,9
60	63,8	5,3	37,5	81,4	14,1
72	81,2	6,7	45,2	99,1	17,1
84	96,3	8,0	52,5	111,4	19,2
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	2,3	0,3	4,3	1,5	0,1
12	7,5	0,9	11,9	8,7	0,6
24	24,3	2,6	26,6	33,3	5,1
36	47,6	4,4	38,4	64,8	10,9
48	71,6	6,2	47,1	94,4	16,3
60	95,8	8,0	56,3	122,1	21,1
72	121,8	10,1	67,9	148,7	25,7
84	144,5	11,9	78,7	167,1	28,7
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	3,0	0,4	5,8	2,1	0,1
12	10,1	1,3	15,9	11,6	0,7
24	32,4	3,4	35,4	44,4	6,8
36	63,4	5,9	51,2	86,4	14,5
48	95,4	8,2	62,8	125,9	21,7
60	127,7	10,7	75,0	162,8	28,2
72	162,4	13,4	90,5	198,2	34,2
84	192,7	15,9	105,0	222,8	38,3
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	3,8	0,5	7,2	2,6	0,2
12	12,6	1,6	19,9	14,5	0,9
24	40,5	4,3	44,3	55,5	8,5
36	79,3	7,4	64,0	108,0	18,2
48	119,3	10,3	78,4	157,4	27,1
60	159,6	13,4	93,8	203,5	35,2
72	202,9	16,8	113,1	247,8	42,8
84	240,8	19,9	131,2	278,5	47,9

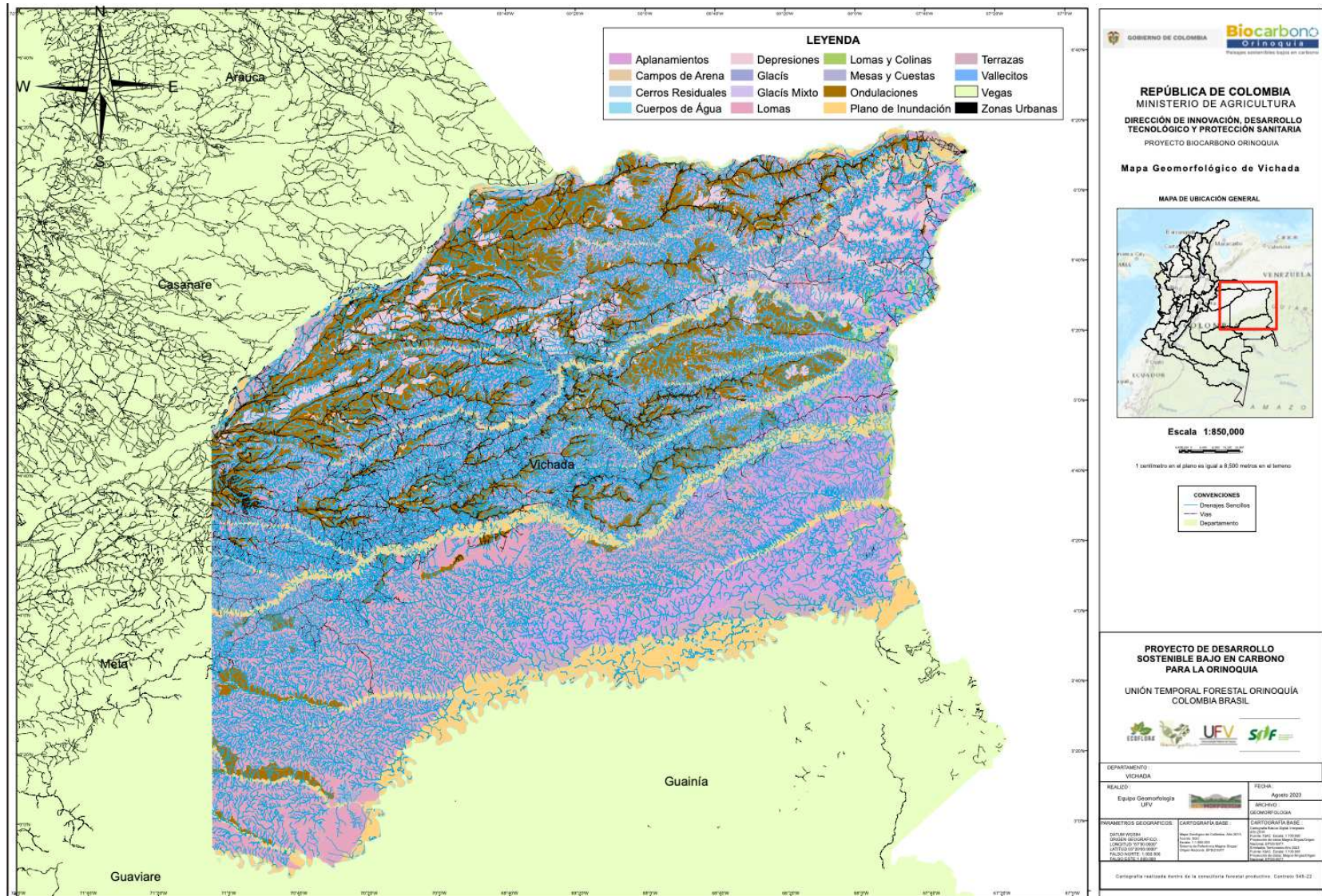
Acúmulo de nutrientes na biomassa do tronco do Eucalipto clonal, em rotação de 7 anos, considerando diferentes produtividades em solos argilosos.

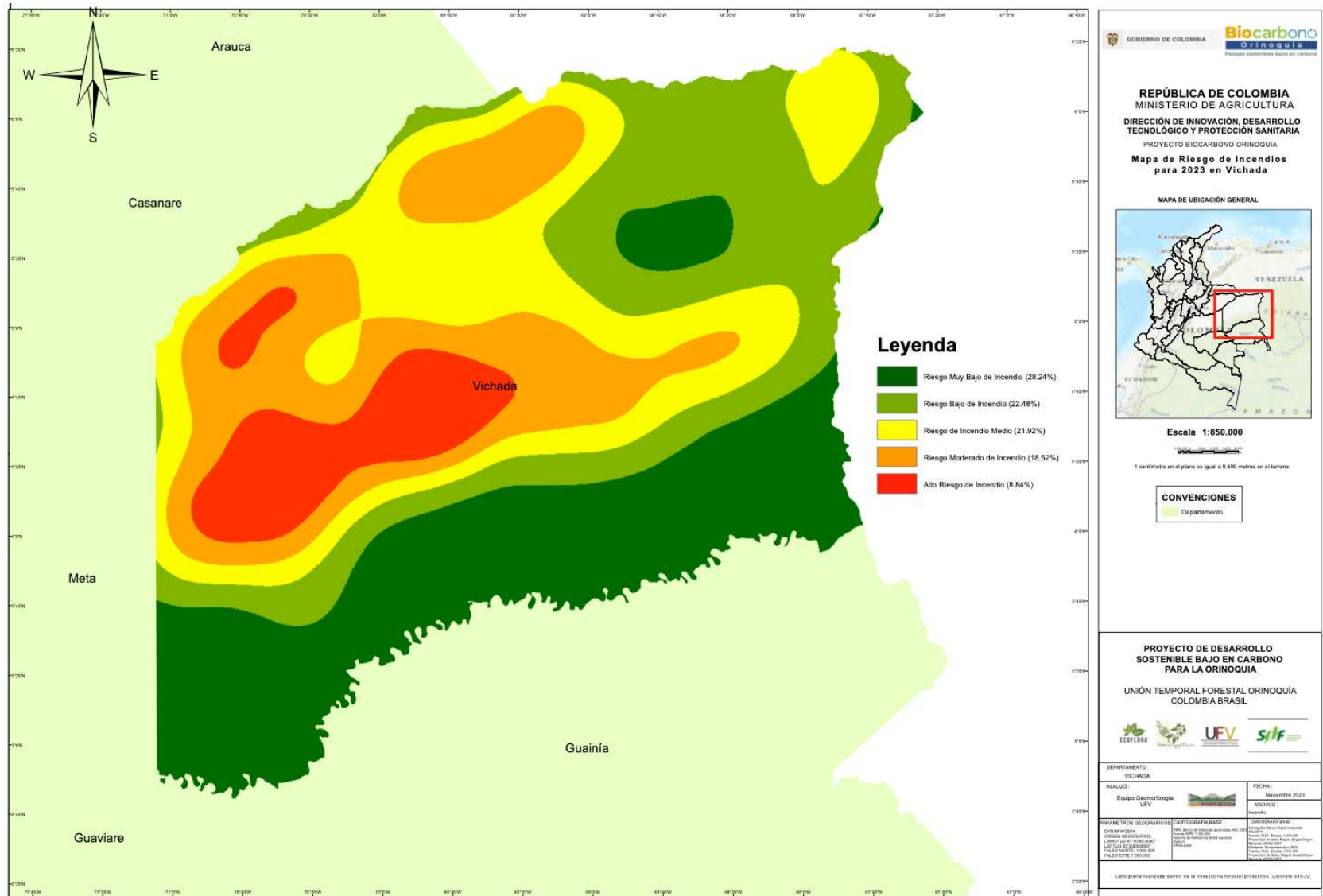
Idade (mês)	N_Tr (kg/ha)	P_Tr (kg/ha)	K_Tr (kg/ha)	Ca_Tr (kg/ha)	Mg_Tr (kg/ha)
IMA7 = 20m³/ha/ano					
6	1,4	0,2	3,0	1,0	0,1
12	4,8	0,6	8,4	5,8	0,4
24	15,3	1,6	18,7	22,2	3,4
36	30,1	2,8	27,0	43,2	7,3
48	45,2	3,9	33,1	63,0	10,9
60	60,5	5,0	39,6	81,4	14,1
72	76,9	6,3	47,8	99,1	17,1
84	91,3	7,4	55,4	111,4	19,2
IMA7 = 30m³/ha/ano					
6	2,1	0,3	4,6	1,5	0,1
12	7,2	0,9	12,6	8,7	0,6
24	23,0	2,4	28,0	33,3	5,1
36	45,1	4,1	40,5	64,8	10,9
48	67,8	5,8	49,7	94,4	16,3
60	90,8	7,5	59,4	122,1	21,1
72	115,4	9,4	71,7	148,7	25,7
84	137,0	11,2	83,1	167,1	28,7
IMA7 = 40m³/ha/ano					
6	2,9	0,4	6,1	2,1	0,1
12	9,5	1,2	16,8	11,6	0,7
24	30,7	3,2	37,4	44,4	6,8
36	60,1	5,5	54,1	86,4	14,5
48	90,4	7,7	66,3	125,9	21,7
60	121,0	10,0	79,3	162,8	28,2
72	153,9	12,6	95,5	198,2	34,2
84	182,6	14,9	110,8	222,8	38,3
IMA7 = 50m³/ha/ano					
6	3,6	0,5	7,6	2,6	0,2
12	11,9	1,5	21,0	14,5	0,9
24	38,3	4,0	46,7	55,5	8,5
36	75,2	6,9	67,6	108,0	18,2
48	113,0	9,6	82,8	157,4	27,1
60	151,3	12,5	99,1	203,5	35,2
72	192,4	15,7	119,4	247,8	42,8
84	228,3	18,6	138,6	278,5	47,9

Anexo A – Mapas de estudio do departamento de Vichada, Orinoquia, Colômbia.

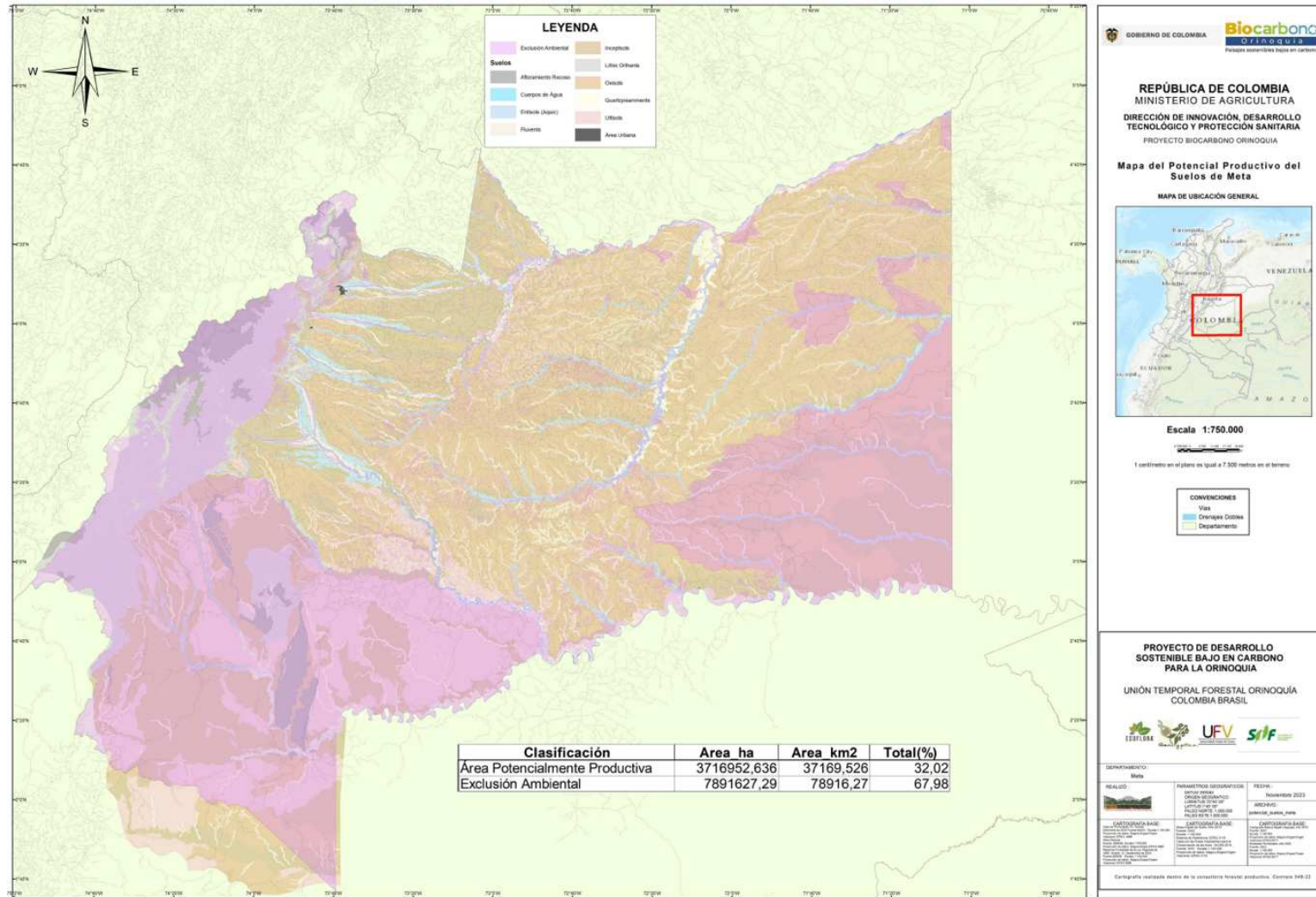


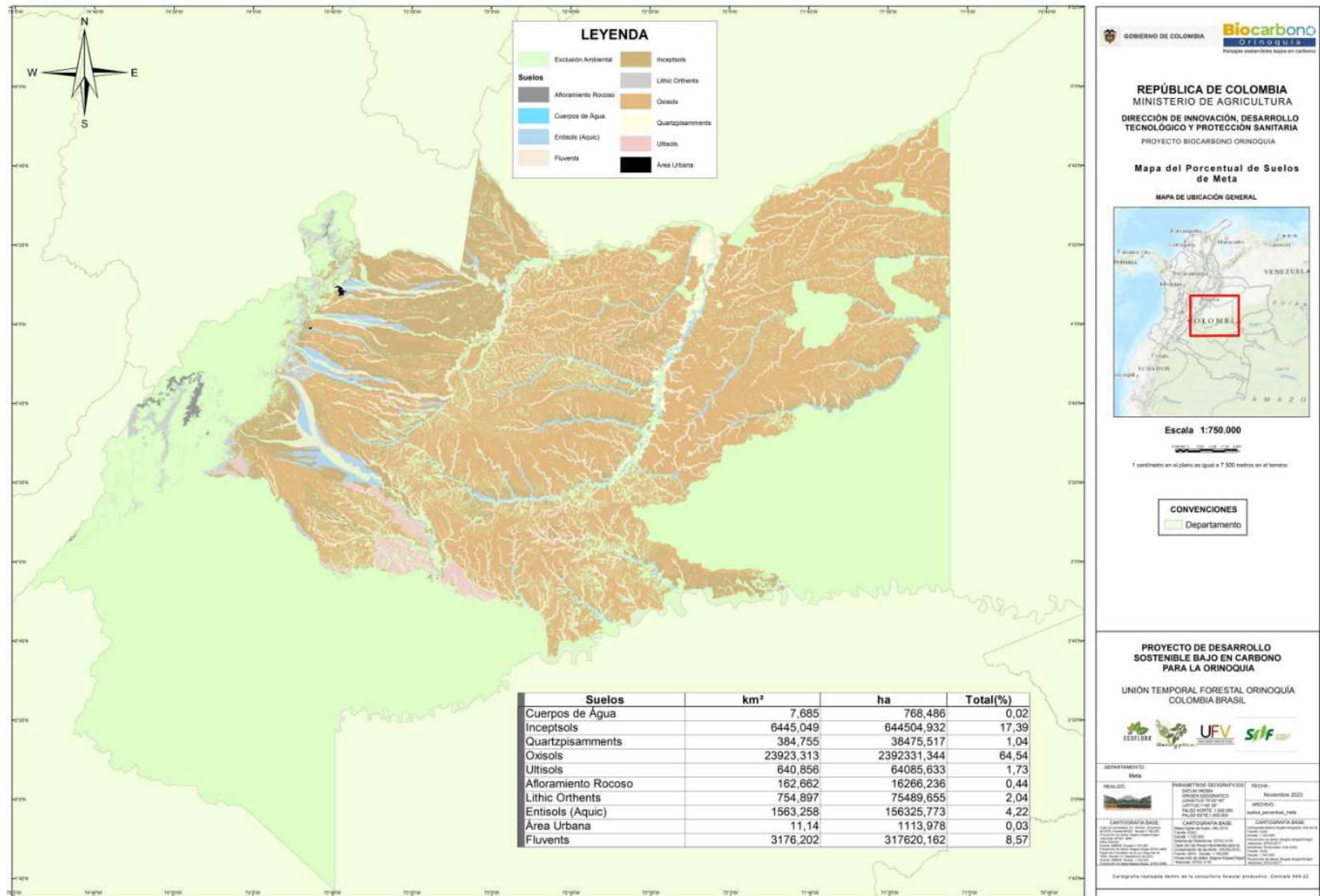


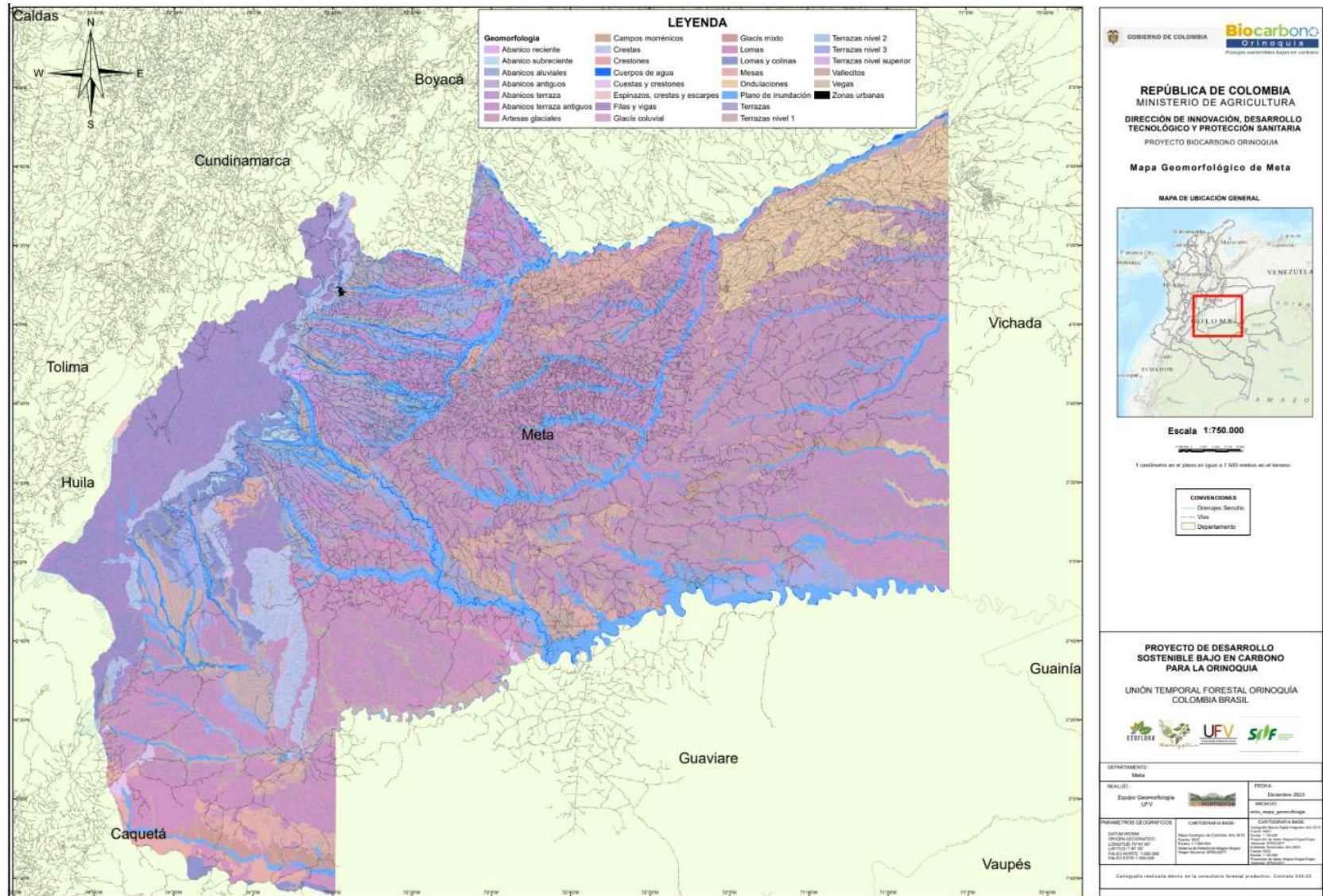




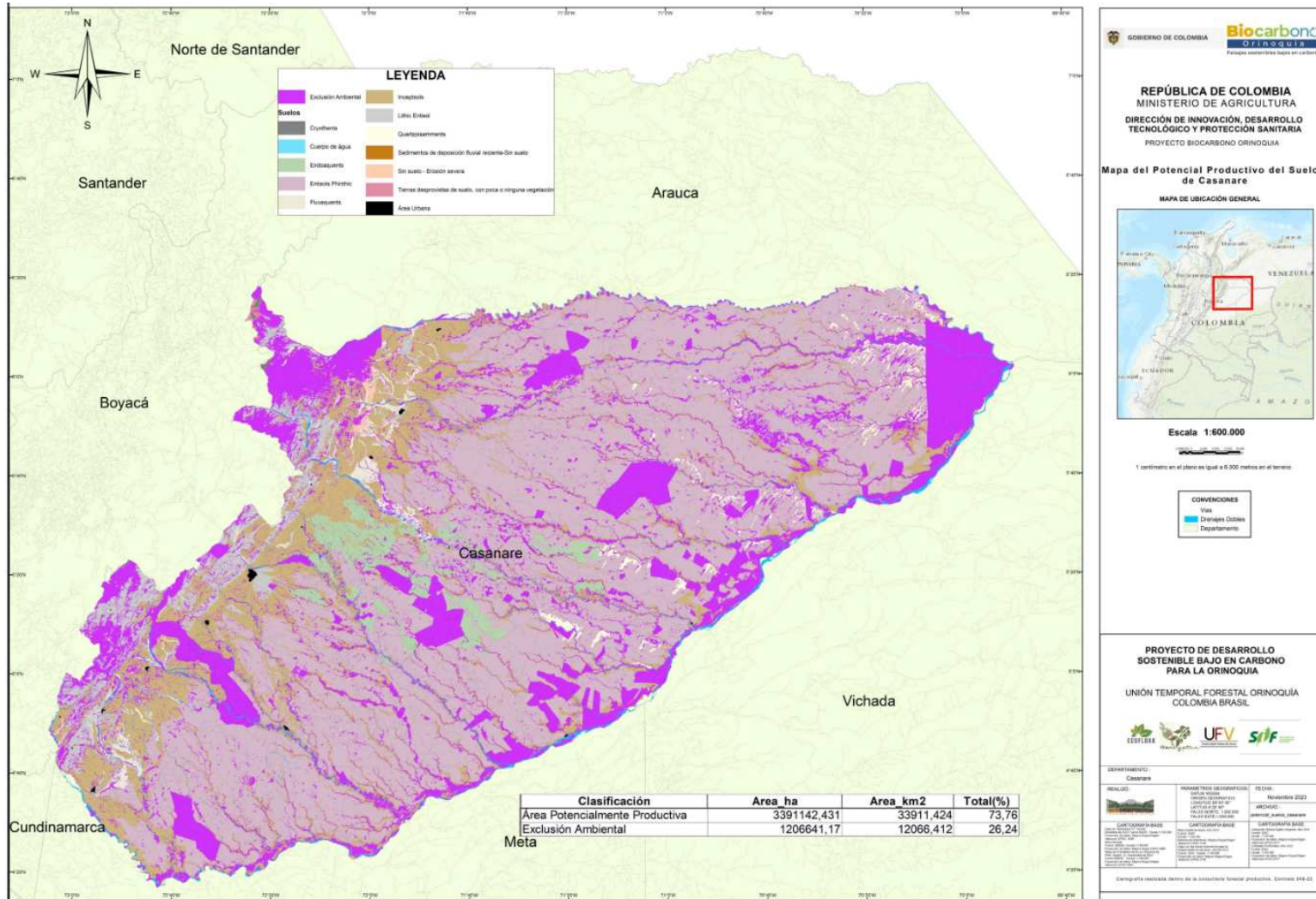
Anexo B – Mapas de estudio do departamento de Meta, Orinoquia, Colômbia.

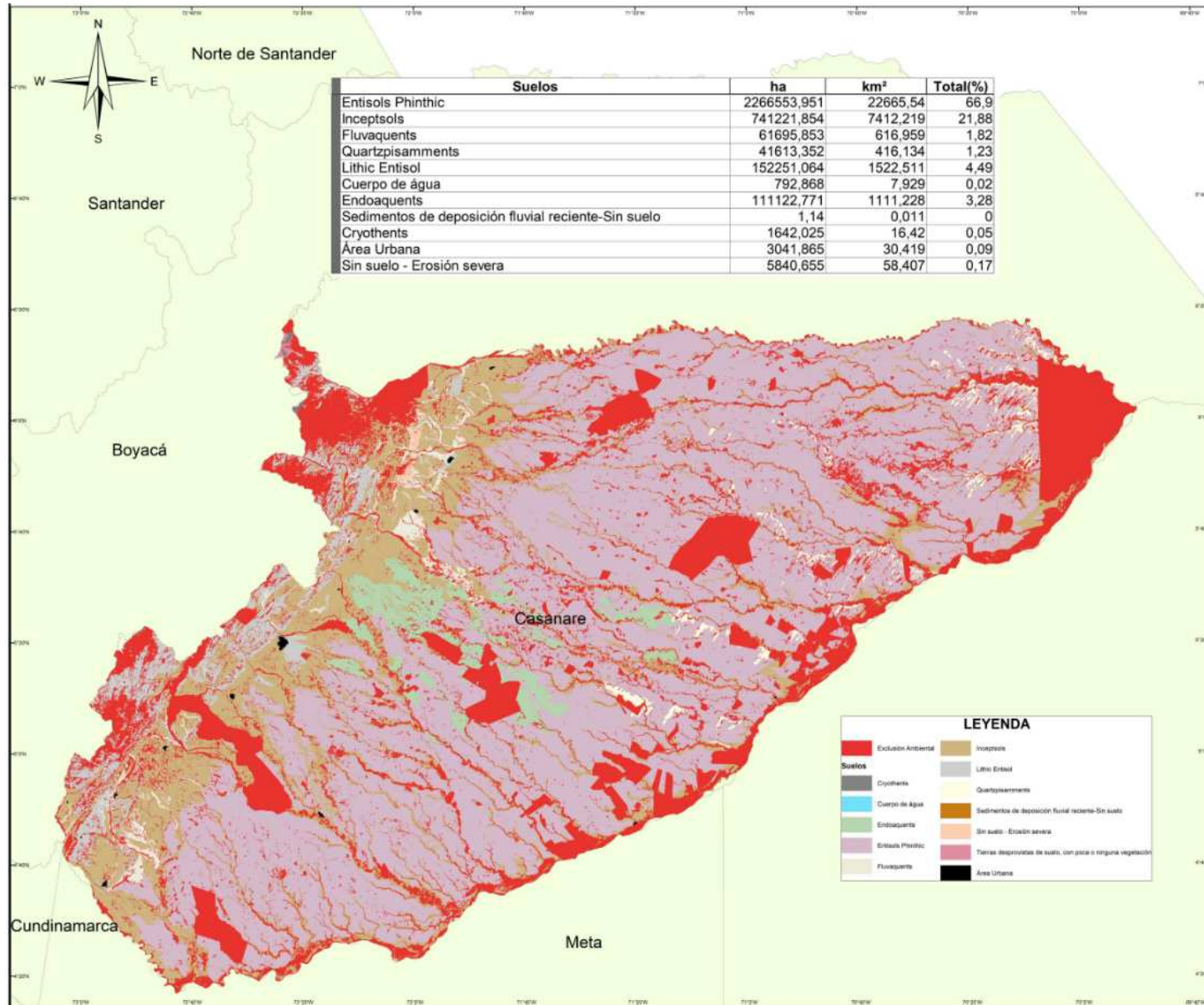






Anexo C – Mapas de estudio do departamento de Casanare, Orinoquia, Colômbia.





GOBIERNO DE COLOMBIA **Biocarbono**
 MINISTERIO DE AGRICULTURA
 DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PROTECCIÓN SANITARIA
 PROYECTO BIOCARBONO ORINOQUIA

REPÚBLICA DE COLOMBIA
 MINISTERIO DE AGRICULTURA
 DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PROTECCIÓN SANITARIA
 PROYECTO BIOCARBONO ORINOQUIA

Mapa del Porcentaje de Suelos de Casanare

MAPA DE UBICACIÓN GENERAL

Escala 1:600.000

1 centímetro en el plano es igual a 6.000 metros en el terreno

CONVENCIONES
 Departamento

PROYECTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE BAJO EN CARBONO PARA LA ORINOQUIA

UNIÓN TEMPORAL FORESTAL ORINOQUIA COLOMBIA BRASIL

DEPARTAMENTO: Casanare

REALIZADO: [Logo]

INGENIEROS GEOGRAFICOS: [Logo]

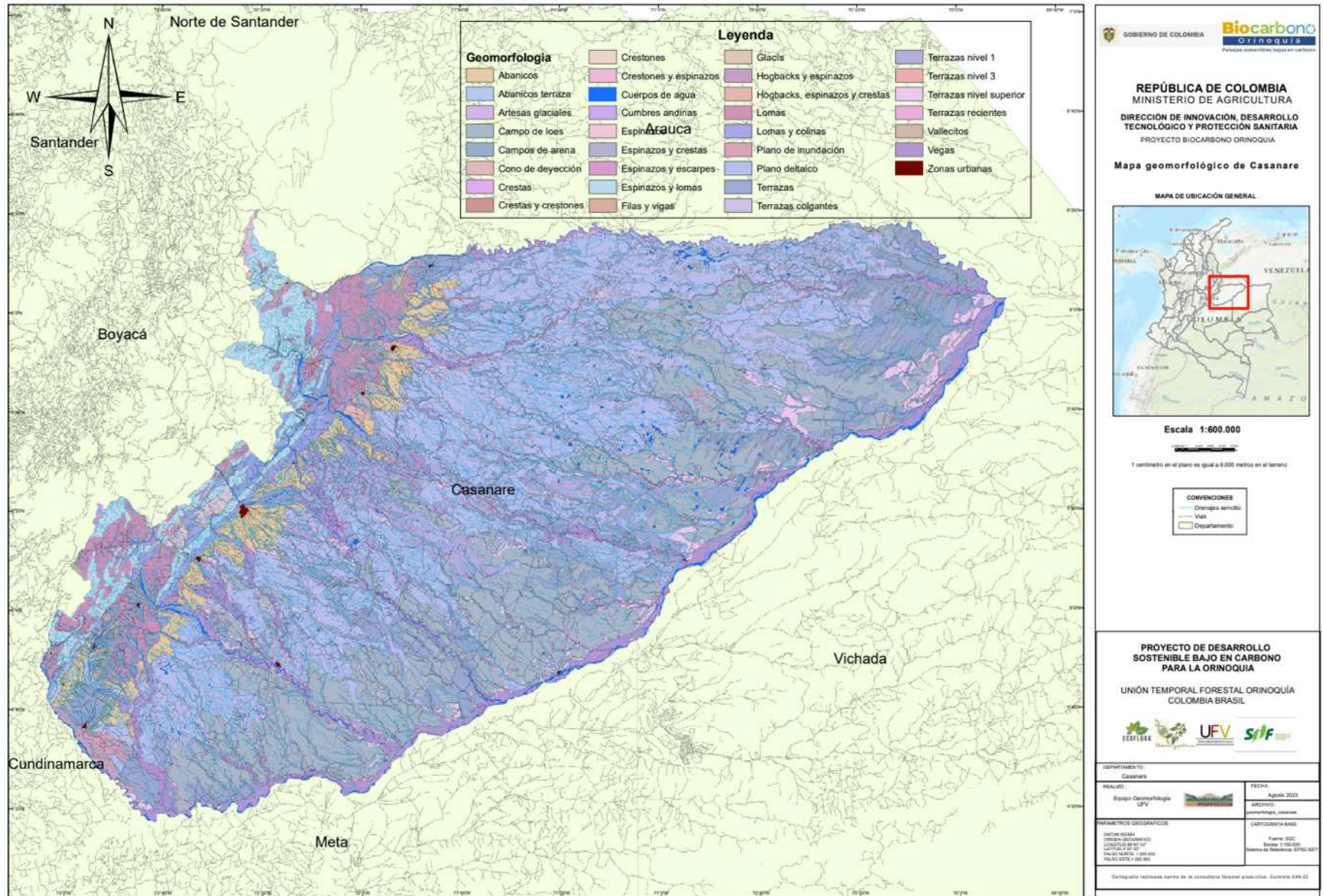
FECHA: Noviembre 2023

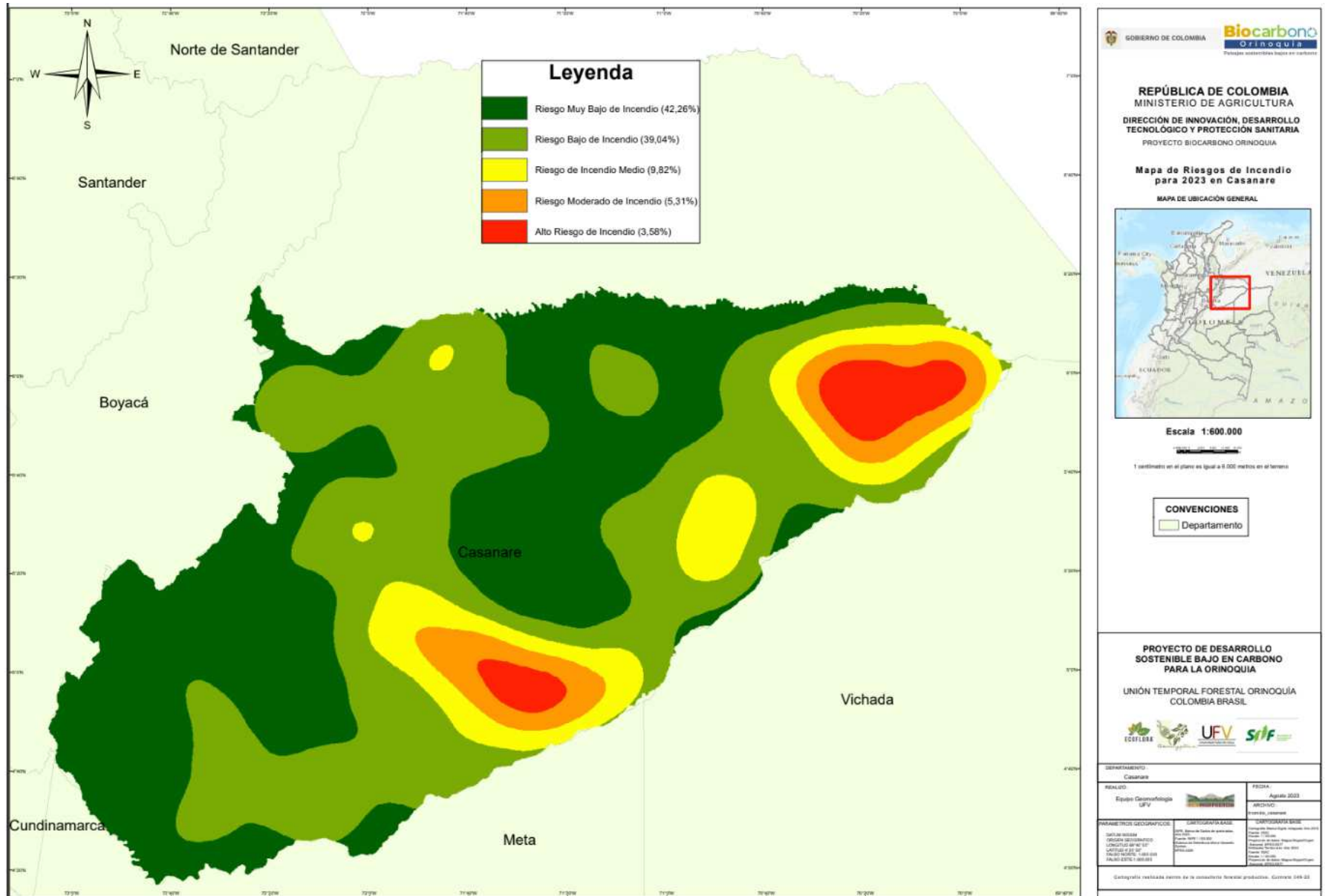
CARTOGRAFIA BASE: [Logo]

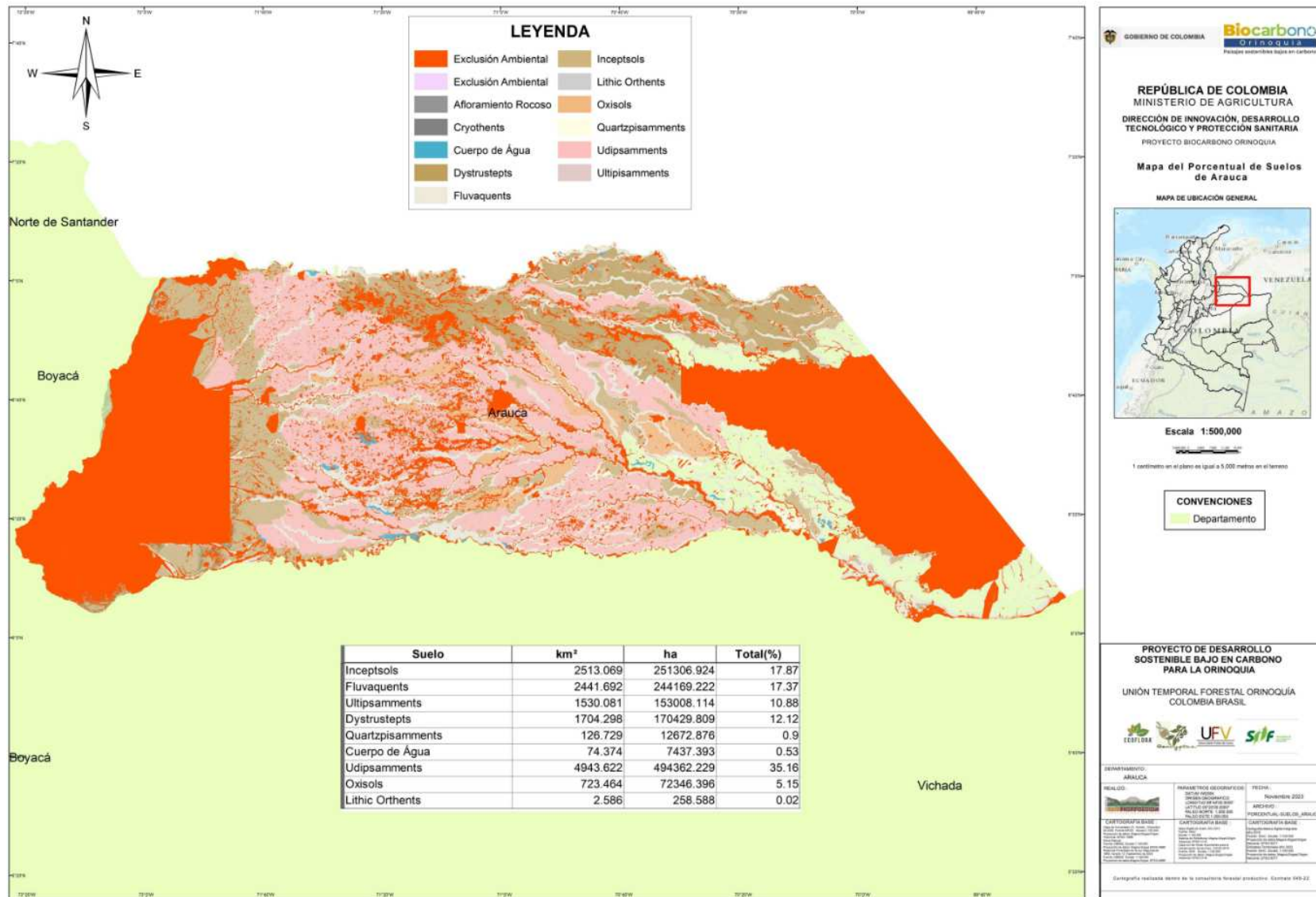
CARTOGRAFIA BASE: [Logo]

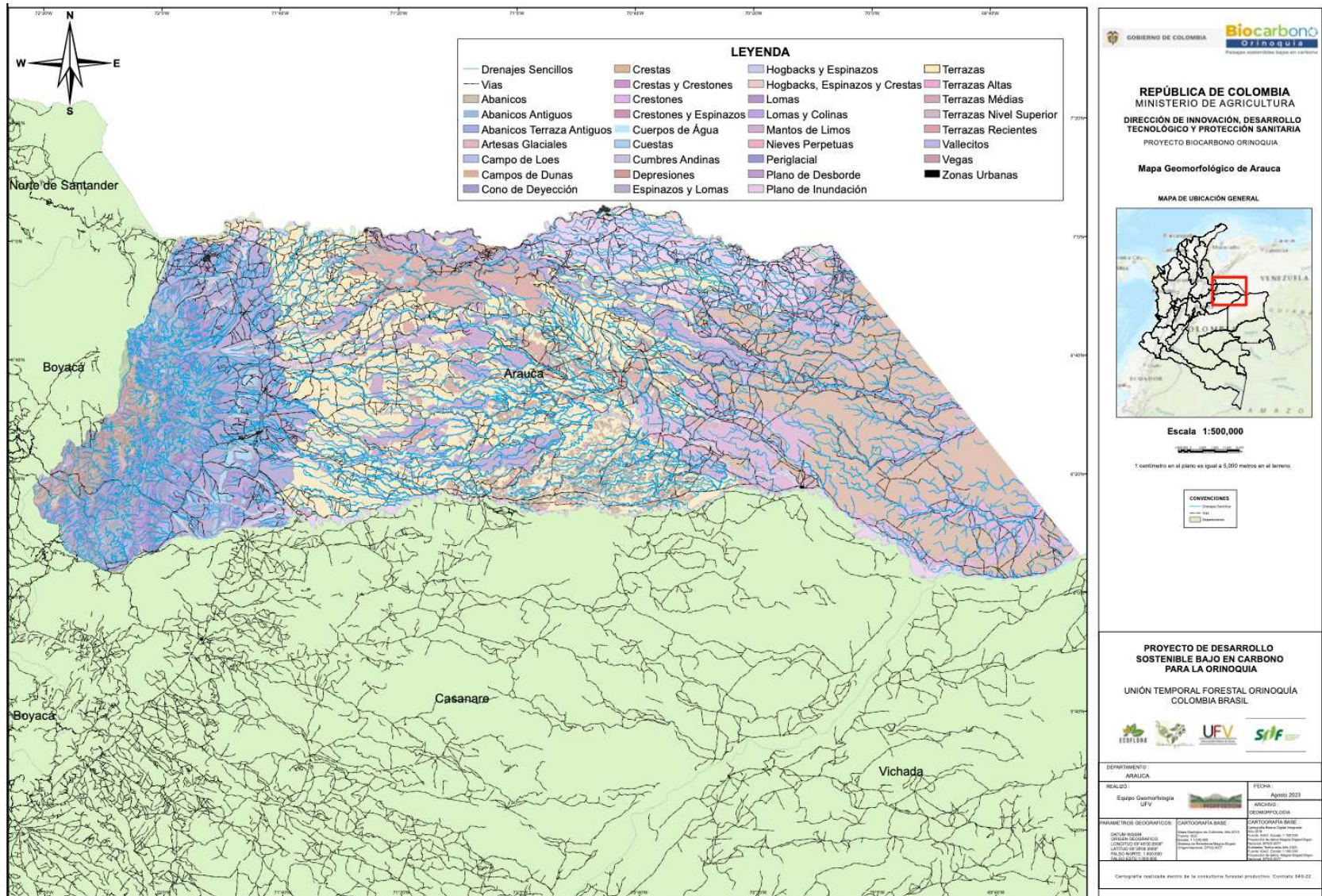
CARTOGRAFIA BASE: [Logo]

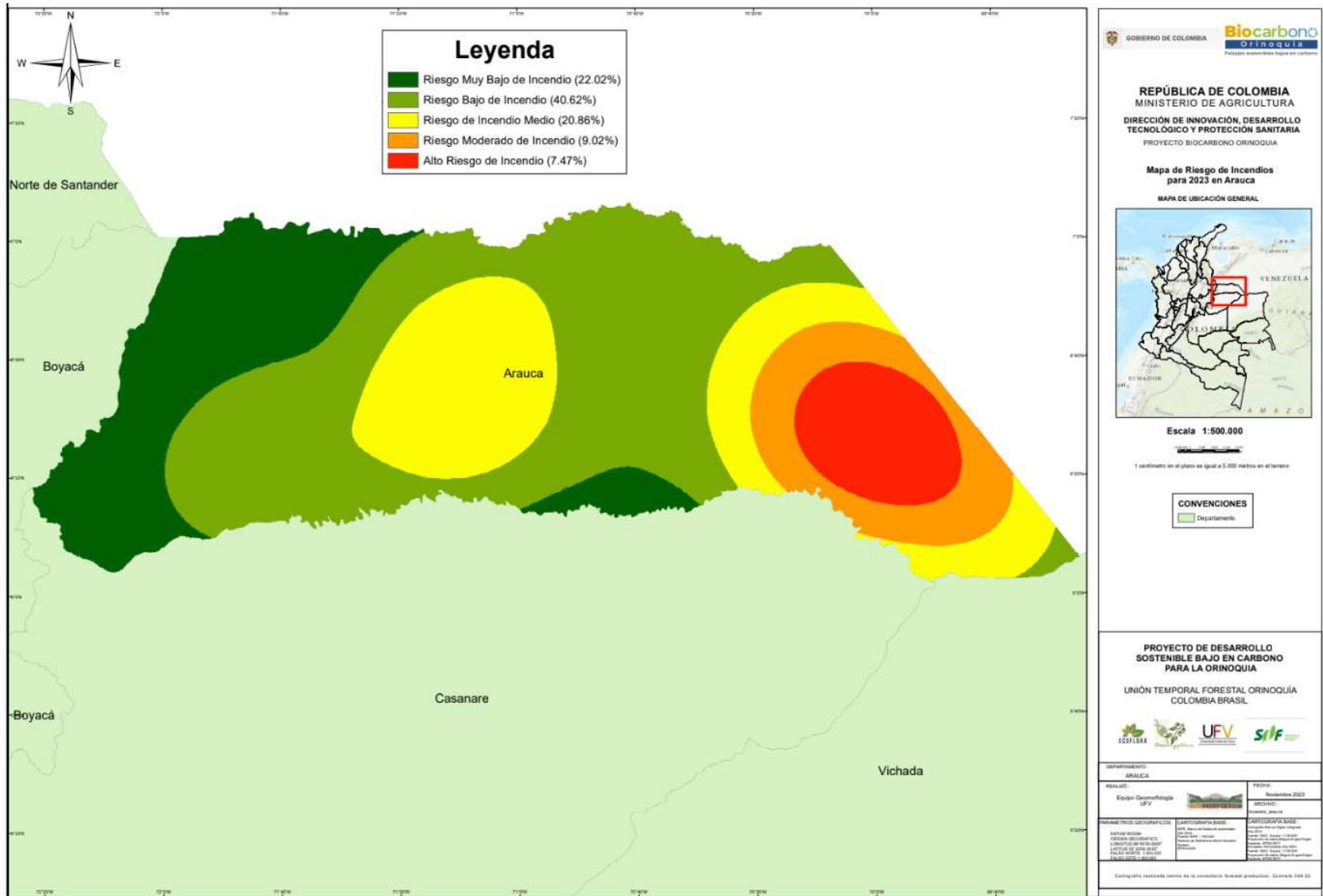
Cartografía realizada dentro de la simbiosis forestal andino-amazónica. Consulta 249-22





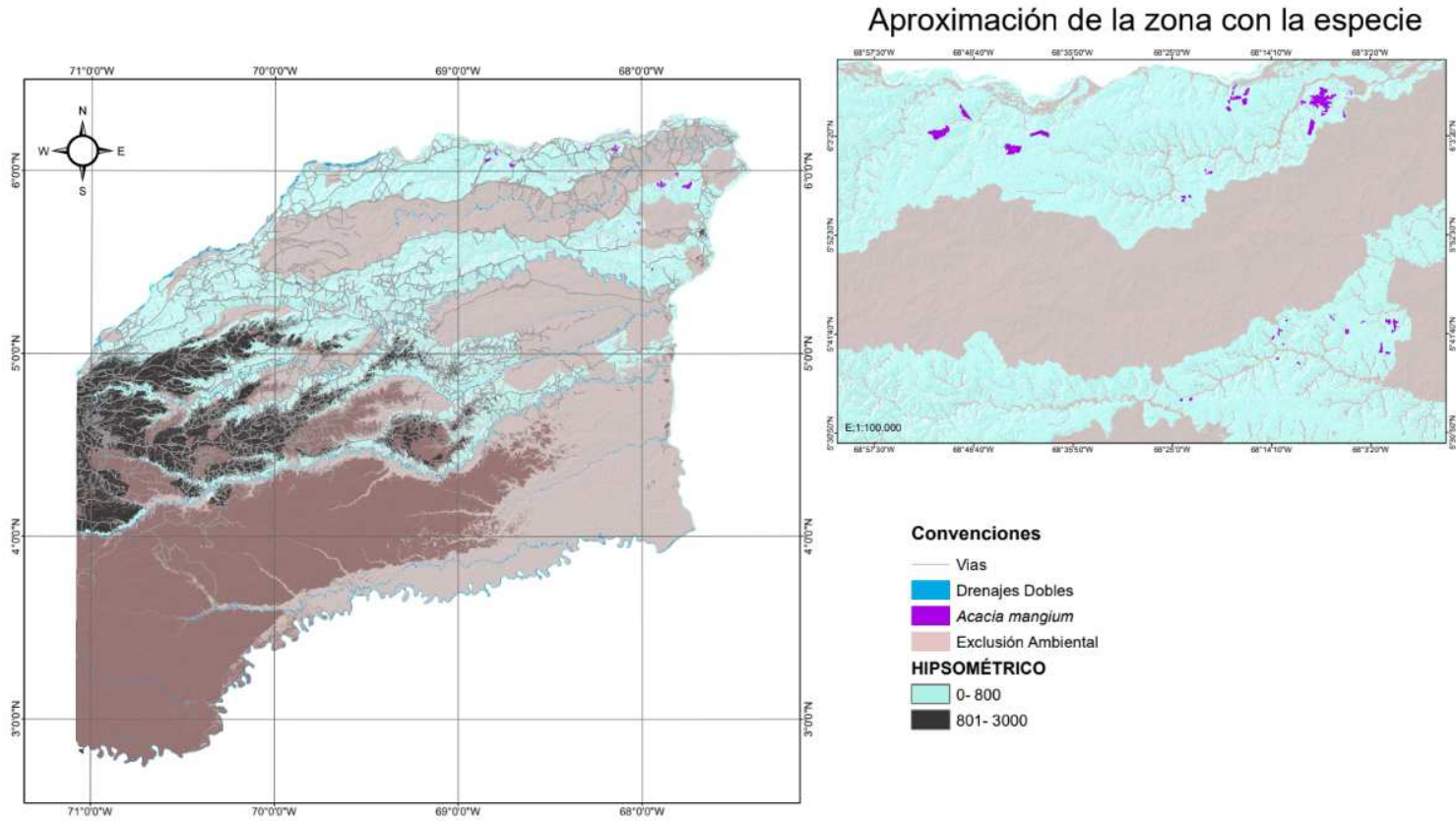






Anexo E – Zonas potencialmente productivas do departamento de Vichada, Orinoquia, Colômbia.

ZONIFICACIÓN DE ACACIA MANGIUM 0-800 METROS EN VICHADA -COL

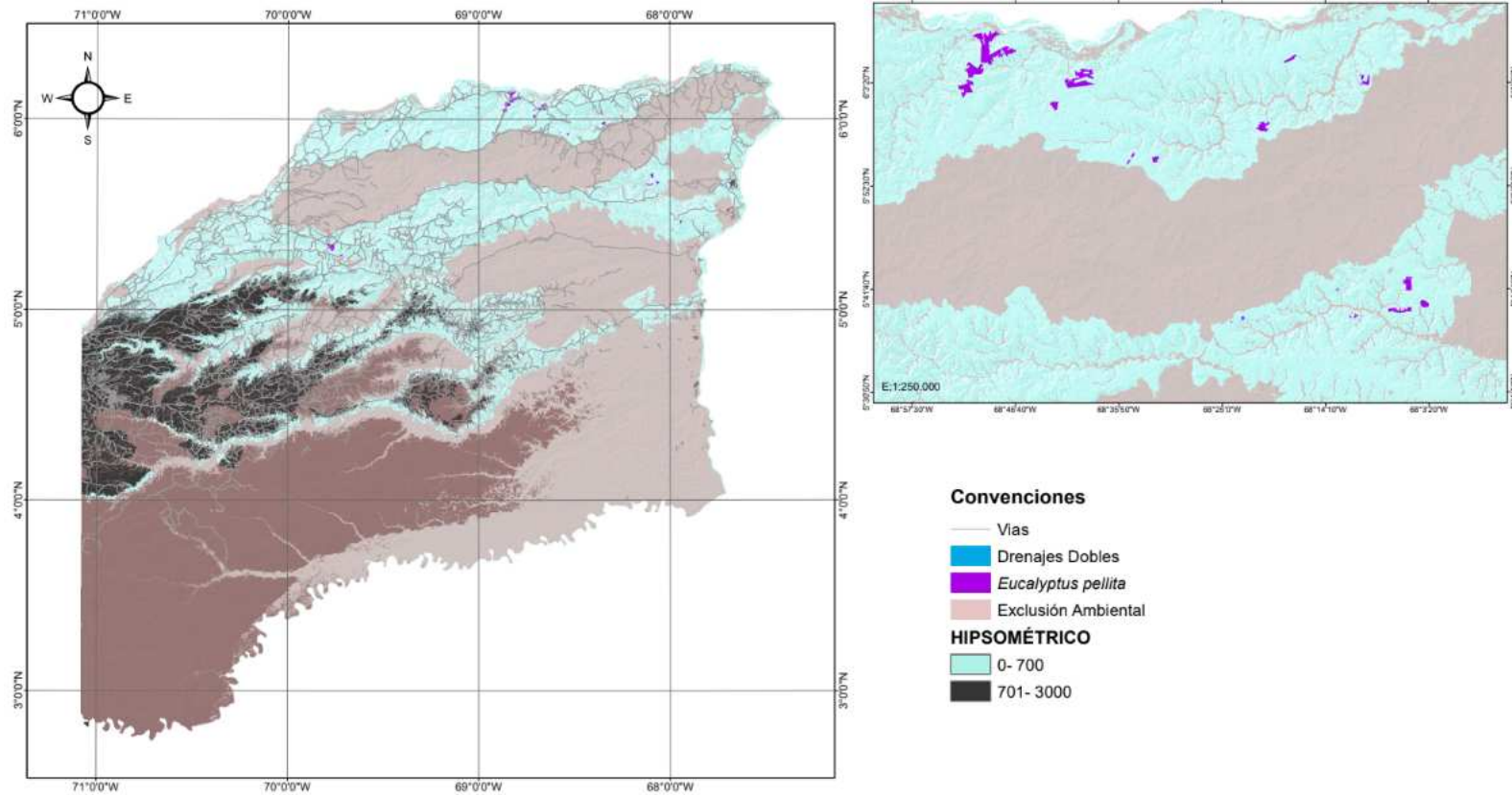


FUENTE: SRTM, AICAS, IAVH, RESERVAS FLORESTALES LEY59, DBBSE, MAD3, IDEAM, ICA, CIF MADR, CORINE, RUNAP,IGAC;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM WGS84
 E:1:750 000
 ELABORADO POR: LABORATORIO GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE EUCALYPTUS PELLITA 0-700 METROS EN VICHADA -COL

Aproximación de la zona con la especie

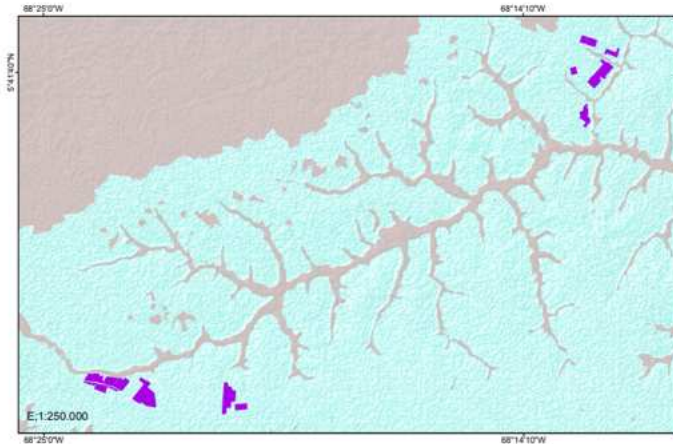
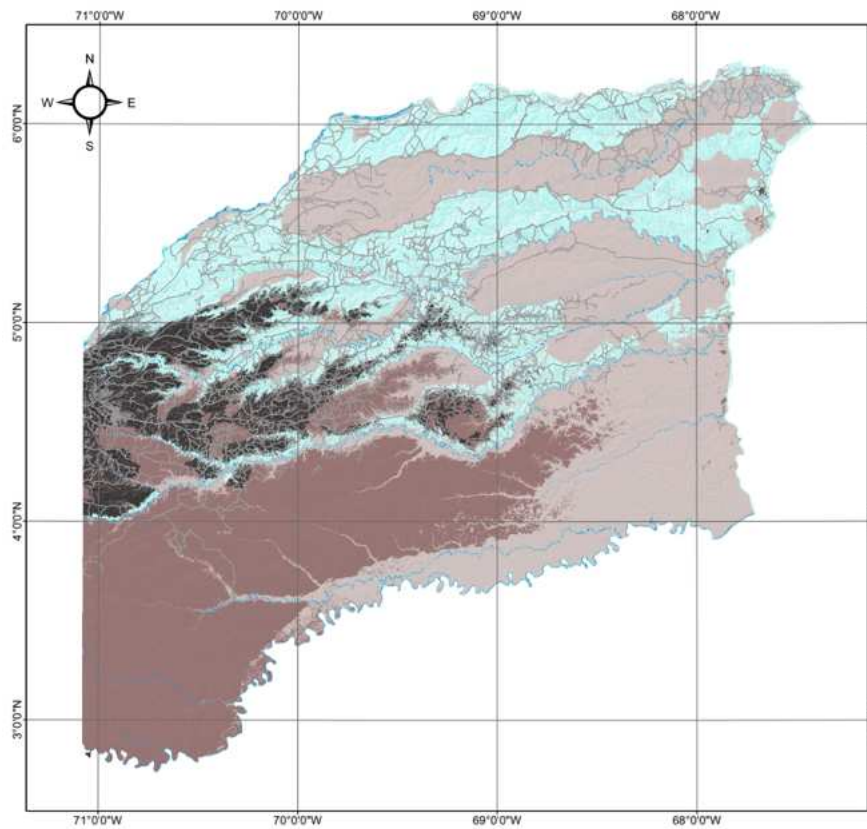


FUENTE: SRTM, AICAS, IAVH, RESERVAS FLORESTALES LEY59, DBBSE, MADS, IDEAM; IGA; CIF MADR; CORINE; RUNAP-IGAC;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM WGS84
 E: 1:750.000
 ELABORADO POR: LABORATORIO GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE EUCALYPTUS TERETICORNIS 0-1500 METROS EN VICHADA -COL

Aproximación de la zona con la especie



Convenciones

- Vias
 - Drenajes Dobles
 - *Eucalyptus tereticornis*
 - Exclusión Ambiental
- HIPSOMÉTRICO**
- 0- 1500
 - 1501- 3000

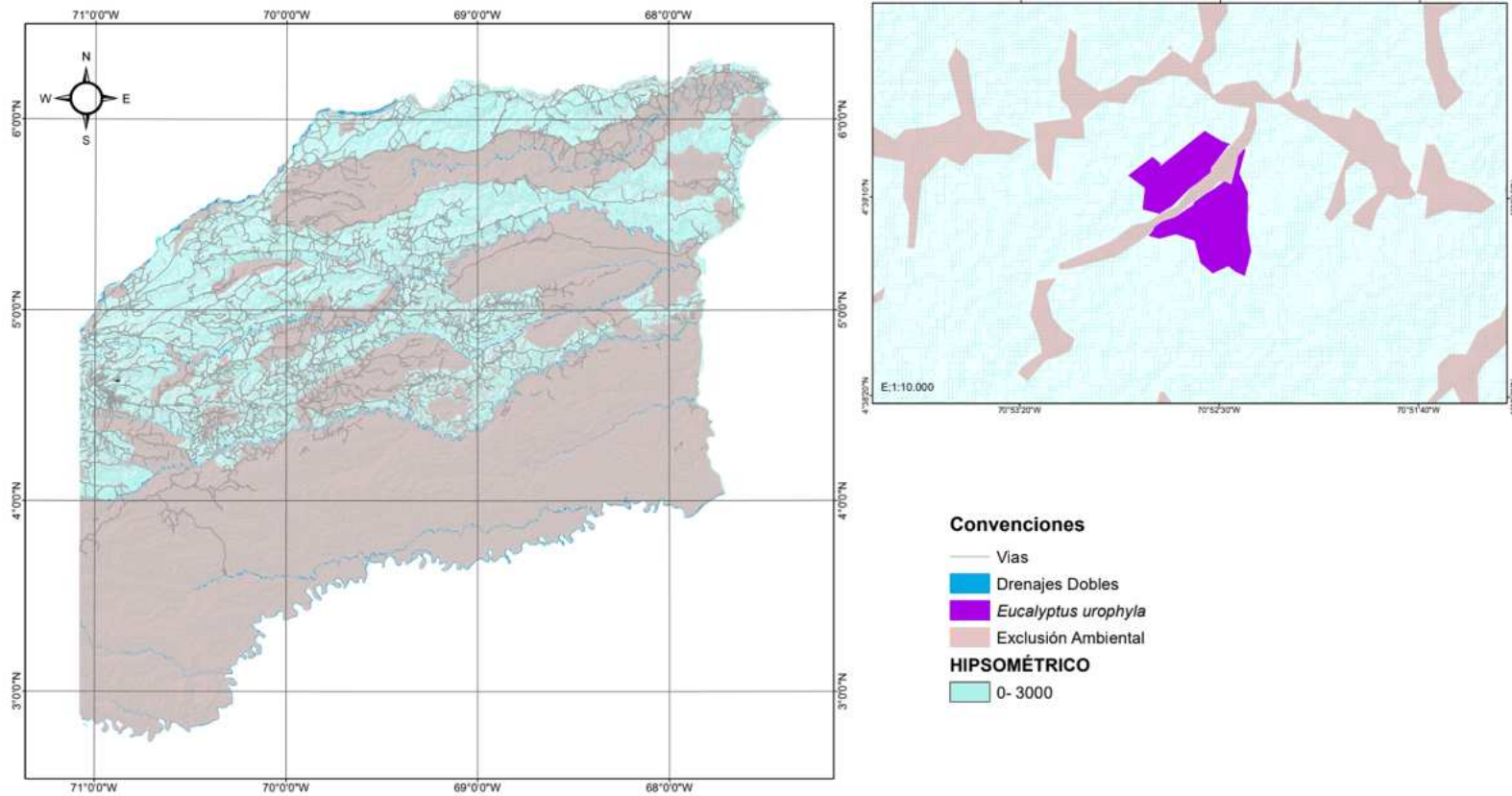


FUENTE: SRTM, AICAS; IAVH; RESERVAS FLORESTALES LEY59; DBBSE; MADS; IDEAM; ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP;IGAC;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM WGS84
 E: 1:750.000
 ELABORADO POR: LABORATÓRIO GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE EUCALYPTUS UROPHYLA 3000 METROS EN VICHADA -COL

Aproximación de la zona con la especie

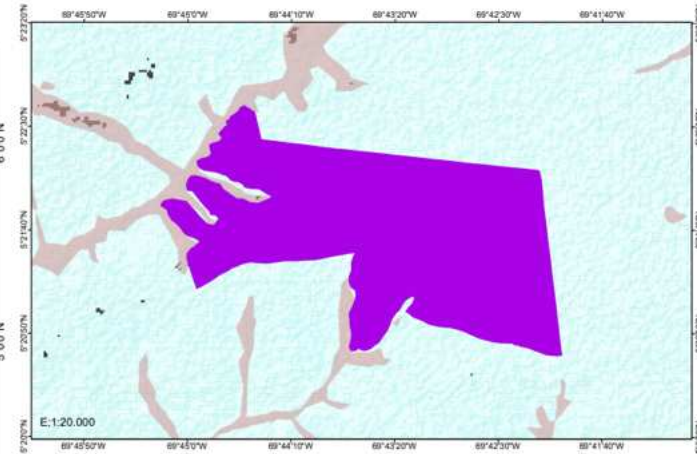
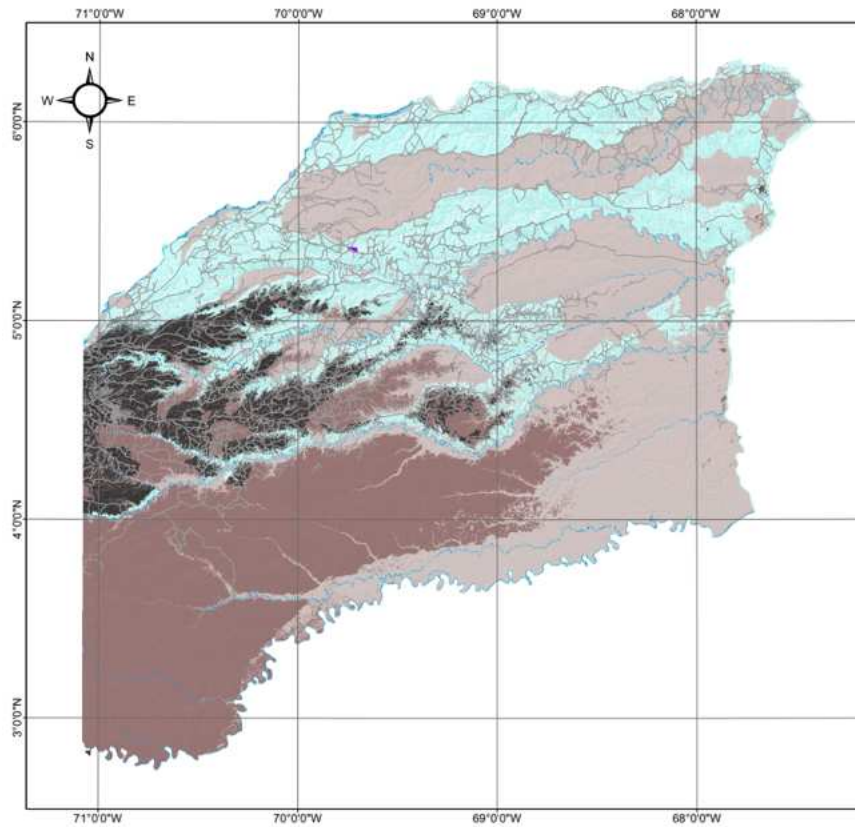


FUENTE: SRTM, AICAS; IAVH; RESERVAS FLORESTALES LEY59; DBBSE; MADS; IDEAM; ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP; IGAC;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM: WGS84
 E: 1:750.000
 ELABORADO POR: LABORATÓRIO GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE TECTONA GRANDIS 1000 METROS EN VICHADA -COL

Aproximación de la zona con la especie



Convenciones

- Vias
 - Drenajes Dobles
 - *Tectona grandis*
 - Exclusión Ambiental
- HIPSOMÉTRICO**
- 0- 1000
 - 1001- 3000



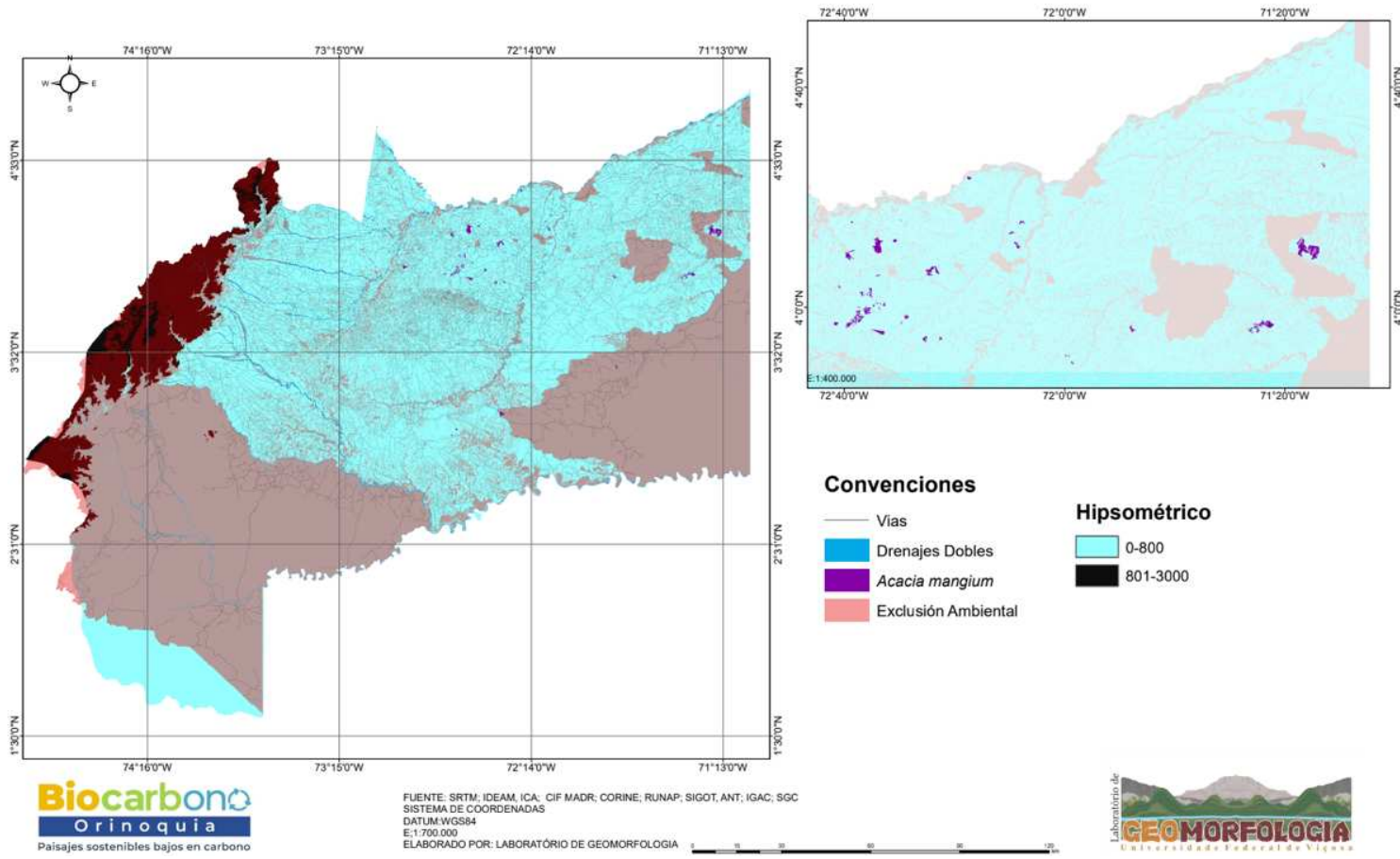
FUENTE: SRTM, AICAS, IAVH; RESERVAS FLORESTALES LEY59; DBBSE; MADS; IDEAM; ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP;IGAC;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM WGS84
 E: 1:750.000
 ELABORADO POR: LABORATORIO GEOMORFOLOGIA



Anexo F – Zonas potencialmente productivas do departamento de Meta, Orinoquia, Colômbia.

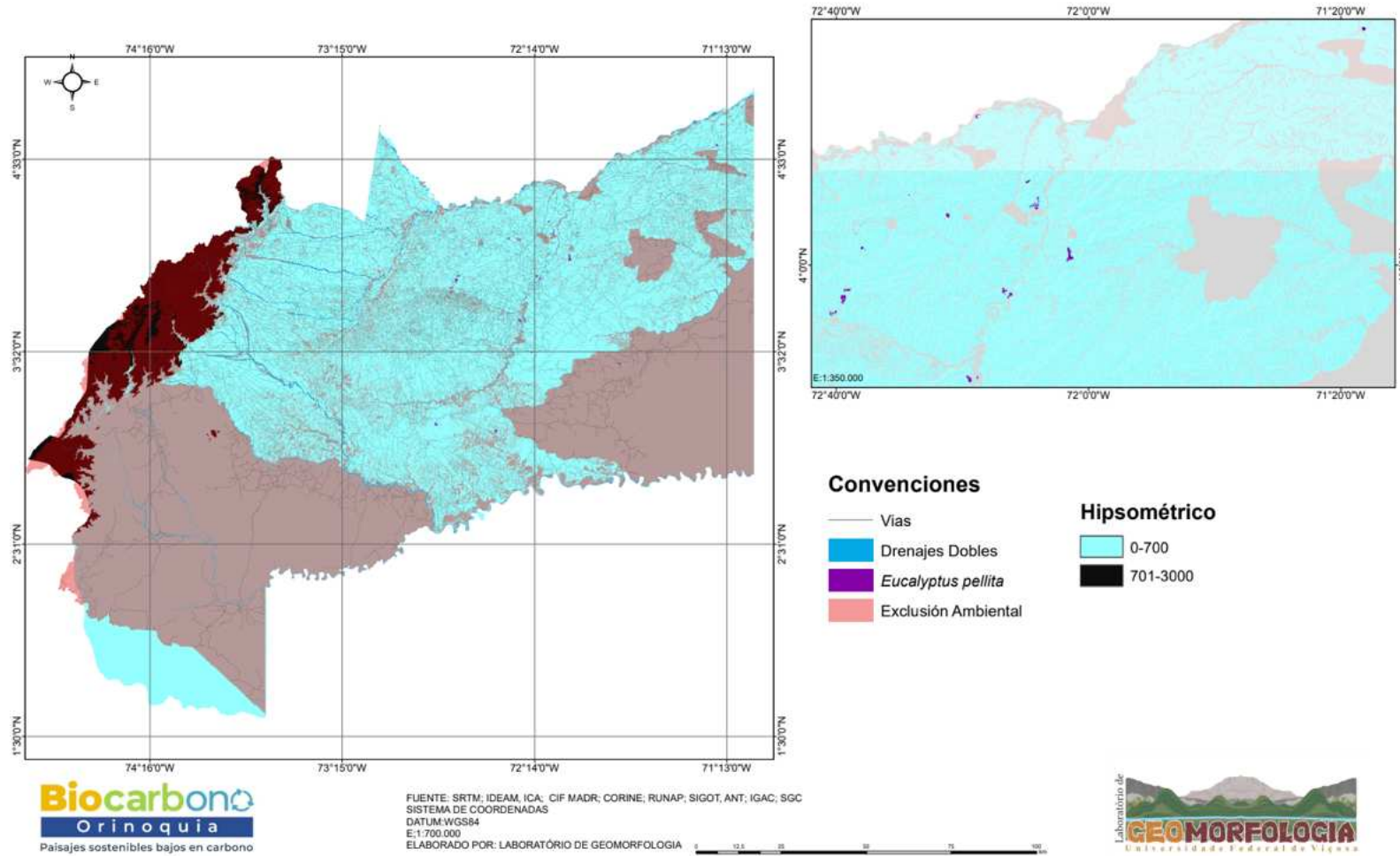
ZONAS PRODUCTIVAS DE ACACIA MANGIUM 800 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



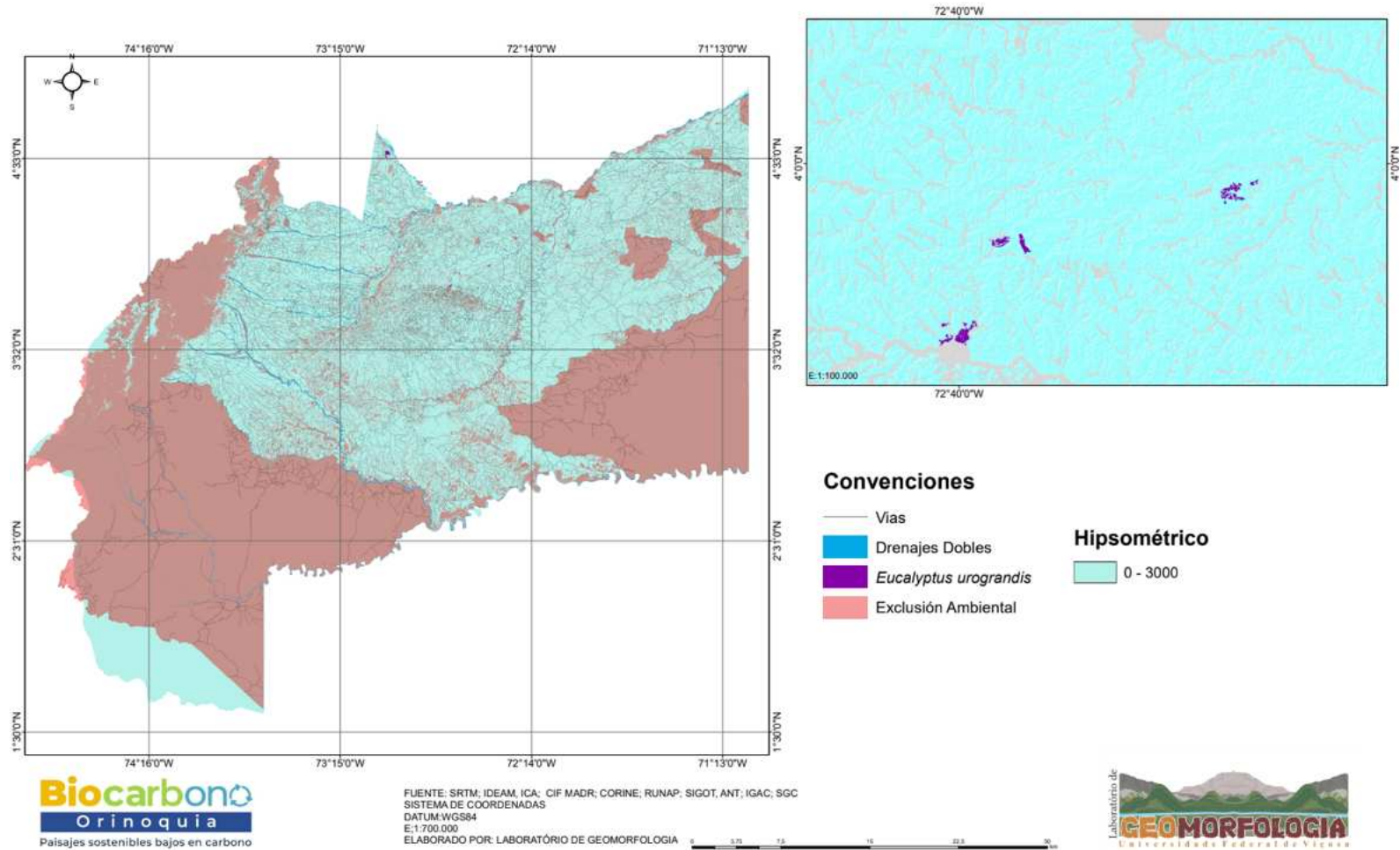
ZONAS PRODUCTIVAS DE EUCALYPTUS PELLITA 700 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



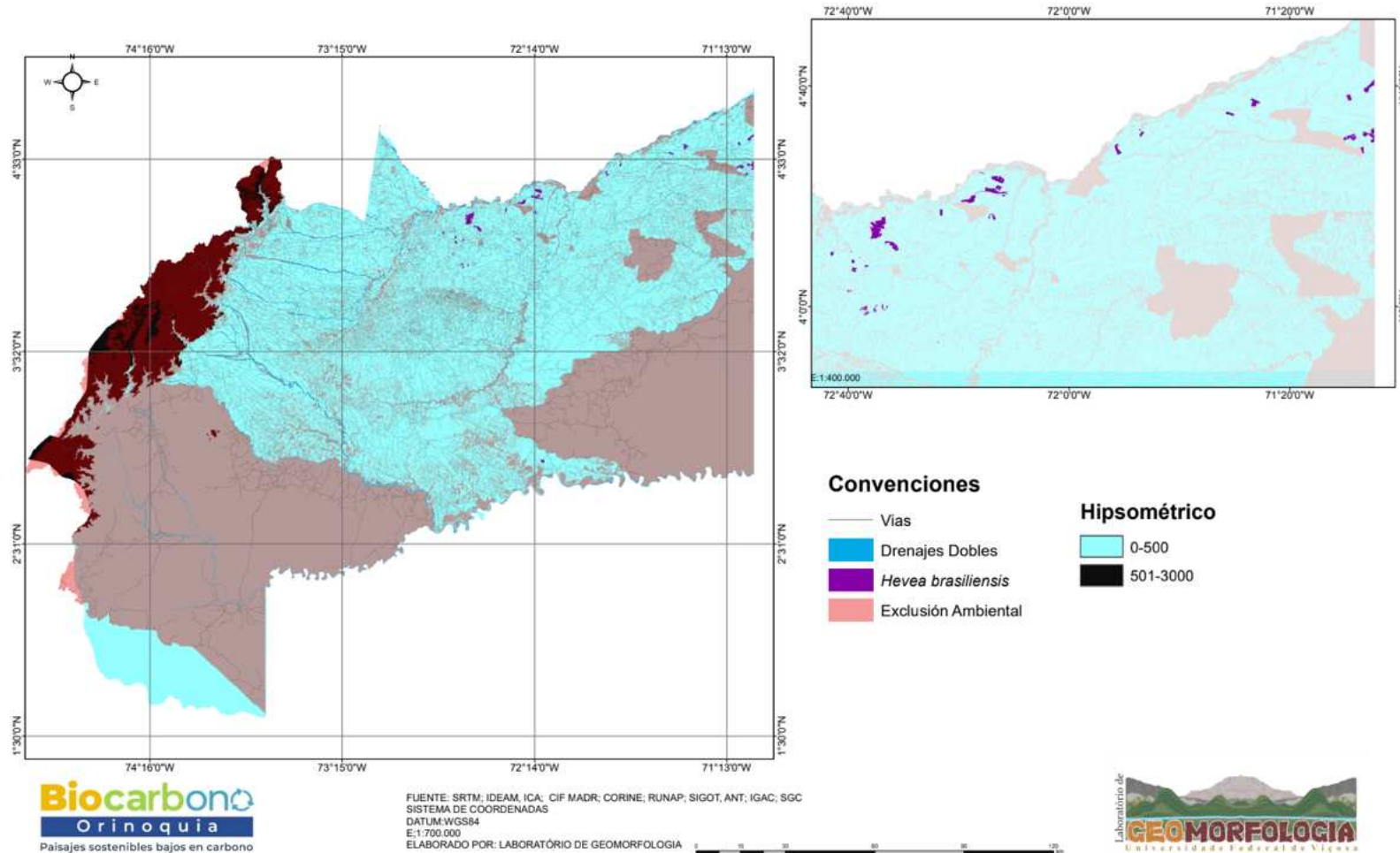
ZONAS PRODUCTIVAS DE EUCALYPTUS UROGRANDIS 3000 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



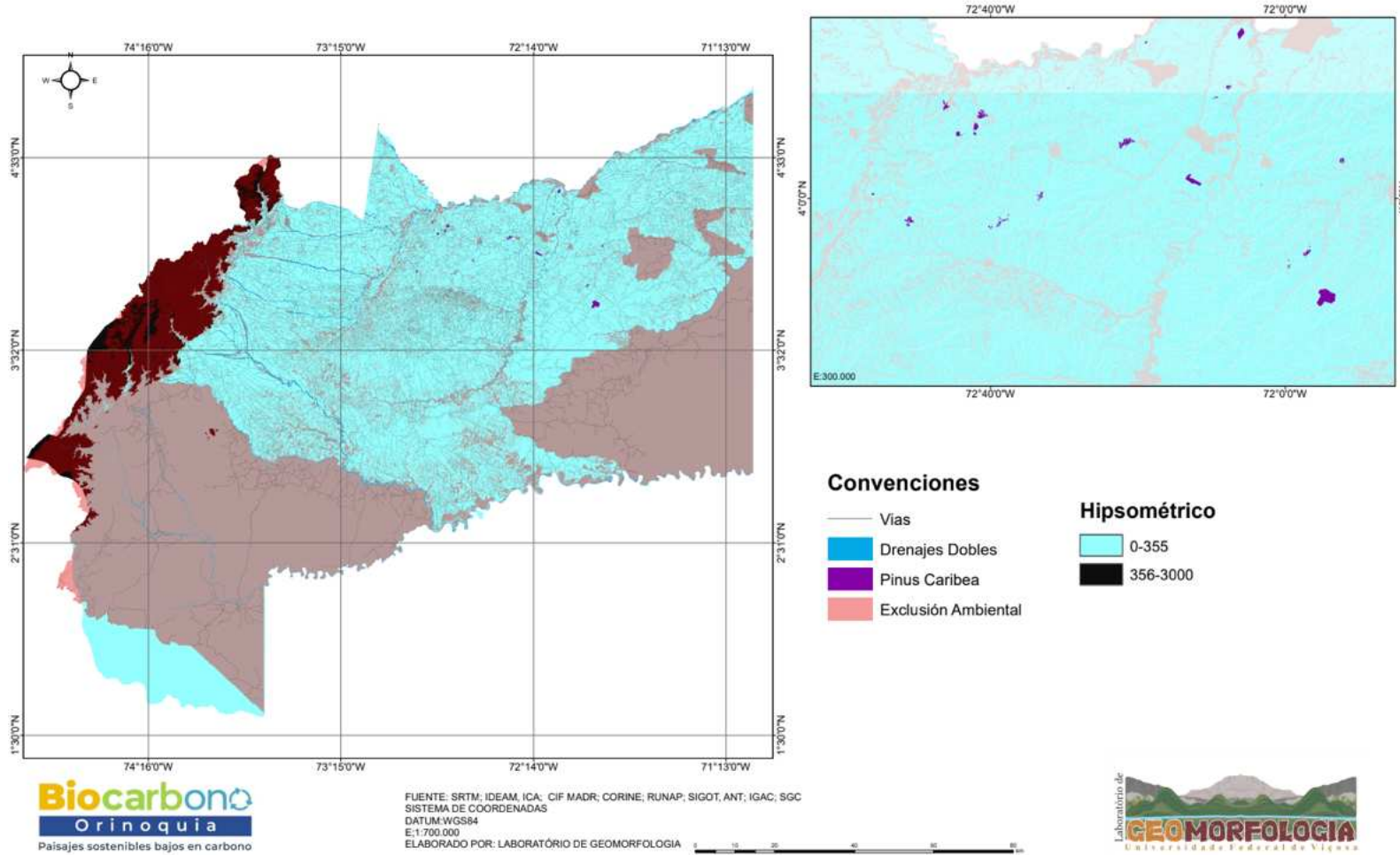
ZONAS PRODUCTIVAS DE HEVEA BRASILIENSIS 500 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



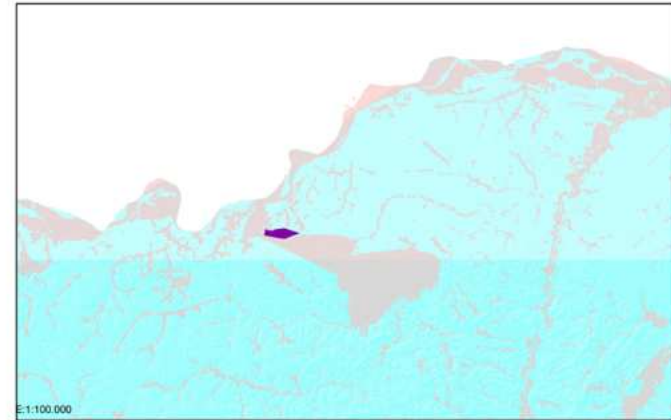
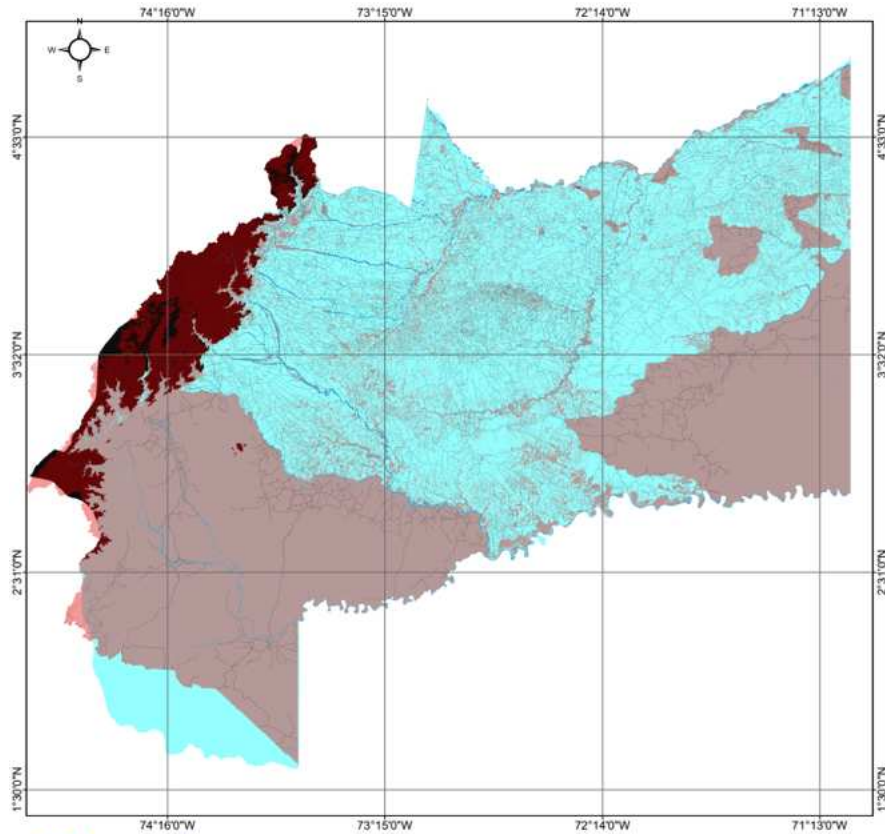
ZONAS PRODUCTIVAS DE PINUS CARIBAEA 355 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



ZONAS PRODUCTIVAS DE TECTONA GRANDIS 1000 METROS EN META-COL

Aproximación de la zona con la especie



Convenciones

- Vías
- Drenajes Dobles
- *Tectona grandis*
- Exclusión Ambiental

Hipsométrico

- 0-1000
- 1001-3000

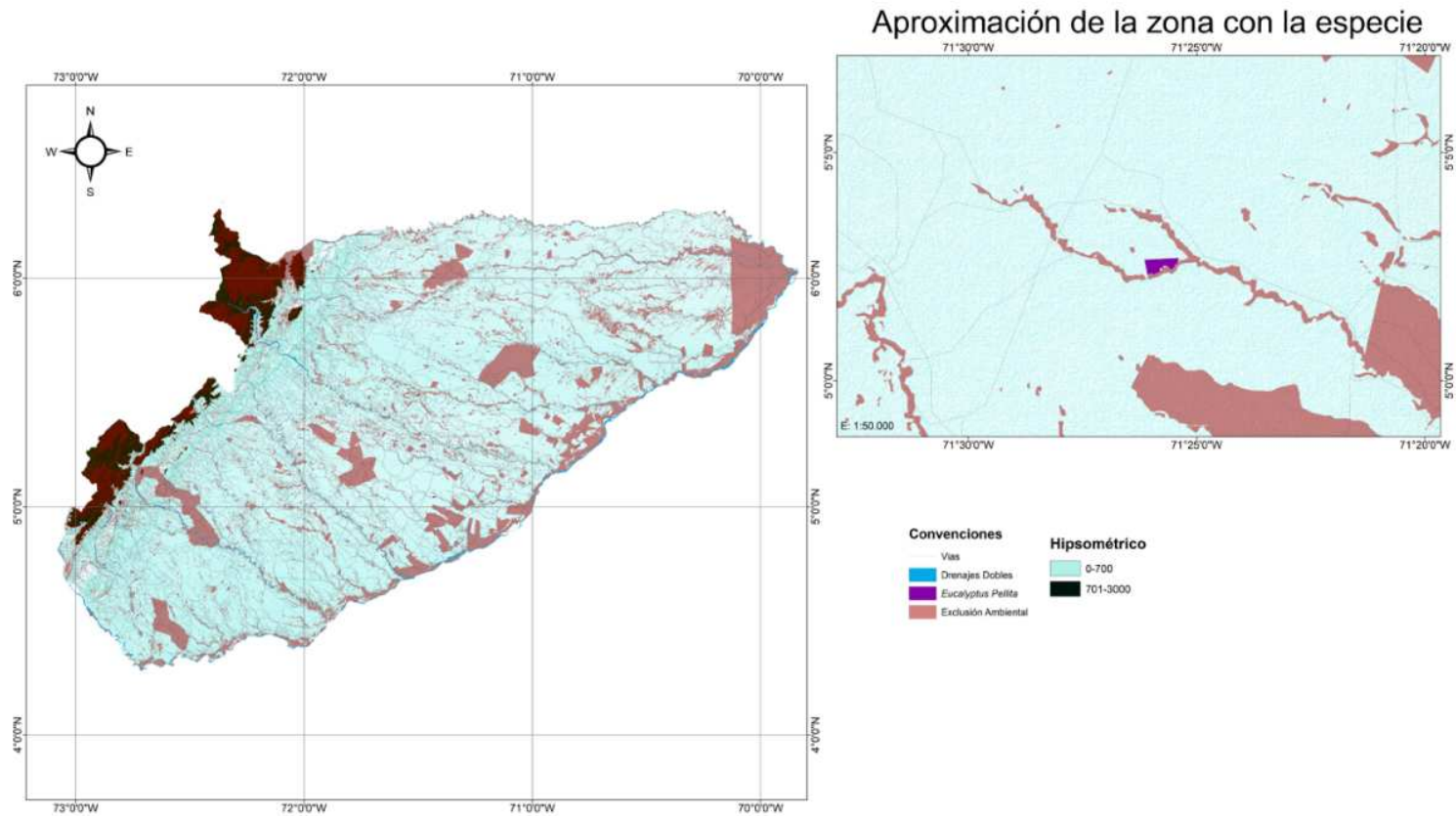


FUENTE: SRTM, IDEAM, ICA, CIF MADR, CORINE, RUNAP, SIGOT, ANT, IGAC, SGC
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM: WGS84
 E: 1.700.000
 ELABORADO POR: LABORATÓRIO DE GEOMORFOLOGIA



Anexo G – Zonas potencialmente productivas do departamento de Casanare, Orinoquia, Colômbia.

ZONIFICACIÓN DE EUCALYPTUS PELLITA 700 METROS EN CASANARE-COL

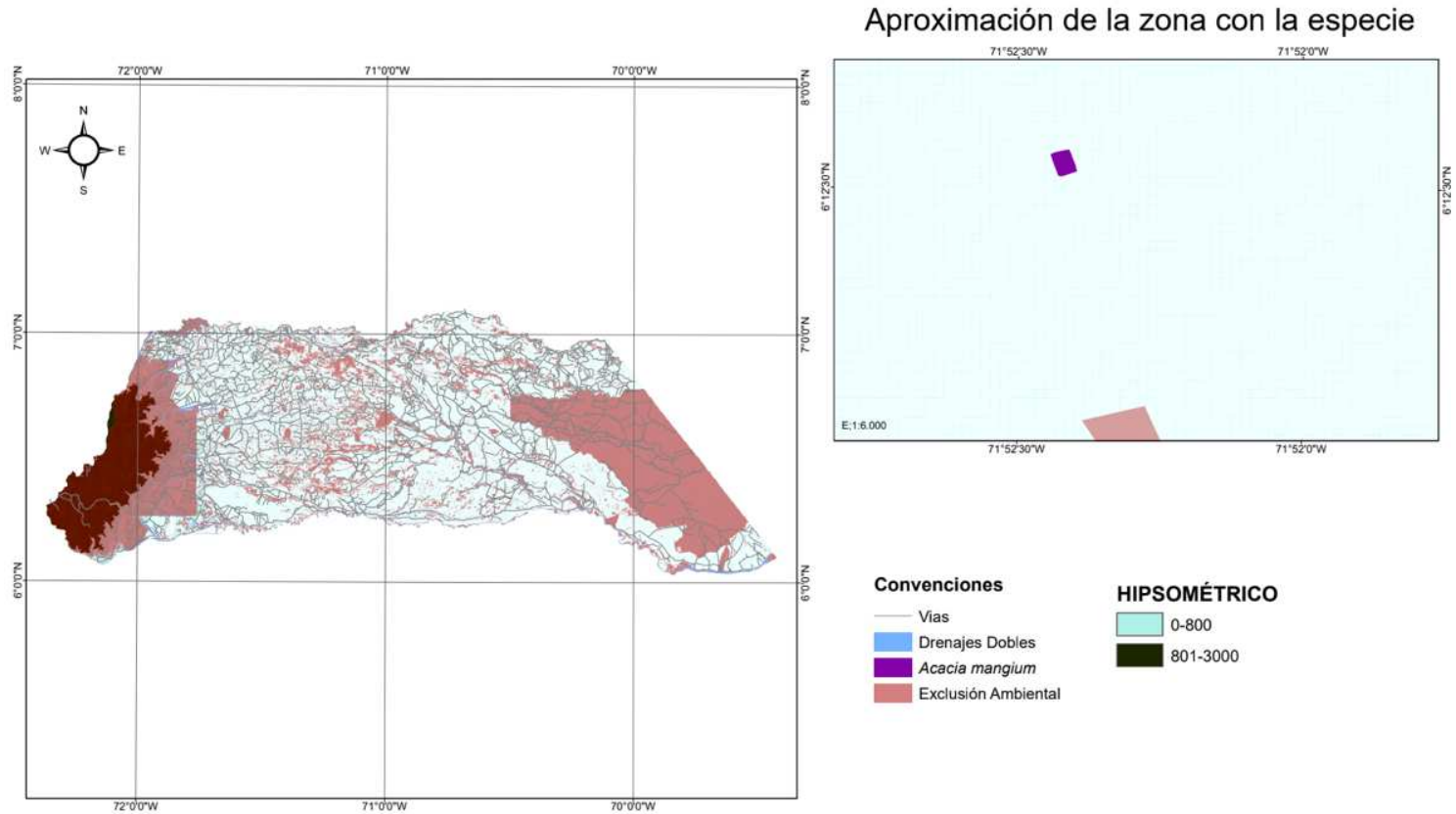


FUENTE: ALOS PALSAR -JAXA; IDEAM, ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP; SIGOT, ANT; IGAC; SGC
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM: WGS84
 E: 1:600 000
 ELABORADO POR: LABORATORIO DE GEOMORFOLOGIA



Anexo H – Zonas potencialmente productivas do departamento de Arauca, Orinoquia, Colômbia.

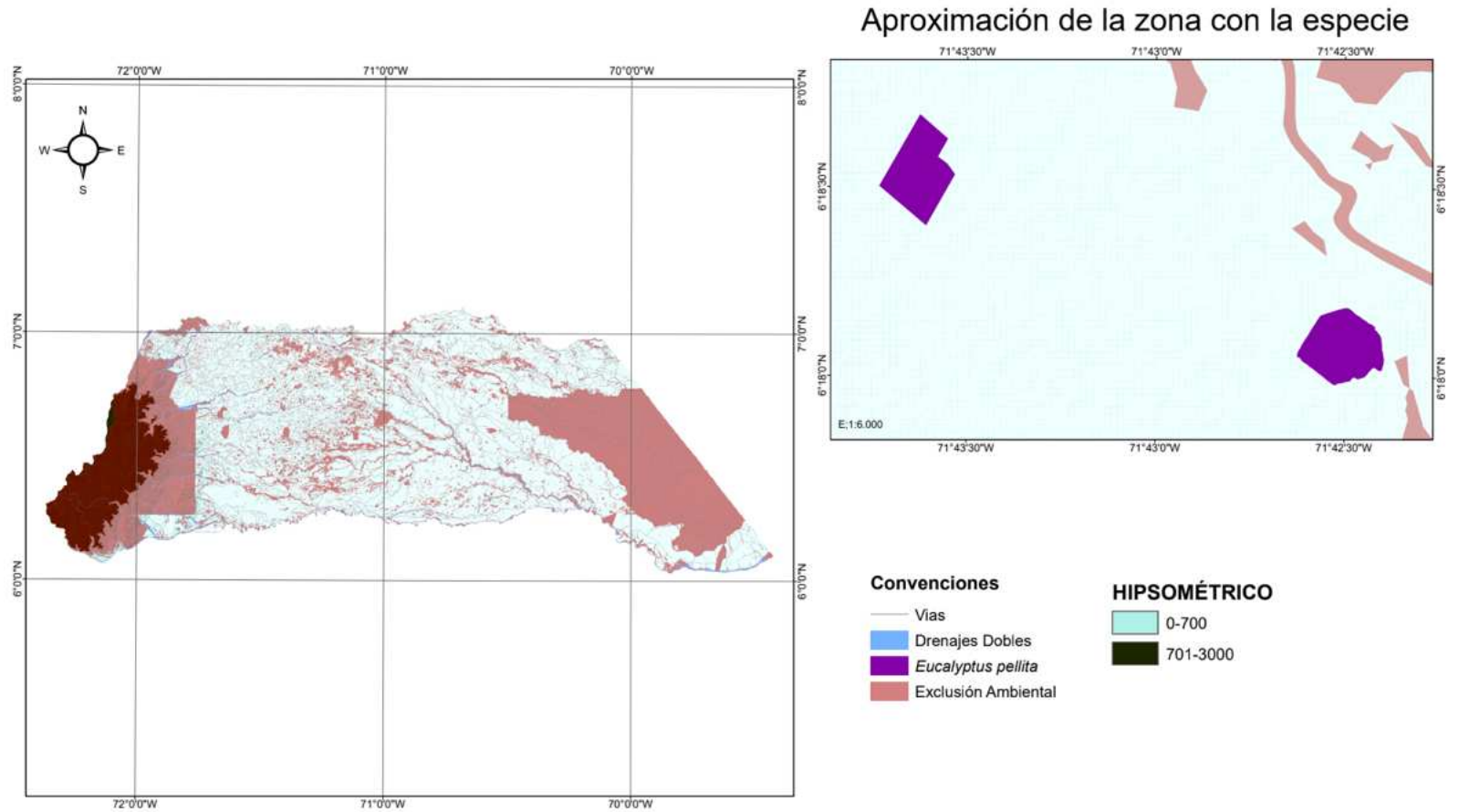
ZONIFICACIÓN DE ACACIA MANGIUM 0-800 METROS EN ARAUCA-COL



FUENTE: SRTM, AICAS, IAVH, RESERVAS FLORESTALES LEY59; DBBSE; MADS; IDEAM; ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM: WGS84
 E: 1:550.000
 ELABORADO POR: LABORATORIO DE GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE EUCALYPTUS PELLITA 0-700 METROS EN ARAUCA-COL



FUENTE: SRTM, AICAS; IAVH; RESERVAS FLORESTALES LEY59; DBBSE; MADS; IDEAM; ICA; CIF MADR; CORINE; RUNAP;
 SISTEMA DE COORDENADAS
 DATUM: WGS84
 E: 1.550.000
 ELABORADO POR: LABORATORIO DE GEOMORFOLOGIA



ZONIFICACIÓN DE TECTONA GRANDIS 0-1000 METROS EN ARAUCA-COL

