



**PEDRO NEDER LOUREIRO**

**AVALIAÇÃO DE RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS  
FLORESTAIS DE MATA ATLÂNTICA**

**LAVRAS – MG  
2025**

**PEDRO NEDER LOUREIRO**

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS  
FLORESTAIS DE MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração Restauração e Conservação de Ecossistemas Degradados, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora  
Prof. Dra. Rosângela Alves Tristão Borém

**LAVRAS – MG  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Loureiro, Pedro Neder.

Avaliação de Restauração de Ecossistemas Florestais de Mata Atlântica / Pedro Neder Loureiro. - 2025.

91 p. : il.

Orientadora: Rosângela Alves Tristão Borém

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Lavras, 2025.

Bibliografia

1. Restauração Florestal. 2. Indicadores Ecológicos. 3. Fotogrametria. 4. Mata Atlântica I. Borém, Rosângela Alves Tristão. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**PEDRO NEDER LOUREIRO**

**AVALIAÇÃO DE RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS DE MATA  
ATLÂNTICA**

**EVALUATION OF ATLANTIC FOREST ECOSYSTEM RESTORATION**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, área de concentração Restauração e Conservação de Ecossistemas Degradados, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de novembro de 2025.

Dra. Rosângela Alves Tristão Borém UFLA

Dra. Soraya Alvarenga Botelho UFLA

Dra. Margarete Marim Lodelo Volpato UFLA

Orientadora

Prof. Dra. Rosângela Alves Tristão Borém

**LAVRAS – MG  
2025**

## RESUMO

A restauração ecológica é uma ferramenta essencial para reverter processos de degradação e restabelecer a funcionalidade dos ecossistemas da Mata Atlântica. Neste estudo, o objetivo foi avaliar a efetividade de projetos de restauração florestal por meio da análise de três áreas implantadas há 15 anos, no período chuvoso de 2009–2010, considerando diferentes momentos de monitoramento (2014, 2021 e 2025). Para isso, foram utilizados indicadores ecológicos associados à vegetação e ao solo, incluindo análises da estrutura e regeneração da comunidade arbórea, bem como da resistência à penetração do solo. Complementarmente, técnicas de fotogrametria com drones foram aplicadas para quantificar a cobertura do dossel e identificar padrões espaciais de desenvolvimento. A comparação entre áreas em distintos estágios de restauração permitiu compreender a evolução dos processos ecológicos ao longo do tempo. Os resultados demonstraram que a Área de Estudo 2 apresentou os maiores valores de desempenho, diversidade e cobertura quando comparada às demais. Ainda assim, todas as áreas exibiram indicadores satisfatórios nos componentes arbóreo, regenerante e de cobertura do dossel, apresentando índices superiores a 90%. Observou-se também uma melhoria gradual na resistência do solo à compactação, evidenciando avanços nas condições físicas e estruturais das áreas restauradas, além do aumento de biomassa e da redução de perturbações antrópicas. Conclui-se que as três áreas avaliadas apresentaram progressos significativos no processo de restauração florestal, considerando todas as variáveis analisadas — dendrométricas, volumétricas, composição florística do estrato arbóreo e regenerante, resistência do solo e cobertura de dossel.

**PALAVRAS-CHAVE:** Restauração Florestal, Indicadores Ecológicos; Fotogrametria; Mata Atlântica.

## ABSTRACT

Ecological restoration is an essential tool for reversing degradation processes and reestablishing the functionality of Atlantic Forest ecosystems. In this study, we aimed to evaluate the effectiveness of forest restoration projects by assessing three areas established 15 years ago, during the 2009–2010 rainy season, and sampled at different periods (2014, 2021, and 2025). Several ecological indicators related to vegetation and soil were used, including analyses of the structure and regeneration of the tree community, as well as soil penetration resistance. Additionally, drone-based photogrammetry techniques were applied to quantify canopy cover and identify spatial patterns of plant development. Comparisons among areas at different stages of restoration allowed for a better understanding of the progression of ecological processes over time. The results showed that Study Area 2 exhibited the highest performance, diversity, and canopy cover values when compared to the other areas. Nevertheless, all areas demonstrated satisfactory indicators in the arboreal, regenerating, and canopy cover components, with canopy cover indices exceeding 90%. A gradual improvement in soil resistance to compaction was also observed, indicating enhanced physical and structural conditions in the restored areas, increased biomass, and reduced anthropogenic disturbances. Overall, the three evaluated areas showed significant progress in the forest restoration process across all analyzed variables — including dendrometric and volumetric attributes, floristic composition of the arboreal and regenerating strata, soil compaction, and canopy cover.

**Keywords:** Forest Restoration; Ecological Indicators; Photogrammetry; Atlantic Forest.

## INDICADORES DE IMPACTO

O trabalho teve como objetivo avaliar a efetividade de projetos de restauração florestal implantados há aproximadamente 15 anos no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras–MG, no bioma Mata Atlântica, por meio da análise integrada de indicadores florísticos, estruturais e edáficos, associados a técnicas de inventário florestal e fotogrametria com drones. Foram comparadas três áreas restauradas entre 2009 e 2010, totalizando mais de 1,8 ha, com plantio inicial de centenas de mudas nativas, além de regeneração natural subsequente. Na Área 1, registraram-se 87 indivíduos arbóreos distribuídos em 26 espécies e 16 famílias, com índice de Shannon-Wiener de 2,8581 e equabilidade de 0,8672, indicando diversidade média/alta e elevada uniformidade; no estrato regenerante, foram amostrados 154 indivíduos e 30 espécies, com  $H' = 2,7839$ . Os resultados evidenciaram aumento de biomassa, melhoria da estrutura vertical e horizontal e resistência do solo variando entre 1,24 e 3,71 MPa, com valores médios inferiores aos limites críticos de restrição severa ao crescimento radicular, indicando recuperação gradual das condições físicas do solo. A predominância de espécies zoocóricas e o registro de espécies não plantadas originalmente demonstraram conectividade ecológica e restabelecimento de processos de dispersão, configurando impacto ambiental concreto na consolidação de corredores ecológicos e na proteção de recursos hídricos. Do ponto de vista tecnológico, a integração entre dados de campo e sensoriamento remoto consolidou metodologia replicável e economicamente viável para monitoramento em escala de paisagem. Social e economicamente, os resultados subsidiam políticas institucionais e públicas de restauração, fortalecem a formação técnica de estudantes e contribuem para a valorização ambiental do território universitário e de seu entorno urbano, caracterizando impacto direto no âmbito local e potencial de replicação regional. O trabalho insere-se nas áreas temáticas de Meio Ambiente, Tecnologia e Produção e Educação, com alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 4 (Educação de Qualidade), 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e 15 (Vida Terrestre), ao promover recuperação funcional de ecossistemas, geração de conhecimento aplicado e suporte técnico à agenda da restauração ecológica até 2030.

## IMPACT INDICATORS

The study aimed to evaluate the effectiveness of forest restoration projects implemented approximately 15 years ago on the campus of the Federal University of Lavras (UFLA), in Lavras, Minas Gerais, within the Atlantic Forest biome, through an integrated analysis of floristic, structural, and soil indicators associated with forest inventory techniques and drone-based photogrammetry. Three areas restored between 2009 and 2010 were compared, totaling more than 1.8 hectares, with the initial planting of hundreds of native seedlings followed by subsequent natural regeneration. In Area 1, 87 tree individuals were recorded, distributed across 26 species and 16 families, with a Shannon-Wiener index of 2.8581 and an evenness index of 0.8672, indicating moderate to high diversity and high uniformity; in the regenerating stratum, 154 individuals and 30 species were sampled, with  $H' = 2.7839$ . The results demonstrated increased biomass, improvements in vertical and horizontal structure, and soil resistance ranging from 1.24 to 3.71 MPa, with mean values below critical thresholds for severe root growth restriction, indicating gradual recovery of soil physical conditions. The predominance of zoochorous species and the presence of species not originally planted demonstrated ecological connectivity and the reestablishment of dispersal processes, representing a concrete environmental impact in the consolidation of ecological corridors and the protection of water resources. From a technological perspective, the integration of field data and remote sensing consolidated a replicable and economically feasible methodology for landscape-scale monitoring. Socially and economically, the results support institutional and public restoration policies, strengthen the technical training of students, and contribute to the environmental enhancement of the university territory and its surrounding urban area, characterizing a direct local impact with regional replication potential. The study falls within the thematic areas of Environment, Technology and Production, and Education, aligning with the United Nations Sustainable Development Goals 4 (Quality Education), 13 (Climate Action), and 15 (Life on Land) by promoting functional ecosystem recovery, the generation of applied knowledge, and technical support for the ecological restoration agenda through 2030.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Áreas Objetos de Estudo .....	22
Figura 2. Representação das unidades amostrais do componente arbóreo e regenerante .....	25
Figura 3. A) Trado Holandês; B) Balança analítica .....	28
Figura 4. Drone DJI Mini 2 .....	28
Figura 5. Visão espacial das áreas cobertas e clareiras em cada área .....	71
Figura 6. Visão da interpolação de pontos amostrados .....	72
Gráfico 1. Distribuição diamétrica dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.....	37
Gráfico 2. Distribuição das alturas dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas .....	39
Gráfico 3. Distribuição diamétrica dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.....	49
Gráfico 4. Distribuição das alturas dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas .....	51
Gráfico 5. Distribuição diamétrica dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.....	61
Gráfico 6. Distribuição das alturas dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas .....	62
Tabela 1. Variáveis dendrométricas mensuradas para o estrato arbóreo.....	24
Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos e suas respectivas equações .....	26
Tabela 3. Índices de diversidade e suas respectivas equações .....	27
Tabela 4. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário florestal da Área 1.....	30
Tabela 5. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 1 .....	31
Tabela 6. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 1.....	33
Tabela 7. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	34
Tabela 8. Detalhamento do perfil horizontal dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas vinte	

seis parcelas .....	35
Tabela 9. Altura média por espécie das 87 árvores mensuradas nas parcelas.....	37
Tabela 10. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 1.....	39
Tabela 11. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 1 .....	41
Tabela 12. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	42
Tabela 13. Detalhamento do perfil horizontal dos 154 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas .....	43
Tabela 14. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário florestal da Área 2.....	44
Tabela 15. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 2.....	45
Tabela 16. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 2.....	46
Tabela 17. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	47
Tabela 18. Detalhamento do perfil horizontal dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas .....	48
Tabela 19. Altura média por espécie das 78 árvores mensuradas nas parcelas.....	50
Tabela 20. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 2.....	51
Tabela 21. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 2 .....	53
Tabela 22. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	54
Tabela 23. Detalhamento do perfil horizontal dos 303 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas .....	55
Tabela 24. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário	

florestal da Área 3.....	56
Tabela 25. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 3 .....	57
Tabela 26. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 3.....	58
Tabela 27. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	59
Tabela 28. Detalhamento do perfil horizontal dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas .....	60
Tabela 29. Altura média por espécie das 71 árvores mensuradas nas parcelas.....	61
Tabela 30. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 3.....	63
Tabela 31. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 3 .....	64
Tabela 32. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.....	66
Tabela 33. Detalhamento do perfil horizontal dos 328 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas .....	67
Tabela 34. Valores médios da resistência do solo à penetração em cada área com seus respectivos valores de umidade em porcentagem.....	68
Tabela 35. Valores do Índice de Cobertura de Dossel em cada área com seus respectivos valores de cobertura em porcentagem.....	70
Tabela 36. Valores da altura média da cobertura .....	72
Tabela 37. Tabela dos resultados comparativos entre as três áreas após 15 anos de restauração .....	73
Tabela 38. Tabela da similaridade florística entre os estratos arbóreo e regenerante nas três áreas em restauração .....	76
Tabela 39. Tabela da similaridade florística do estrato arbóreo entre as três áreas em restauração .....	76
Tabela 40. Tabela da similaridade florística do estrato não arbóreo entre as três áreas em	

restauração .....	77
Tabela 41. Tabela dos resultados comparativos entre as duas áreas após 4 e 15 anos de restauração .....	79
Tabela 42. Tabela dos resultados comparativos entre as três áreas após 10 e 15 anos de restauração .....	81

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Restauração florestal e importância ecológica .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Métodos silviculturais e seleção de espécies .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Avaliação e monitoramento da restauração .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Indicadores florísticos e estruturais .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Conectividade e sustentabilidade ecológica .....</b>	<b>20</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Área de Estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Ecossistema de Referência.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Avaliação dos componentes arbóreo e regenerante .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 Resistência do Solo à Penetração .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5 Fotogrametria com Drone – Medição de Cobertura de Dossel.....</b>	<b>28</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Inventário Florestal da Área 1.....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1 Arbóreos .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1.1 Florística .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1.1.3 Fitosociologia .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.1.3.1 Diversidade .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1.1.3.2 Estrutura Horizontal .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1.1.3.3 Estrutura Vertical.....</b>	<b>37</b>

5.1.2 Não Arbóreos.....	39
5.1.2.1 Florística .....	39
5.1.2.2 Fitossociologia .....	40
5.1.2.2.1 Diversidade .....	42
5.1.2.2.2 Estrutura Horizontal .....	43
5.2 Inventário Florestal da Área 2.....	44
5.2.1 Arbóreos .....	44
5.2.1.1 Florística .....	44
5.2.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria .....	45
5.2.1.3 Fitossociologia .....	46
5.2.1.3.1 Diversidade .....	47
5.2.1.3.2 Estrutura Horizontal .....	48
5.2.1.3.3 Estrutura Vertical.....	49
5.2.2 Não Arbóreos.....	51
5.2.2.1 Florística .....	51
5.2.2.2 Fitossociologia .....	52
5.2.2.2.1 Diversidade .....	54
5.2.2.2.2 Estrutura Horizontal.....	54
5.3 Inventário Florestal da Área 3.....	56
5.3.1 Arbóreos .....	56
5.3.1.1 Florística .....	56
5.3.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria .....	57
5.3.1.3 Fitossociologia .....	58
5.3.1.3.1 Diversidade .....	59
5.3.1.3.2 Estrutura Horizontal .....	60
5.3.1.3.3 Estrutura Vertical.....	61
5.3.2 Não Arbóreos.....	63

5.3.2.1 Florística .....	63
5.3.2.2 Fitosociologia .....	64
5.3.2.2.1 Diversidade .....	66
5.3.2.2.2 Estrutura Horizontal.....	67
5.4 Resistência do Solo à Penetração.....	68
5.5 Fotogrametria com Drones .....	70
5.5.1 Modelo Cobertura de Dossel.....	70
5.5.2 Modelo Altura de Dossel .....	71
5.6 Análise comparativa entre as três áreas no ano 15.....	73
5.6.1 Arbóreos .....	74
5.6.2 Não Arbóreos.....	75
5.6.3 Índice de Similaridade de Jaccard (SJ) .....	75
5.6.4 Fotogrametria e Resistência do Solo à Penetração .....	77
5.7 Análise comparativa com anos anteriores .....	78
5.7.1 Análise comparativa ano 4 com ano 15.....	78
5.7.2 Análise comparativa ano 10 com ano 15.....	80
5.7.3 Análise comparativa da matinha com ano 15 .....	82
6 CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS.....	84

# 1 INTRODUÇÃO

A restauração de ecossistemas florestais constitui uma das principais estratégias para a reversão da degradação ambiental e a recuperação de funções ecológicas em paisagens fragmentadas. A perda da cobertura vegetal nativa, resultante da expansão agropecuária e urbana, compromete a estabilidade hidrológica, a biodiversidade e a ciclagem de nutrientes. Nesse contexto, a restauração surge como instrumento técnico-científico e político para restabelecer processos ecológicos e promover a sustentabilidade de longo prazo.

O monitoramento da restauração, aliado a indicadores florísticos e estruturais, é indispensável para avaliar o sucesso das intervenções. De acordo com ALBUQUERQUE et al. (2021), o uso de métricas quantitativas e de protocolos padronizados, complementados por análises de sensoriamento remoto, tem permitido maior precisão na mensuração da cobertura florestal e da dinâmica sucessional. Esses procedimentos possibilitam compreender como a composição de espécies e a estrutura do dossel evoluem ao longo do tempo, refletindo a resiliência e a funcionalidade do ecossistema em recuperação.

Em florestas estacionais semidecíduais, a avaliação da florística e da estrutura fitossociológica permite identificar padrões de regeneração e o papel ecológico de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais. Estudos clássicos na região de Lavras-MG já demonstravam a alta diversidade e heterogeneidade estrutural desses remanescentes (OLIVEIRA-FILHO, SCOLFORO & MELLO, 1994), reforçando a importância de empregar parâmetros comparáveis em áreas restauradas.

Assim, compreender a composição florística, as variáveis dendrométricas e a estrutura comunitária em áreas sob restauração é essencial para indicar o grau de avanço sucessional e a efetividade das práticas de recomposição florestal (SILVA, 2014; GUIMARÃES, 2021). Este estudo visa contribuir para essa análise, avaliando diferentes áreas restauradas e discutindo o desenvolvimento da vegetação em termos de diversidade, estrutura e dinâmica ecológica, fornecendo subsídios para o aprimoramento das estratégias de restauração florestal no contexto da Mata Atlântica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral:**

Avaliar a trajetória da restauração em três áreas de fitofisionomia Floresta Estacional Semidecídua em Mata Atlântica em até 15 anos.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

- 1- Avaliar o sucesso da restauração ecológica aos 15 anos nas três áreas, com indicadores de flora.
- 2- Avaliar o sucesso da restauração ecológica aos 15 anos nas três áreas, com fotogrametria de drone.
- 3- Avaliar e comparar o sucesso da restauração ecológica em três períodos de monitoramento.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Restauração florestal e importância ecológica**

A restauração de ecossistemas florestais tem se consolidado como uma das estratégias mais eficazes para reverter processos de degradação ambiental e restabelecer as funções ecológicas essenciais à manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Em especial, no bioma Mata Atlântica — um dos mais ameaçados e fragmentados do planeta —, os projetos de restauração florestal têm papel fundamental na recomposição da cobertura vegetal, na proteção dos recursos hídricos e na mitigação das mudanças climáticas (BOTELHO & DAVIDE, 2002).

A fragmentação e a substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias e urbanas comprometeram os processos ecológicos e reduziram drasticamente a conectividade entre fragmentos florestais. Nesse contexto, a restauração florestal surge como um instrumento técnico e científico essencial para promover a recuperação da estrutura e da funcionalidade dos ecossistemas. O sucesso dessas iniciativas, no entanto, depende da compreensão das interações entre as espécies e dos fatores abióticos que condicionam o estabelecimento e o desenvolvimento das comunidades vegetais (SILVA, 2014).

O conhecimento da dinâmica ecológica das florestas estacionais semidecíduais, particularmente nas regiões do sul de Minas Gerais, tem sido uma base importante para orientar ações de restauração. Estudos de Oliveira-Filho, Scolforo e Mello (1994) demonstram a alta heterogeneidade florística desses ambientes e reforçam a importância da seleção de espécies nativas adaptadas às condições locais como fator determinante para o êxito da recomposição florestal.

### **3.2 Métodos silviculturais e seleção de espécies**

Os métodos silviculturais aplicados à restauração florestal têm como objetivo restabelecer gradualmente a composição e a estrutura das comunidades nativas, promovendo o retorno das interações ecológicas e dos processos sucessionais. Botelho e Davide (2002) enfatizam que o sucesso da restauração depende da escolha adequada de espécies, do preparo do solo e do manejo inicial da área, aspectos que devem ser planejados de acordo com o histórico de uso e as características edáficas do local.

A adoção de espécies pertencentes a diferentes grupos sucessionais — pioneiras, secundárias iniciais e clímax — é uma prática recomendada para promover a sucessão natural e a estabilidade estrutural da floresta (BOTELHO, DAVIDE & FARIA, 2001). Espécies pioneiras, por exemplo, garantem o rápido sombreamento e a modificação microclimática do solo, criando condições propícias para o estabelecimento de espécies mais exigentes.

Além disso, práticas como o controle de gramíneas invasoras, o adensamento em áreas de falhas e o plantio consorciado de espécies nativas contribuem significativamente para a manutenção do vigor das mudas e para o aumento da sobrevivência nos primeiros anos após o plantio. Esses procedimentos são essenciais para o fechamento do dossel e o início da regeneração natural, elementos que definem a eficiência do processo de restauração (PEREIRA, 2011).

### **3.3 Avaliação e monitoramento da restauração**

A regeneração A avaliação do sucesso de projetos de restauração florestal é um componente fundamental para compreender o avanço do processo sucessional e a efetividade das práticas aplicadas. A análise de parâmetros florísticos, estruturais e sucessionais fornece informações sobre a recuperação da diversidade e o restabelecimento das funções ecológicas. Segundo Guimarães (2021), os indicadores ecológicos permitem avaliar o grau de autossustentabilidade das áreas restauradas e servem de base para ajustes nas estratégias de manejo e condução da regeneração natural.

De acordo com Silva (2014), os levantamentos fitossociológicos e florísticos são indispensáveis para identificar a composição e a dominância das espécies, bem como a proporção entre os diferentes grupos ecológicos. O monitoramento contínuo desses parâmetros permite avaliar a resiliência e o equilíbrio da comunidade vegetal, sendo um elemento-chave na análise da evolução dos projetos de restauração.

Nos últimos anos, as tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento passaram a desempenhar papel complementar relevante no monitoramento da restauração. Albuquerque et al. (2021) propuseram protocolos baseados na integração entre dados de campo e imagens de satélite, o que amplia a escala de avaliação e permite mensurar a conectividade, o vigor da vegetação e a dinâmica da cobertura florestal. Essa abordagem torna o monitoramento mais preciso e economicamente viável, além de fornecer informações estratégicas para a tomada de decisão.

### 3.4 Indicadores florísticos e estruturais

Os parâmetros florísticos e estruturais são amplamente utilizados como indicadores do progresso da restauração. A análise fitossociológica permite compreender a dinâmica populacional das espécies e identificar aquelas que exercem maior influência na estrutura da comunidade. Variáveis como densidade, dominância, frequência e valor de importância (IVI) são aplicadas para avaliar a representatividade das espécies e a complexidade da floresta (OLIVEIRA-FILHO, SCOLFORO & MELLO, 1994).

Os índices de diversidade, como o de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e a equabilidade de Pielou ( $J$ ), são ferramentas consolidadas para mensurar a heterogeneidade e a uniformidade da comunidade vegetal. Silva (2014) e Pereira (2011) destacam que, em áreas restauradas, valores intermediários desses índices indicam um estágio inicial de estruturação, enquanto valores elevados refletem estabilidade ecológica e avanço sucessional.

Outro aspecto relevante é a análise da estrutura vertical, que reflete o grau de complexidade do ecossistema e o desenvolvimento dos diferentes estratos da vegetação. A presença de um dossel bem formado é um indicativo de equilíbrio e de redução da interferência antrópica, permitindo a criação de microambientes favoráveis à regeneração natural. Botelho e Davide (2002) ressaltam que o fechamento do dossel e a diversidade de estratos são marcos do sucesso da restauração, pois promovem sombreamento, controle térmico e estabilidade ecológica.

### 3.5 Conectividade e sustentabilidade ecológica

O conceito de conectividade ecológica está diretamente relacionado à manutenção da biodiversidade e à viabilidade dos processos ecológicos em escala de paisagem. Pereira et al. (2010) demonstraram que a restauração de áreas estratégicas entre fragmentos naturais contribui para o fluxo gênico, a dispersão de propágulos e o deslocamento da fauna, favorecendo a regeneração natural e a estabilidade dos ecossistemas.

A sustentabilidade ecológica de uma área restaurada depende, portanto, da sua integração na paisagem e da capacidade de manter processos ecológicos sem necessidade de intervenções contínuas. Guimarães (2021) argumenta que a autossustentabilidade é atingida quando o sistema apresenta diversidade funcional, regeneração espontânea e estabilidade estrutural. Nesses casos, a área restaurada passa a atuar como um núcleo ativo de conservação e conectividade.

O uso de tecnologias de sensoriamento remoto, conforme proposto por Albuquerque et al. (2021), tem permitido avaliar a conectividade entre fragmentos e o grau de consolidação da vegetação. Essas análises complementam os estudos de campo e fornecem uma visão integrada da paisagem, permitindo a definição de corredores ecológicos e áreas prioritárias para restauração.

Assim, a literatura evidencia que o sucesso da restauração florestal está associado a um conjunto de fatores interdependentes: o manejo silvicultural adequado, a diversidade florística representativa, a conectividade ecológica e o monitoramento contínuo. Quando esses elementos são planejados e executados de forma integrada, a restauração atinge seu objetivo principal — promover a recuperação funcional dos ecossistemas e restabelecer sua capacidade de resiliência e autossustentabilidade (SILVA, 2014; GUIMARÃES, 2021; BOTELHO & DAVIDE, 2002).

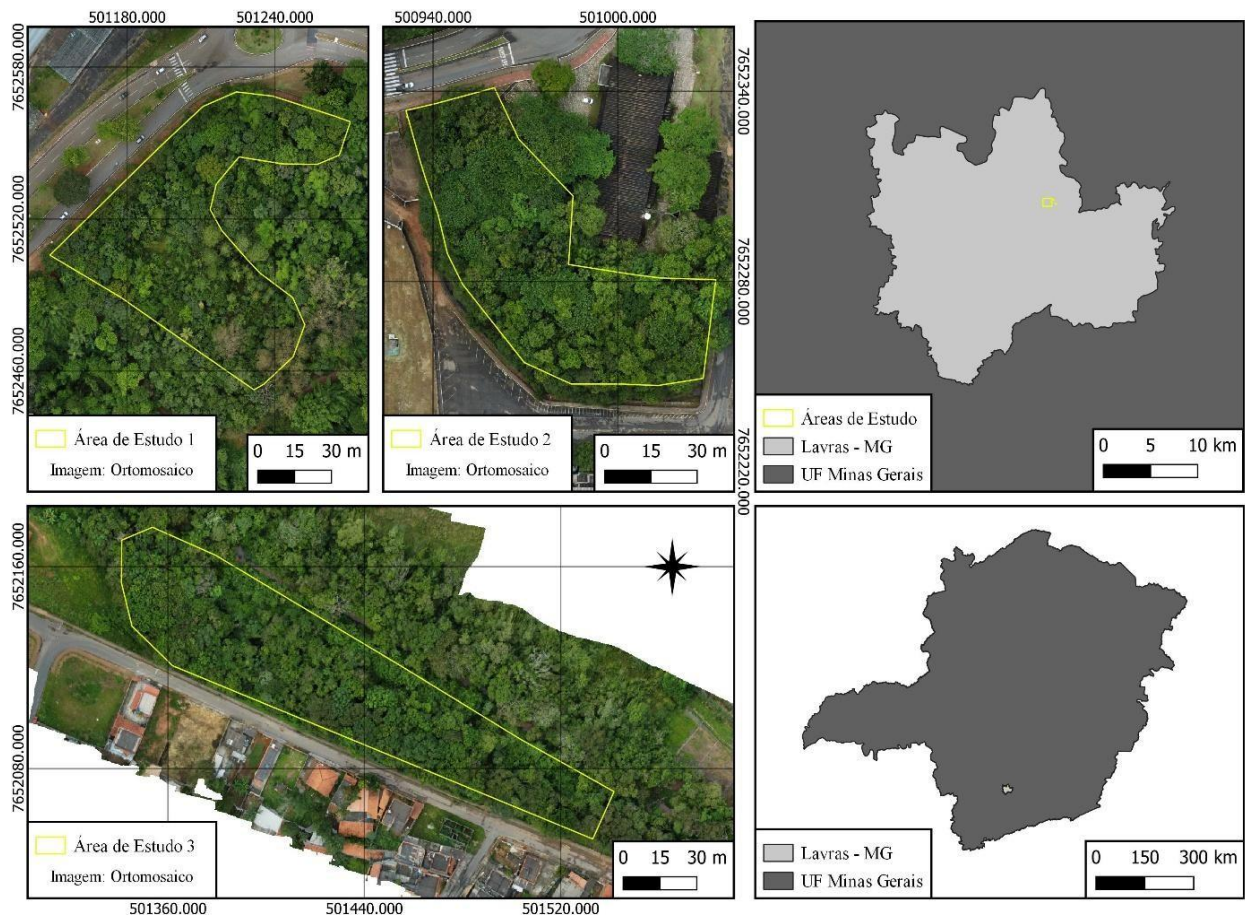
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido no município de Lavras, que está inserido no sul de Minas Gerais, pertence à região do Campo das Vertentes e está na bacia do Alto Rio Grande. Com 565 km<sup>2</sup> de área e 919 m de altitude, seu clima é classificado como Cwa, com verões chuvosos e invernos secos. Os solos predominantes são Latossolos e Cambissolos. Situado no Bioma Mata Atlântica, apresenta vegetação de Floresta Estacional Semidecidual Montana em transição com o Cerrado.

Este estudo compreendeu a comparação entre três áreas localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com aproximadamente 15 anos de implantação em um projeto de restauração florestal (Figura 1).

Figura 1 – Áreas Objetos de Estudo



Fonte: O Autor (2025)

As Áreas de Estudo 1, 2 e 3 foram contempladas no projeto de restauração durante o período chuvoso de 2009/2010 e, apesar dos impactos sofridos, continuam apresentando alta diversidade (PEREIRA et al., 2010; SILVA, 2014).

No Câmpus, a Área de Estudo 1 encontra-se na região conhecida como “curva da jaqueira”, ao lado direito da principal avenida de acesso ao campus, com coordenadas 21°13'43.20"S e 44°59'18.05"O, cobrindo 0,62 ha. Trata-se de uma área de empréstimo, na qual o solo foi removido para obras no campus há cerca de 55 anos. O local abriga um plantio de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., bambus e macaúbas (*Acrocomia aculeata*), além de espécies nativas remanescentes que foram preservadas e integradas ao plantio de mudas realizado durante a implementação do projeto, somando um total de 1.450 plantas.

A Área de Estudo 2 está situada entre o edifício da Incubadora de Empresas e o estacionamento do ginásio poliesportivo, com coordenadas 21°13'51.95"S e 44°59'25.82"O, ocupando uma área de 0,45 ha. Esta região está isolada de outros fragmentos florestais do campus e era originalmente uma pastagem abandonada, cuja presença de animais em pastoreio não se deu por aproximadamente 45 anos. Conforme relatado por Silva (2014), foram plantadas 700 mudas de espécies nativas, e restava apenas um exemplar adulto de *Machaerium nyctitans* e algumas árvores de *Delonix regia* no terreno.

Por fim, a Área de Estudo 3 é uma zona de mata ciliar, situada na divisa do campus com o Bairro Alterosa, nas coordenadas 21°13'56.79"S e 44°59'11.50"O, ocupando uma área de 0,75 ha. Anteriormente, era uma pastagem, abandonada há 45 anos, mas ainda com a presença ocasional de animais provenientes dos moradores da região vizinha.

## 4.2 Ecossistema de Referência

Uma área de referência preservada do domínio base da vegetação local, é um fragmento florestal pertencente à categoria de Floresta Estacional Semidecidual, com uma extensão de 5,83 ha, localizado a 21°14'40"S e 44°57'50"O, a uma altitude de 925 m no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), sendo popularmente conhecida como "Matinha da UFLA" (OLIVEIRA FILHO et al., 1994). Este fragmento se mantém preservado desde a década de 1920, apesar de ter sido submetido a intervenções como o corte e a retirada seletiva de madeira até 1986, quando foi oficialmente tombado como uma área de preservação permanente, designada como a Reserva Florestal da UFLA (OLIVEIRA FILHO et al., 1997).

O relevo da “Matinha” é ligeiramente ondulado, com declividades variando entre 5% e 15%. Os limites da área são confrontados pelo Departamento de Zootecnia, pastagens, um

povoamento de eucaliptos e o viveiro de mudas do Departamento de Ciências Florestais. Entre suas vantagens, destaca-se o fácil acesso dos pesquisadores à área e a garantia de proteção contra novas perturbações (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1996). Estudos prévios indicam que a flora arbórea do fragmento é composta por 52 famílias, 184 espécies e 119 gêneros, além de apresentar os maiores índices de diversidade e equabilidade quando comparada a outras áreas avaliadas no campus (OLIVEIRA FILHO et al., 1994).

As informações do ecossistema de referência são importantes para se compreender a dinâmica da vegetação local, como parâmetros estruturais e fitossociológicos, e identificar padrões de qualidade ambiental num ambiente já estabilizado, de modo que se possa embasar o estudo dos fragmentos alvo.

### 4.3 Avaliação dos componentes arbóreo e regenerante

Para a amostragem do estrato arbóreo, foram constituídas cinco parcelas de 10 m x 15 m (150 m<sup>2</sup>) em cada área de estudo, de acordo com o tamanho das áreas restauradas. Em campo, foram identificados todos os indivíduos arbóreos com altura acima de 2 m e foram mensurados dados referentes à circunferência e altura dos indivíduos presentes no interior das parcelas. A identificação taxonômica das espécies vegetais foi realizada in loco e/ou mediante coleta de material vegetativo/reprodutivo e registros fotográficos, para posterior reconhecimento em escritório. Para tanto, foram utilizadas, como base comparativa, bibliografias especializadas (LORENZI, H., 1992; REFLORA, 2023). Com auxílio de fita métrica, obteve-se a circunferência a 1,30 m de altura do solo (altura do peito) de apenas aquelas plantas com circunferência igual ou superior a 15,7 cm. O diâmetro a altura do peito (DAP) foi determinado pela razão da circunferência (CAP) por  $\pi$  (3,14159). A altura total foi definida pelo comprimento entre a base do tronco (zona limite de contato com o solo) e último ramo visível em altura da copa (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis dendrométricas mensuradas para o estrato arbóreo

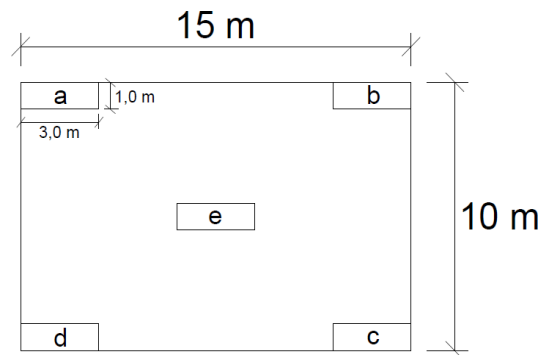
Variável	Símbolo/Expressão	Unidade	Definição
Circunferência a Altura do Peito	CAP	Cm	Medida linear do contorno do tronco da árvore com casca realizada a uma altura de 1,30 metros acima do nível do solo
Diâmetro a altura do	$DAP = CAP / \pi$	Cm	Distância entre dois pontos do

peito	tronco da árvore que passa pelo centro do mesmo; determinado a 1,30 metros de altura acima do solo		
Altura Total	Ht	m	Longitude da árvore desde o nível do solo até o ápice da mesma

Fonte: O Autor (2025)

Para amostragem do estrato regenerante, seguindo a metodologia proposta por Guimarães (2021), foram identificados os indivíduos presentes em subparcelas de 1 m x 3 m (3 m<sup>2</sup>), sendo 5 subparcelas sistematizadas dentro de cada parcela do estrato arbóreo (Figura 2). Foram mensurados os valores de altura com uma vara graduada para todos os indivíduos com altura acima de 10 cm. Os dados obtidos em campo foram transferidos para uma planilha eletrônica Microsoft EXCEL 2021, para os posteriores processamentos.

Figura 2 – Representação das unidades amostrais do componente arbóreo e regenerante



Fonte: Guimarães (2021)

A fitossociologia será realizada a partir da avaliação de parâmetros como, densidade, dominância e frequência, absolutas e relativas, além do índice de cobertura e valor de importância para a comunidade vegetal arbórea (Tabela 2), seguindo metodologia descrita por Capelo (2003).

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos e suas respectivas equações.

Parâmetros	Unidade	Expressão
Densidade Absoluta	n/ha	$DA_i = n_i / A$
Densidade Relativa	%	$DR_i = (DA_i / \sum_{i=1}^P DA_i) \times 100$
Dominância Absoluta	m <sup>2</sup> /ha	$DoA_i = AB_i / A$
Dominância Relativa	%	$DoR_i = (DoA_i / \sum_{i=1}^P DoA_i) \times 100$
Frequência Absoluta	%	$FA_i = (u_i / u_t) \times 100$
Frequência Relativa	%	$FR_i = (FA_i / \sum_{i=1}^n FA_i) \times 100$
Índice Valor de Importância	%	$IVI_i = (DR_i + DoR_i + FR_i) / 3$

Em que:  $DA_i$  = densidade absoluta da i-ésima espécie, em número de indivíduos por hectare;  $n_i$  = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;  $A$  = área amostrada, em hectare;  $DR_i$  = densidade relativa para a i-ésima espécie, em %;  $DoA_i$  = dominância absoluta para a i-ésima espécie, em m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup>;  $AB_i$  = área basal da i-ésima espécie, em m<sup>2</sup>;  $DoR_i$  = dominância relativa da i-ésima espécie, em %;  $FA_i$  = frequência absoluta da i-ésima espécie, em %;  $u_i$  = número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre;  $u_t$  = número total de unidades amostrais;  $FR_i$  = frequência relativa da i-ésima espécie, em %;  $P$  = número de espécies amostradas; e  $IVI_i$  = índice de valor de importância para a i-ésima espécie.

Fonte: O Autor (2025)

A densidade (D) expressa o número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área (GRISI, 2007). A dominância (Do) representa a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos de uma espécie e pode ser definida como a projeção da área basal à superfície do solo, fornecendo, deste modo, uma medida mais eficaz da cobertura do que simplesmente o número de indivíduos captado pela densidade (CAPELO, 2003). Já frequência (F) expressa, basicamente, a ocorrência de determinada espécie nas parcelas/zonas amostrais (GRISI, 2007). Por fim, o índice de valor de importância (IVI), refletem o grau de importância de uma dada espécie, em um determinado local, de forma numérica.

Os índices relativos à diversidade e equabilidade aplicados no estudo da vegetação arbórea estão apresentados na Tabela 3. O índice de diversidade é utilizado para se obter uma estimativa da heterogeneidade florística da área estudada. Entre os diversos índices existentes, comumente, utiliza-se o de Shannon-Weaver (H'), que serve para expressar a diversidade florística das espécies plantadas e das espécies de regeneração natural. De acordo com Gomes (2004), este é o índice mais utilizado para medir a diversidade de uma comunidade, pois incorpora tanto a riqueza quanto a equabilidade e é essencialmente adimensional. A equabilidade, ou equitabilidade, expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies têm abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes (GOMES, 2004). O índice de equabilidade de Pielou (J') é dado em um intervalo de 0 a 1, em que 1 representa a máxima diversidade, em

que todas as espécies são igualmente abundantes.

Tabela 3. Índices de diversidade e suas respectivas equações

Índice	Equação
Shannon-Wiener	$H' = [N \times \ln(N) - \sum_{i=1}^s (n_i \times \ln(n_i))] / N$
Máxima Diversidade Possível	$H'máx = \ln(S)$
Equabilidade de Pielou	$J = H' / H'máx$ ou $J = H' / \ln(S)$
Em que: H' = índice de Shannon-Weaver; N = número de indivíduos amostrados; n <sub>i</sub> = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie; S = número de espécies amostradas; H'máx = diversidade máxima; ln = logaritmo de base neperiana; J = equabilidade de Pielou.	

Fonte: O Autor (2025)

#### 4.4 Resistência do Solo à Penetração

Visando Comparar a avaliação feita por Guimarães (2021), serão realizadas análises no solo com o objetivo de avaliar a compactação através da resistência à penetração. Para isso, será utilizado o penetrômetro de Impacto Modelo IAA/Planalsucar – Stolf (Figura 3), realizando a medição da resistência do solo à penetração desde a superfície até uma profundidade de 0,60 m. As medições serão feitas em três pontos distribuídos por cada uma das parcelas do levantamento do estrato arbóreo. A classificação da resistência à penetração foi adotada conforme a proposta por Guimarães o (2021), com valores considerados baixos (0 a 2 MPa), moderados (2 a 4 MPa), altos (4 a 6 MPa) e muito altos (acima de 6 MPa). As medições ocorrerão entre os meses de maio e junho de 2025.

A resistência à penetração do solo varia conforme sua umidade, por isso a umidade do solo foi medida no momento da coleta dos dados de resistência. Para determinar a umidade média do solo de cada área, conforme metodologia aplicada por Guimarães (2021) amostras serão coletadas nos mesmos pontos utilizados para a medição da resistência à penetração, até uma profundidade de 0,20 m (Figura 3a). Essas amostras serão acondicionadas em recipientes de alumínio vedados com fita crepe e encaminhadas ao Laboratório de Silvicultura e Restauração Florestal – LASERF. Lá, os pesos úmidos das amostras serão obtidos em uma balança analítica (precisão de 0,001 g), e as amostras serão secas em estufa a 105 °C por 24 horas. Após esse período, as amostras serão pesadas novamente para determinar o peso seco (Figura 3b).

Figura 3 –A) Trado Holandês; B) Balança analítica.



Fonte: Guimarães (2021)

A determinação da umidade se deu a partir da diferença gravimétrica entre o peso úmido e o peso seco das amostras, conforme a Equação 1 (EMBRAPA, 1997).

$$U (\%) = \frac{PU - PS}{PS} * 100$$

#### 4.5 Fotogrametria com Drone – Medição de Cobertura de Dossel

A medição da cobertura de dossel é interessante para avaliação da heterogeneidade estrutural, devido à ocorrência de clareiras, sendo possível analisar métricas de formato e de dispersão de clareiras para inferir relações de dinâmicas sucessionais do sub-bosque.

Foi realizado no dia 22/01/2025 o mapeamento automático preliminar das áreas de estudo com Drone DJI Mini 2 (Figura 4). Este mapeamento visa a obtenção de imagens e dados precisos com uma boa resolução espacial (pixels inferiores a 5 centímetros) de sensores digitais passivos, como câmeras RGB, que capturam imagens de alta resolução georreferenciadas.

Figura 4. Drone DJI Mini 2



Fonte: O autor, 2025.

Durante o planejamento do voo, foram seguidos os parâmetros e especificações do sensor. O ângulo da câmera teve inclinação de 90°, altura de voo foi de 80 metros, tamanho do pixel da imagem foi de 2,5 cm, a sobreposição de fotos longitudinal e lateral de 80%.

Por meio do software gratuito QGis, irá se verificar a altura das gramíneas na área, pois este valor será o limiar que separa as árvores do restante, que em geral é gramínea e/ou solo exposto. Verificada a altura das gramíneas e mapeadas as áreas compostas apenas por árvores, calcula-se o percentual que as áreas cobertas por árvores ocupam em relação à área total para obter a cobertura de dossel.

A altura média do dossel foi estimada a partir de produtos fotogramétricos obtidos por meio de imagens capturadas por drones, com posterior processamento e análise no software QGIS. O cálculo foi realizado com base em pontos espacializados que representam a altura média do dossel em cada local amostrado, permitindo a geração de uma média geral para cada área de estudo. Dessa forma, a altura apresentada não se refere à média individual de árvores, mas sim à altura média da cobertura florestal resultante da interpolação espacial dos pontos amostrados.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Inventário Florestal da Área 1:

O inventário florestal realizado na Área 1 teve como objetivo caracterizar a composição florística e estrutural da vegetação implantada e regenerante, de modo a avaliar o desenvolvimento do processo de restauração florestal. A área amostrada foi de 0,075 ha, distribuída em cinco parcelas, e os resultados obtidos refletem o estágio sucessional e o desempenho das espécies utilizadas no plantio, bem como a regeneração natural proveniente do entorno.

#### 5.1.1 Arbóreos:

##### 5.1.1.1 Florística:

Foram identificados 87 indivíduos arbóreos, pertencentes a 26 espécies distribuídas em 16 famílias botânicas. Houveram ainda 3 indivíduos mortos (Tabela 4).

Tabela 4. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário florestal da Área 1.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	Anacardiaceae	1	1,1
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	Salicaceae	1	1,1
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	Urticaceae	14	16,1
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Meliaceae	2	2,3
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	Verbenaceae	4	4,6
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Fabaceae	1	1,1
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Cocáo	Erythroxylaceae	1	1,1
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	Myrtaceae	1	1,1
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	Moraceae	1	1,1
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	Bignoniaceae	1	1,1
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae	1	1,1
<i>Leucochloron incuriale</i>	Angico-Rajado	Fabaceae	4	4,6
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	8	9,2

<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	Fabaceae	2	2,3
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	Fabaceae	1	1,1
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-Paulista	Fabaceae	8	9,2
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	Asteraceae	1	1,1
Morta	Morta	Morta	3	3,4
<i>Myrsine umbellata</i>	Capororocão	Primulaceae	1	1,1
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	Lauraceae	3	3,4
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	Fabaceae	5	5,7
<i>Persea willdenovii</i>	Massaranduba	Lauraceae	1	1,1
<i>Pinus caribaea</i>	Pinus	Pinaceae	12	13,8
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandazinho	Fabaceae	1	1,1
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	Anacardiaceae	3	3,4
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	Anacardiaceae	5	5,7
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	Rutaceae	1	1,1
<b>Totais</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>87</b>	<b>100</b>

Fonte: O Autor, 2025.

Dentre as espécies encontradas, vale destacar a presença de *Pinus caribaea*, espécie exótica provavelmente remanescente da ocupação anterior à implantação do projeto, que apesar de não integrar o mix de plantio, apresentou elevada densidade e volumetria. A composição geral sugere uma boa heterogeneidade florística, importante para a recuperação da estrutura ecológica da área, conforme sugerem Pereira et al., (2010).

#### 5.1.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria:

Na tabela 5, os parâmetros dendrométricos revelaram um diâmetro médio (DAP) de 11,7 cm e altura média de 7,7 m, totalizando um volume estimado de 4,77 m<sup>3</sup> para os 87 indivíduos mensurados.

Tabela 5. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 1.

Nome científico	N	DAP (cm)	Ht (m)	VTCC (m <sup>3</sup> )
<i>Astronium urundeuva</i>	1	15,2	9,0	0,0582
<i>Casearia lasiophylla</i>	1	6,1	4,0	0,0080

<i>Cecropia pachystachya</i>	14	7,6	7,3	0,8799
<i>Cedrela fissilis</i>	2	18,7	13,0	0,1771
<i>Citharexylum myrianthum</i>	4	9,5	7,8	0,2457
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	19,8	10,0	0,0454
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1	5,6	6,0	0,0094
<i>Eugenia florida</i>	1	6,5	6,0	0,0290
<i>Ficus adhatodifolia</i>	1	12,3	5,0	0,0289
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	10,8	10,0	0,0503
<i>Inga vera</i>	1	5,7	6,0	0,0258
<i>Leucochloron incuriale</i>	4	7,5	6,1	0,1627
<i>Lithraea molleoides</i>	8	12,0	6,6	0,4265
<i>Machaerium hirtum</i>	2	15,5	8,5	0,1153
<i>Machaerium nictitans</i>	1	13,7	9,0	0,0097
<i>Machaerium villosum</i>	8	14,9	9,9	0,3729
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	1	22,8	8,0	0,0639
Morta	3	9,3	6,7	0,1278
<i>Myrsine umbellata</i>	1	7,1	7,0	0,0285
<i>Nectandra nitidula</i>	3	11,3	5,0	0,0832
<i>Peltophorum dubium</i>	5	13,7	8,0	0,1619
<i>Persea willdenovii</i>	1	7,2	7,0	0,0148
<i>Pinus caribaea</i>	12	14,7	9,2	1,2284
<i>Platypodium elegans</i>	1	24,2	9,0	0,1030
<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	10,4	6,3	0,0928
<i>Tapirira guianensis</i>	5	11,4	6,4	0,1829
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	7,2	7,0	0,0395
<b>Totais</b>	<b>87</b>	<b>11,7</b>	<b>7,7</b>	<b>4,7715</b>

Fonte: O Autor, 2025.

A espécie *Pinus caribaea* por se tratar de uma espécie exótica de rápido crescimento, e provavelmente já estava na área antes da implantação do projeto, possuiu uma maior ocupação e volumetria da área. Entre as espécies nativas, destacaram-se *Cecropia pachystachya* e *Lithraea molleoides*, que contribuíram de forma expressiva para a volumetria da área.

### 5.1.1.3 Fitossociologia:

As 26 espécies observadas na área 1 foram posteriormente avaliadas segundo (Tabela 6) o estágio de desenvolvimento ecossistêmico de fragmentos secundários em que são habitualmente observadas, em Pioneiras (P), Clímax Exigente de Luz (CL) e Clímax Tolerante à sombra (CS) (Barbosa et al., 2017; Ronquim et al., 2021).

Tabela 6. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 1.

Nome científico	Nome popular	N	Est. Suc.
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	1	CL
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	1	P
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	14	P
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	2	CL
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	4	P
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	1	CS
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Cocáo	1	P
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	1	CL
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	1	P
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	1	CL
<i>Inga vera</i>	Ingá	1	P
<i>Leucochloron incuriale</i>	Angico-Rajado	4	CL
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	8	P
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	2	CL
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	1	P
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-Paulista	8	CL
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	1	CS
Morta	Morta	3	Morta
<i>Myrsine umbellata</i>	Capororocão	1	CS
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	3	P
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	5	P
<i>Persea willdenovii</i>	Massaranduba	1	CL
<i>Pinus caribaea</i>	Pinus	12	P
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandazinho	1	CL

<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	3	P
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	5	P
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	1	CL
<b>Totais</b>	<b>27</b>	<b>87</b>	<b>P</b>

Fonte: O Autor, 2025.

Na área 1 foram encontradas 59 indivíduos de espécies pioneiras, e 22 de espécies CL e apenas 3 espécies CS. A predominância de espécies pioneiras encontradas na área se dá pelo escolha do mix do plantio. Caso não ocorra o enriquecimento de espécies CS na área, é possível que ocorra um declínio de desenvolvimento ecossistêmico ao longo dos anos (PEREIRA, 2011).

#### 5.1.1.3.1 Diversidade:

A diversidade é composta pela variedade de espécies. Já a equabilidade representa a uniformidade da distribuição das espécies entre os indivíduos existentes. A tendência é de que, quanto maior a variação ambiental observada em uma área qualquer, maior será a diversidade de espécies, bem como a homogeneidade de distribuição dos indivíduos por estas espécies.

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou (Tabela 7) são os mais comumente utilizados em estudos fitossociológicos com intuito de conhecer a estrutura de um fragmento florestal. Por isso, estes foram aplicados à área do presente levantamento.

Tabela 7. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Área amostrada (ha)	0,075
N - N° de indivíduos amostrados	87
S - N° de espécies amostradas	27
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	1160
Máxima diversidade possível	3,2958
H' Índice de Shannon-Wiener	2,8581
J - Equabilidade de Pielou	0,8672

Fonte: O Autor, 2025.

O índice de Shannon-Wiener exprime o grau de incerteza em se prever a espécie de um

indivíduo escolhido aleatoriamente na amostra. Quanto maior o valor encontrado para o índice, maior é o grau de incerteza, indicando assim maior diversidade da amostra. Para esta área, o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi de 2,8581, sugerindo uma diversidade média/alta, uma vez que, dado o número de espécies catalogado, vinte e sete (contando a tipologia “mortas”), a máxima diversidade possível para a área seria de 3,2958.

Em relação à equabilidade de Pielou, o índice permite representar a uniformidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. O valor do índice varia de zero (uniformidade mínima) a um (uniformidade máxima). Neste estudo, foi encontrado um valor de 0,8672, indicando que há uma alta uniformidade na distribuição das espécies arbóreas, quando comparado a estudos similares para a mesma classe de vegetação.

#### 5.1.1.3.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 8, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação. São abordados os índices fitossociológicos de densidade, dominância, frequência, cobertura e valor de importância.

Tabela 8. Detalhamento do perfil horizontal dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas vinte seis parcelas.

Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (indiv./ha)	DR (%)	DoA (m <sup>2</sup> /ha)	DoR (%)	VC (%)	IVI (%)
<i>Astronium urundeuva</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,2404	1,5	1,3	1,6
<i>Casearia lasiophylla</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0391	0,2	0,7	1,2
<i>Cecropia pachystachya</i>	14	3	60,0	6,8	187	16,1	0,9151	5,8	10,9	9,6
<i>Cedrela fissilis</i>	2	1	20,0	2,3	27	2,3	0,8006	5,1	3,7	3,2
<i>Citharexylum myrianthum</i>	4	3	60,0	6,8	53	4,6	0,3833	2,4	3,5	4,6
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,4122	2,6	1,9	2,0
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0332	0,2	0,7	1,2
<i>Eugenia florida</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0442	0,3	0,7	1,2
<i>Ficus adhatodifolia</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,1573	1,0	1,1	1,5
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,1219	0,8	1,0	1,4
<i>Inga vera</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0340	0,2	0,7	1,2
<i>Leucochloron incuriale</i>	4	3	60,0	6,8	53	4,6	0,2397	1,5	3,1	4,3
<i>Lithraea molleoides</i>	8	4	80,0	9,1	107	9,2	1,2554	7,9	8,6	8,7
<i>Machaerium hirtum</i>	2	2	40,0	4,5	27	2,3	0,5448	3,4	2,9	3,4

<i>Machaerium nictitans</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,1953	1,2	1,2	1,6
<i>Machaerium villosum</i>	8	3	60,0	6,8	107	9,2	2,1098	13,3	11,3	9,8
<i>Moquiniastrium polymorphum</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,5424	3,4	2,3	2,3
Morta	3	2	40,0	4,5	40	3,4	0,3264	2,1	2,8	3,4
<i>Myrsine umbellata</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0523	0,3	0,7	1,3
<i>Nectandra nitidula</i>	3	1	20,0	2,3	40	3,4	0,4102	2,6	3,0	2,8
<i>Peltophorum dubium</i>	5	2	40,0	4,5	67	5,7	1,5908	10,1	7,9	6,8
<i>Persea willdenovii</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0542	0,3	0,7	1,3
<i>Pinus caribaea</i>	12	2	40,0	4,5	160	13,8	3,4300	21,7	17,7	13,3
<i>Platypodium elegans</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,6145	3,9	2,5	2,4
<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	2	40,0	4,5	40	3,4	0,3772	2,4	2,9	3,5
<i>Tapirira guianensis</i>	5	2	40,0	4,5	67	5,7	0,8468	5,4	5,5	5,2
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	1	20,0	2,3	13	1,1	0,0542	0,3	0,7	1,3
<b>Total</b>	<b>87</b>	<b>1,6</b>	<b>880,0</b>	<b>100</b>	<b>1160</b>	<b>100</b>	<b>15,8254</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

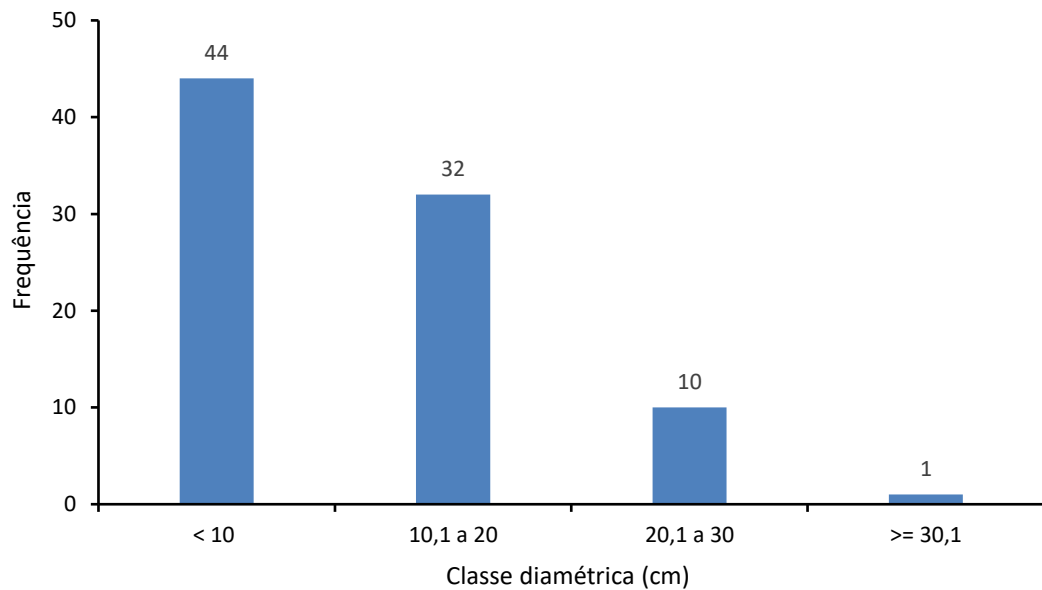
Fonte: O Autor, 2025.

Analisando os parâmetros fitossociológicos, é possível verificar que o morfotipo *Pinus Caribea*, possui maior Valor de Importância (IVI) para área, com 13,3%, visto que tem maior quantidade de indivíduos e maior porte, contudo, não devem ser tão considerados no ponto de vista estrutural da comunidade, visto que não foram plantados no projeto de restauração.

Em relação aos indivíduos nativos, é possível verificar que os morfotipos, *Machaerium villosum*, *Cecropia pachystachya* e *Lithraea molleoides* possuem maior Valor de Importância (IVI) para área, com, 9,8, 9,6 e 8,7%, respectivamente. De forma prática, estas espécies possuem parâmetros de crescimento individual e desenvolvimento equilibrados, e o domínio do IVI se dá mais pelo parâmetro Densidade.

A distribuição diamétrica possui claro comportamento de “J invertido” (Gráfico 1), característico para formações arbóreas naturais secundárias em estágio inicial ou intermediário de sucessão (Condé et al., 2016). Neste caso, a grande maioria da comunidade arbórea encontra-se nas classes de menor diâmetro e apenas alguns poucos indivíduos apresentam diâmetros mais elevados. O diâmetro médio das árvores nas parcelas foi de 11,7 cm, com apenas um indivíduo de *Peltophorum dubium* superando os 30 cm.

Gráfico 1. Distribuição diamétrica dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.



Fonte: O autor (2025).

### 5.1.1.3.3 Estrutura Vertical:

A análise de distribuição das alturas reflete a estrutura vertical da comunidade (CONDÉ et al., 2016). Na Tabela 9, tem-se a altura média por morfotipo dos 87 indivíduos levantados nas cinco parcelas lançadas na área de interesse.

Tabela 9. Altura média por espécie das 87 árvores mensuradas nas parcelas.

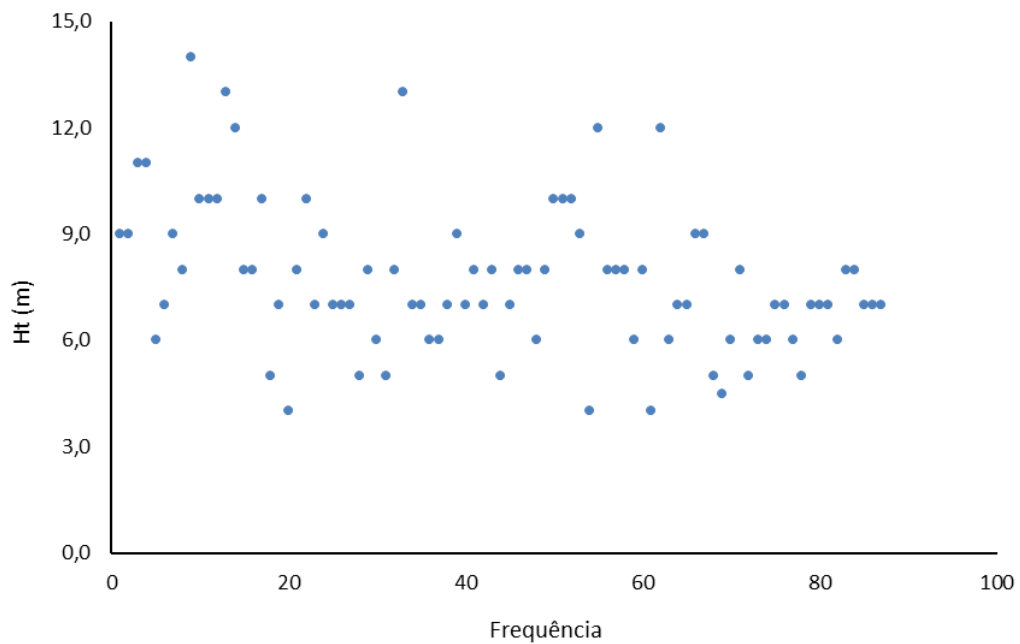
Nome científico	Nome popular	Ht (m)
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	9,0
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	4,0
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	7,3
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	13,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	7,8
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	10,0
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Cocáo	6,0
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	6,0
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	5,0
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	10,0
<i>Inga vera</i>	Ingá	6,0
<i>Leucochloron incuriale</i>	Angico-Rajado	6,1

<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	6,6
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	8,5
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	9,0
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-Paulista	9,9
<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	8,0
Morta	Morta	6,7
<i>Myrsine umbellata</i>	Capororocão	7,0
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	5,0
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	8,0
<i>Persea willdenovii</i>	Massaranduba	7,0
<i>Pinus caribaea</i>	Pinus	9,2
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandazinho	9,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	6,3
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	6,4
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	7,0
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>7,7</b>

Fonte: O autor (2025).

No estrato arbóreo, as espécies se distribuíram em média a 7,7 metros, em dossel e sub-bosque, com dossel base se formando à cerca de 6 a 9 m do solo. Alguns indivíduos dominantes de *Cedrela fissilis*, *Machaerium villosum* e *Pinus caribaea* foram observados atingindo 14,0, 13,0 e 13,0 metros, respectivamente (Gráfico 2).

Gráfico 2. Distribuição das alturas dos 87 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas.



Fonte: O autor (2025).

## 5.1.2 Não Arbóreos:

### 5.1.2.1 Florística:

Foram identificados 154 indivíduos regenerantes distribuídos em 30 espécies e 19 famílias botânicas nas 25 subparcelas amostradas (0,0075 ha). (Tabela 10).

Tabela 10. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 1.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Acrocomia aculeata</i>	Macaúba	Arecaceae	1	0,6
<i>Alchornea sidifolia</i>	Tapiá	Euphorbiaceae	1	0,6
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	Salicaceae	2	1,3
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	Cannabaceae	1	0,6
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	Solanaceae	2	1,3
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Aguai	Sapotaceae	2	1,3
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Fabaceae	1	0,6
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	Euphorbiaceae	1	0,6
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	Fabaceae	3	1,9

<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	Myrtaceae	1	0,6
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	Moraceae	3	1,9
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Ipê-Amarelo	Bignoniaceae	1	0,6
<i>Leucochloron incuriale</i>	Angico-Rajado	Fabaceae	2	1,3
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	12	7,8
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	Fabaceae	1	0,6
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	Fabaceae	10	6,5
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-Paulista	Fabaceae	11	7,1
<i>Miconia albicans</i>	Canela-de-velho	Melastomataceae	32	20,8
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	Lauraceae	3	1,9
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	Fabaceae	24	15,6
<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi-falso	Piperaceae	2	1,3
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau Jacaré	Fabaceae	2	1,3
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandazinho	Fabaceae	11	7,1
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	Anacardiaceae	3	1,9
<i>Siparuna guianensis</i>	Siparuna	Siparunaceae	1	0,6
<i>Styrax ferrugineus</i>	Laranjinha-do-cerrado	Styracaceae	7	4,5
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmeira	Arecaceae	4	2,6
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	Anacardiaceae	6	3,9
<i>Xylopia brasiliensis</i>	Pindaíba	Annonaceae	2	1,3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	Rutaceae	2	1,3
<b>Totais</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>154</b>	<b>100,0</b>

Fonte: O autor (2025).

Importante salientar que parte das espécies regenerantes da área não foram apenas de espécies plantadas no momento do projeto de restauração, mostrando que existe uma capacidade de recrutamento de espécies adjacentes da região. Dentre as espécies identificadas nos não arbóreos estão as Arecaceae, grupo exigente a características do local.

#### 5.1.2.2 Fitossociologia:

A avaliação fitossociológica do estrato não arbóreo revelou 71 indivíduos de espécies pioneiras, 42 de espécies clímax exigentes de luz (CL) e 41 de espécies clímax tolerantes à sombra (CS) (Tabela 11).

Tabela 11. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 1.

<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>N</b>	<b>Est. Suc.</b>	<b>Dispersão</b>
<i>Acrocomia aculeata</i>	Macaúba	1	CS	Zoo
<i>Alchornea sidifolia</i>	Tapiá	1	CL	Zoo
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	2	P	Zoo
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	1	P	Zoo
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	2	P	Ane
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Aguai	2	CL	Zoo
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	1	CS	Zoo
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	1	P	Aut
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	3	CL	Zoo
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	1	CL	Zoo
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	3	P	Zoo
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Ipê-Amarelo	1	CL	Ane
<i>Leucochloron incuriale</i>	Angico-Rajado	2	CL	Zoo
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	12	P	Zoo
<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	1	CL	Aut
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	10	P	Ane
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-Paulista	11	CL	Ane
<i>Miconia albicans</i>	Canela-de-velho	32	CS	Zoo
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	3	P	Zoo
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	24	P	Ane
<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi-falso	2	P	Zoo
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau Jacaré	2	P	Ane
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandazinho	11	CL	Ane
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	3	P	Zoo
<i>Siparuna guianensis</i>	Siparuna	1	CS	Zoo
<i>Styrax ferrugineus</i>	Laranjinha-do-cerrado	7	CL	Zoo
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmeira	4	CS	Zoo
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	6	P	Zoo
<i>Xylopia brasiliensis</i>	Pindaíba	2	CS	Zoo
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	2	CL	Zoo
<b>Totais</b>	<b>30</b>	<b>154</b>	<b>P</b>	<b>Zoo</b>

Fonte: O autor (2025).

No estrato não arbóreo, houve certa igualdade na proporção dos estágios de sucessão, diferentemente do estrato arbóreo em que a composição de espécies é basicamente definida pelo mix do plantio. Esta distribuição demonstra um bom potencial de desenvolvimento ecossistêmico da floresta, garantindo uma tendência de sua manutenção nos próximos anos.

Em relação a sua forma de dispersão, existem somente 2 indivíduos Autocóricos presentes neste componente, *Machaerium hirtum* e *Croton floribundus*, ressaltando a baixa capacidade de propagação na área. Cerca de 2/3 das espécies encontradas são Zoocóricas, o que demonstra a eficiente capacidade ecossistêmica da floresta em abrigar e atrair a fauna, servindo também como um corredor ecológico (PEREIRA et al., 2010).

#### 5.1.2.2.1 Diversidade:

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou para o estrato não arbóreo da área 1 estão na Tabela 12.

Tabela 12. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

Parâmetros	Valor
Área amostrada (ha)	0,0075
N - Nº de indivíduos amostrados	154
S - Nº de espécies amostradas	30
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	20533
Máxima diversidade possível	3,4012
H' Índice de Shannon-Wiener	2,7839
J - Equabilidade de Pielou	0,8185

Fonte: O autor (2025).

O índice de Shannon-Wiener ( $H' = 2,7839$ ) e a equabilidade de Pielou ( $J = 0,8185$ ) indicam diversidade média/alta e boa uniformidade entre as espécies regenerantes. Esses resultados evidenciam que o componente não arbóreo apresenta composição florística equilibrada, com potencial de contribuir para a estabilidade ecológica e a sucessão florestal a longo prazo (PEREIRA, 2011).

### 5.1.2.3.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 13, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação.

Tabela 13. Detalhamento do perfil horizontal dos 154 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas.

Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (indiv./ha)	DR (%)	IVI (%)
<i>Acrocomia aculeata</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Alchornea sidifolia</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Casearia lasiophylla</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Celtis iguanaea</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Cestrum axillare</i>	2	1	4,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Croton floribundus</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	3	3	12,0	1,9	400	1,9	1,9
<i>Eugenia florida</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Ficus adhatodifolia</i>	3	1	4,0	1,9	400	1,9	1,9
<i>Handroanthus serratifolius</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Leucochloron incuriale</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Lithraea molleoides</i>	12	7	28,0	7,8	1600	7,8	7,8
<i>Machaerium hirtum</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Machaerium nictitans</i>	10	7	28,0	6,5	1333	6,5	6,5
<i>Machaerium villosum</i>	11	11	44,0	7,1	1467	7,1	7,1
<i>Miconia albicans</i>	32	12	48,0	20,8	4267	20,8	20,8
<i>Nectandra nitidula</i>	3	3	12,0	1,9	400	1,9	1,9
<i>Peltophorum dubium</i>	24	6	24,0	15,6	3200	15,6	15,6
<i>Piper aduncum</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Platypodium elegans</i>	11	4	16,0	7,1	1467	7,1	7,1
<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	2	8,0	1,9	400	1,9	1,9
<i>Siparuna guianensis</i>	1	1	4,0	0,6	133	0,6	0,6
<i>Styrax ferrugineus</i>	7	4	16,0	4,5	933	4,5	4,5
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	4	3	12,0	2,6	533	2,6	2,6

<i>Tapirira guianensis</i>	6	6	24,0	3,9	800	3,9	3,9
<i>Xylopia brasiliensis</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	2	2	8,0	1,3	267	1,3	1,3
<b>Totais</b>	<b>154</b>	<b>3,1</b>	<b>372,0</b>	<b>100</b>	<b>20533</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor (2025).

*Miconia albicans* e *Peltophorum dubium* apresentaram os maiores Valores de Importância (IVI), com 20,8% e 15,6%, respectivamente. Essas espécies, juntamente com *Platypodium elegans* e *Machaerium villosum*, desempenham papel fundamental na composição estrutural do sub-bosque, proporcionando sombreamento e condições favoráveis à instalação de espécies mais exigentes.

## 5.2 Inventário Florestal da Área 2:

### 5.2.1 Arbóreos:

#### 5.2.1.1 Florística:

Nas cinco 5 parcelas lançadas na Área 2 (0,075 ha), foram mensurados um total de 78 indivíduos arbóreos, de 19 diferentes espécies e 12 famílias botânicas. (Tabela 14).

Tabela 14. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário florestal da Área 2.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	Euphorbiaceae	2	2,6
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	Calophyllaceae	3	3,8
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	Salicaceae	1	1,3
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	Urticaceae	1	1,3
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Meliaceae	1	1,3
<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Malvaceae	3	3,8
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	Verbenaceae	10	12,8
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	Euphorbiaceae	7	9,0
<i>Erythrina falcata</i>	Eritrina	Fabaceae	2	2,6
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	Moraceae	3	3,8

<i>Genipa americana</i>	Genipapo	Rubiaceae	3	3,8
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	Malvaceae	22	28,2
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae	10	12,8
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	1	1,3
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	Fabaceae	1	1,3
<i>Ochroma pyramidale</i>	Pau Balsa	Malvaceae	3	3,8
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	Fabaceae	1	1,3
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	Anacardiaceae	2	2,6
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	Myrtaceae	2	2,6
<b>Totais</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>78</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor (2025).

Nesta área destaca-se a dominância das espécies *Guazuma ulmifolia*, *Citharexylum myrianthum* e *Inga vera* com 22, 10 e 10 indivíduos, respectivamente, provavelmente em função da escolha do mix do plantio e/ou do percentual de sobrevivência. A composição florística é representativa para o objetivo de restauração e evidencia predominância de espécies pioneiras entre as mais frequentes (PEREIRA, 2011).

### 5.2.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria:

Na tabela 15, os parâmetros dendrométricos por espécie indicaram DAP médio = 21,0 cm e altura média = 11,2 m para os 78 indivíduos arbóreos, com volume total estimado (VTCC) = 12,0536 m<sup>3</sup>.

Tabela 15. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 2.

Nome científico	N	DAP (cm)	Ht (m)	VTCC (m <sup>3</sup> )
<i>Alchornea glandulosa</i>	2	5,6	6,9	0,0842
<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	6,8	6,8	0,1172
<i>Casearia lasiophylla</i>	1	9,6	7,0	0,0545
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	20,4	14,0	0,2512
<i>Cedrela fissilis</i>	1	11,0	5,0	0,0287
<i>Ceiba speciosa</i>	3	46,5	14,8	1,1332
<i>Citharexylum myrianthum</i>	10	25,8	13,0	1,5206

<i>Croton floribundus</i>	7	24,8	14,9	1,9188
<i>Erythrina falcata</i>	2	12,3	7,4	0,1128
<i>Ficus adhatodifolia</i>	3	14,2	7,8	0,1010
<i>Genipa americana</i>	3	10,6	8,0	0,1960
<i>Guazuma ulmifolia</i>	22	22,1	11,8	3,6370
<i>Inga vera</i>	10	19,6	9,4	0,6876
<i>Lithraea molleoides</i>	1	11,7	6,0	0,0205
<i>Machaerium nictitans</i>	1	9,2	7,9	0,0072
<i>Ochroma pyramidale</i>	3	41,6	16,3	1,1223
<i>Peltophorum dubium</i>	1	27,0	20,0	0,7072
<i>Schinus terebinthifolia</i>	2	8,5	7,8	0,1238
<i>Syzygium cumini</i>	2	11,3	10,9	0,2299
<b>Totais</b>	<b>78</b>	<b>21,0</b>	<b>11,2</b>	<b>12,0536</b>

Fonte: O autor (2025).

A espécie *Ochroma pyramidale* e *Ceiba speciosa* possuem o VTCC 1,1223 e 1,1332 m<sup>3</sup>, respectivamente, e apenas 3 indivíduos cada, se destacando em desenvolvimento. Porém, de forma geral, as espécies possuíram alta volumetria por sua densidade, como *Guazuma ulmifolia*, *Citharexylum myrianthum* e *Inga vera*.

### 5.2.1.3 Fitossociologia:

A avaliação dos estágios sucessionais (Tabela 16) indicou forte predomínio de espécies pioneiras (67 indivíduos), com apenas 8 indivíduos classificados como clímax exigente de luz (CL) e 3 como clímax tolerante à sombra (CS).

Tabela 16. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 2.

Nome científico	Nome popular	N	Est. Suc.
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	2	CL
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	3	CS
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	1	P
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	1	P
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	1	CL

<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	3	CL
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	10	P
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	7	P
<i>Erythrina falcata</i>	Eritrina	2	P
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	3	P
<i>Genipa americana</i>	Genipapo	3	P
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	22	P
<i>Inga vera</i>	Ingá	10	P
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	1	P
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	1	P
<i>Ochroma pyramidale</i>	Pau Balsa	3	P
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	1	P
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	2	P
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	2	CL
<b>Totais</b>	<b>19</b>	<b>78</b>	<b>P</b>

Fonte: O autor (2025).

Essa composição indica que o estrato arbóreo está dentro do padrão esperado em plantios de restauração recentes ou em recuperação.

#### 5.2.1.3.1 Diversidade:

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou para o estrato arbóreo da área 2 estão na Tabela 17).

Tabela 17. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Área amostrada (ha)	0,075
N - Nº de indivíduos amostrados	78
S - Nº de espécies amostradas	19
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	1040
Máxima diversidade possível	2,9444
H' Índice de Shannon-Wiener	2,4375
J - Equabilidade de Pielou	0,8278

Fonte: O autor (2025).

Foram amostrados 78 indivíduos e 19 espécies, resultando em  $H'$  (Shannon-Wiener) = 2,4375 e  $J$  (Pielou) = 0,8278. Considerando a máxima diversidade teórica para essa riqueza ( $H_{\text{máx}} = 2,9444$ ), os valores obtidos caracterizam uma diversidade média com boa equabilidade, o que sugere distribuição relativamente uniforme dos indivíduos entre as espécies presentes.

### 5.2.1.3.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 18, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação.

Tabela 18. Detalhamento do perfil horizontal dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas.

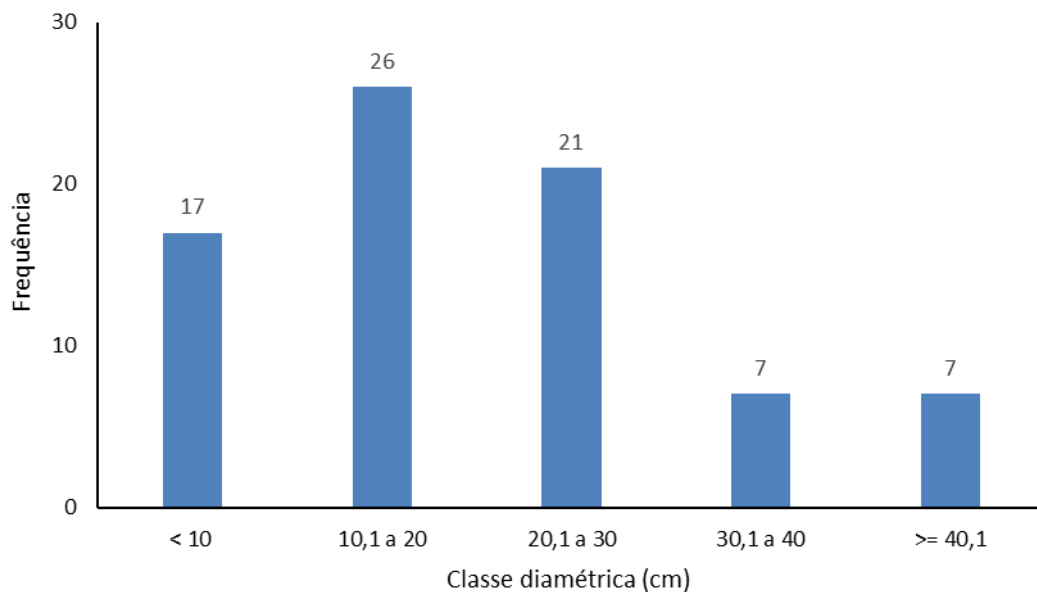
Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (indiv./ha)	DR (%)	DoA (m <sup>2</sup> /ha)	DoR (%)	VC (%)	IVI (%)
<i>Alchornea glandulosa</i>	2	1	20,0	2,6	27	2,6	0,0649	0,1	1,3	1,8
<i>Calophyllum brasiliense</i>	3	2	40,0	5,3	40	3,8	0,1517	0,3	2,1	3,1
<i>Casearia lasiophylla</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,0959	0,2	0,7	1,4
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,4346	0,9	1,1	1,6
<i>Cedrela fissilis</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,1263	0,3	0,8	1,4
<i>Ceiba speciosa</i>	3	2	40,0	5,3	40	3,8	7,6416	15,7	9,7	8,3
<i>Citharexylum myrianthum</i>	10	3	60,0	7,9	133	12,8	9,3901	19,2	16,0	13,3
<i>Croton floribundus</i>	7	4	80,0	10,5	93	9,0	4,8485	9,9	9,5	9,8
<i>Erythrina falcata</i>	2	2	40,0	5,3	27	2,6	0,4211	0,9	1,7	2,9
<i>Ficus adhatodifolia</i>	3	1	20,0	2,6	40	3,8	0,6666	1,4	2,6	2,6
<i>Genipa americana</i>	3	2	40,0	5,3	40	3,8	0,3597	0,7	2,3	3,3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	22	5	100,0	13,2	293	28,2	12,4630	25,5	26,9	22,3
<i>Inga vera</i>	10	4	80,0	10,5	133	12,8	5,2586	10,8	11,8	11,4
<i>Lithraea molleoides</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,1427	0,3	0,8	1,4
<i>Machaerium nictitans</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,0892	0,2	0,7	1,4
<i>Ochroma pyramidale</i>	3	3	60,0	7,9	40	3,8	5,4893	11,2	7,5	7,7
<i>Peltophorum dubium</i>	1	1	20,0	2,6	13	1,3	0,7630	1,6	1,4	1,8
<i>Schinus terebinthifolia</i>	2	2	40,0	5,3	27	2,6	0,1498	0,3	1,4	2,7
<i>Syzygium cumini</i>	2	1	20,0	2,6	27	2,6	0,2703	0,6	1,6	1,9
<b>Total</b>	<b>78</b>	<b>2,0</b>	<b>760,0</b>	<b>100</b>	<b>1040</b>	<b>100</b>	<b>48,8268</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor (2025).

Analisando os parâmetros fitossociológicos, é possível verificar que os morfotipos *Guazuma ulmifolia*, *Citharexylum myrianthum* e *Inga vera* possuem maior Valor de Importância (IVI) para área, com 22,3, 13,3 e 11,4%, respectivamente. De forma prática, estas espécies possuem maior representatividade em Densidade em relação ao todo da comunidade arbórea presente.

A distribuição diamétrica possui uma tendência mista de comportamento “J invertido” e “U invertido” (Gráfico 3). Característico de migração de um estágio inicial de regeneração para formações em estágio médio/avançado de sucessão. Neste caso, a classe diamétrica mais baixa começa a ter menos indivíduos em relação as demais, mostrando uma certa maturidade ecossistêmica. O diâmetro médio das árvores nas parcelas foi de 21,0 cm, com indivíduos de *Ceiba speciosa* e *Guazuma ulmifolia* superando os 50 cm.

Gráfico 3. Distribuição diamétrica dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.



Fonte: O autor (2025).

### 5.2.1.3.3 Estrutura Vertical:

Na Tabela 19, tem-se a altura média por morfotipo dos 78 indivíduos levantados nas cinco parcelas lançadas na área de interesse.

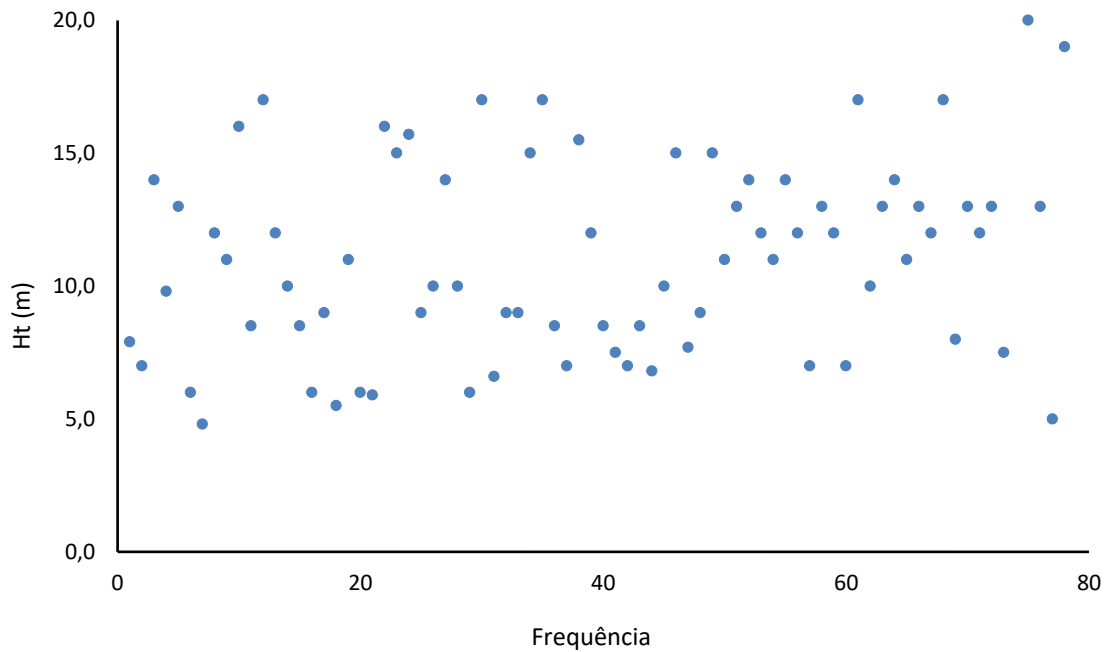
Tabela 19. Altura média por espécie das 78 árvores mensuradas nas parcelas.

Nome científico	Nome popular	Ht (m)
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	6,9
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	6,8
<i>Casearia lasiophylla</i>	Cambroé	7,0
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	14,0
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	5,0
<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	14,8
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	13,0
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	14,9
<i>Erythrina falcata</i>	Eritrina	7,4
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	7,8
<i>Genipa americana</i>	Genipapo	8,0
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	11,8
<i>Inga vera</i>	Ingá	9,4
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	6,0
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	7,9
<i>Ochroma pyramidale</i>	Pau Balsa	16,3
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	20,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	7,8
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	10,9
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>11,2</b>

Fonte: O autor (2025).

No estrato arbóreo, as espécies se distribuíram em dossel, sub-dossel e sub-bosque, com dossel base se formando à cerca de 10 a 13 m do solo. Alguns indivíduos dominantes de *Ceiba speciosa* e *Peltophorum dubium* e *Croton floribundus* foram observados superando os 19,0 metros (Gráfico 4).

Gráfico 4. Distribuição das alturas dos 78 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas.



Fonte: O autor (2025).

## 5.2.2 Não Arbóreos:

### 5.2.2.1 Florística:

Nas 25 subparcelas (0,0075 ha) foram registrados 303 indivíduos regenerantes, distribuídos em 27 espécies e 17 famílias. (Tabela 20).

Tabela 20. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 2.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	Euphorbiaceae	13	4,3
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	Bixaceae	1	0,3
<i>Casearia gossypiosperma</i>	Espeto	Salicaceae	3	1,0
<i>Casearia sylvestris</i>	Erva Lagarto	Salicaceae	1	0,3
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	Cannabaceae	1	0,3
<i>Cenostigma pluviosum</i>	Sibipiruna	Fabaceae	10	3,3
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	Solanaceae	1	0,3
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	Verbenaceae	1	0,3

<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Fabaceae	43	14,2
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	Euphorbiaceae	2	0,7
<i>Cupania vernalis</i>	Cupania	Sapindáceas	16	5,3
<i>Diospyros inconstans</i>	Fruta de Jacu	Ebenaceae	4	1,3
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Erythroxylum	Erythroxylaceae	2	0,7
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	Myrtaceae	20	6,6
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Fabaceae	1	0,3
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae	12	4,0
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	5	1,7
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	Fabaceae	142	46,9
<i>Maclura tinctoria</i>	Moreira	Moraceae	1	0,3
<i>Myrcia splendens</i>	Myrcia Splendens	Myrtaceae	1	0,3
<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca	Primulaceae	2	0,7
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	Lauraceae	7	2,3
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau Jacaré	Fabaceae	3	1,0
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Myrtaceae	1	0,3
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	Rhamnaceae	5	1,7
<i>Styrax camporum</i>	Styrax	Styracaceae	1	0,3
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	Anacardiaceae	4	1,3
<b>Totais</b>	<b>27</b>	<b>17</b>	<b>303</b>	<b>100,0</b>

Fonte: O autor (2025).

Na área 2, a espécie *Machaerium nictitans* obteve 142 indivíduos regenerantes, dominando o estrato não arbóreo. Este comportamento anormal, se deve, provavelmente, à presença de um exemplar adulto de *Machaerium nictitans*, que atuou como fornecedor de sementes e propágulos. Foram encontrados 43 indivíduos regenerantes da espécie *Copaifera langsdorffii*, exemplar que não foi mensurado no levantamento das arbóreas da área, evidenciando conectividade com a matriz adjacente e capacidade de aporte de propágulos no interior da área.

#### 5.2.2.2 Fitossociologia:

No estrato regenerante da área 2, observou-se 215 indivíduos de espécies pioneiras, 45 de CL e 41 de CS (Tabela 21).

Tabela 21. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 2.

<b>Nome científico</b>	<b>Nome popular</b>	<b>N</b>	<b>Est. Suc.</b>	<b>Dispersão</b>
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	13	CL	Zoo
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	1	CL	Zoo
<i>Casearia gossypiosperma</i>	Espeto	3	P	Zoo
<i>Casearia sylvestris</i>	Erva Lagarto	1	P	Zoo
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	1	P	Zoo
<i>Cenostigma pluviosum</i>	Sibipiruna	10	P	Ane
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	1	P	Ane
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	1	P	Zoo
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	43	CS	Zoo
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	2	P	Aut
<i>Cupania vernalis</i>	Cupania	16	P	Zoo
<i>Diospyros inconstans</i>	Fruta de Jacu	4	CL	Zoo
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Erythroxylum	2	P	Zoo
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	20	CL	Zoo
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	1	CL	Zoo
<i>Inga vera</i>	Ingá	12	P	Zoo
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	5	P	Zoo
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	142	P	Ane
<i>Maclura tinctoria</i>	Moreira	1	P	Zoo
<i>Myrcia splendens</i>	Myrcia Splendens	1	P	Zoo
<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca	2	P	Zoo
<i>Nectandra nitidula</i>	Nítidula	7	P	Zoo
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau Jacaré	3	P	Ane
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	1	P	Zoo
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	5	CL	Zoo
<i>Styrax camporum</i>	Styrax	1	CL	Zoo
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	4	P	Zoo
<b>Totais</b>	<b>27</b>	<b>303</b>	<b>P</b>	<b>Ane/Zoo</b>

Fonte: O autor (2025).

A elevada contagem de pioneiras é fortemente influenciada pela massa de *Machaerium nictitans* (142), cuja presença altera as métricas comunitárias. Isolando este fator, observa-se

uma distribuição mais balanceada entre os grupos sucessionais, o que indica potencial de avanço sucessional.

Em termos de dispersão, predominaram espécies zoocóricas, apontando papel importante da fauna na manutenção e expansão da regeneração (PEREIRA, 2011).

#### 5.2.2.2.1 Diversidade:

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou para área 2 estão na Tabela 22.

Tabela 22. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

Parâmetros	Valor
Área amostrada (ha)	0,0075
N - Nº de indivíduos amostrados	303
S - Nº de espécies amostradas	27
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	40400
Máxima diversidade possível	3,2958
H' Índice de Shannon-Wiener	2,0587
J - Equabilidade de Pielou	0,6246

Fonte: O autor (2025).

Para esta área, o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foi de 2,0587, sugerindo uma diversidade média/baixa, uma vez que, dado o número de espécies catalogado, vinte e sete, a máxima diversidade possível para a área seria de 3,2958. Em relação à equabilidade de Pielou, na área 2, foi encontrado um valor de 0,6246, indicando que há uma média/baixa uniformidade na distribuição das espécies arbóreas, quando comparado a estudos similares para a mesma classe de vegetação, muito em função da influência macica da densidade da espécie *Macharium nictitans*.

#### 5.2.2.3.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 23, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação.

Tabela 23. Detalhamento do perfil horizontal dos 303 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas.

Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (indiv./ha)	DR (%)	IVI (%)
<i>Alchornea glandulosa</i>	13	12	48,0	4,3	1733	4,3	4,3
<i>Bixa orellana</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Casearia gossypiosperma</i>	3	3	12,0	1,0	400	1,0	1,0
<i>Casearia sylvestris</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Celtis iguanaea</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Cenostigma pluviosum</i>	10	5	20,0	3,3	1333	3,3	3,3
<i>Cestrum axillare</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Copaifera langsdorffii</i>	43	17	68,0	14,2	5733	14,2	14,2
<i>Croton floribundus</i>	2	2	8,0	0,7	267	0,7	0,7
<i>Cupania vernalis</i>	16	11	44,0	5,3	2133	5,3	5,3
<i>Diospyros inconstans</i>	4	2	8,0	1,3	533	1,3	1,3
<i>Erythroxylum deciduum</i>	2	2	8,0	0,7	267	0,7	0,7
<i>Eugenia florida</i>	20	12	48,0	6,6	2667	6,6	6,6
<i>Hymenaea courbaril</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Inga vera</i>	12	4	16,0	4,0	1600	4,0	4,0
<i>Lithraea molleoides</i>	5	4	16,0	1,7	667	1,7	1,7
<i>Machaerium nictitans</i>	142	21	84,0	46,9	18933	46,9	46,9
<i>Maclura tinctoria</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Myrcia splendens</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Myrsine coriacea</i>	2	1	4,0	0,7	267	0,7	0,7
<i>Nectandra nitidula</i>	7	4	16,0	2,3	933	2,3	2,3
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	3	3	12,0	1,0	400	1,0	1,0
<i>Psidium guajava</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	5	3	12,0	1,7	667	1,7	1,7
<i>Styrax camporum</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Tapirira guianensis</i>	4	3	12,0	1,3	533	1,3	1,3
<b>Totais</b>	<b>303</b>	<b>4,4</b>	<b>476,0</b>	<b>100</b>	<b>40400</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor (2025).

Analisando os parâmetros fitossociológicos, é possível verificar que o morfotipo *Machaerium nictitans*, possui maior Valor de Importância (IVI) para área, com 46,9%, visto que

tem maior quantidade de indivíduos, contudo, não podem ser tão considerados no ponto de vista estrutural da comunidade, visto que não foram plantados no projeto de restauração.

Entre as demais espécies com maior expressão destacam-se *Copaifera langsdorffii* (IVI = 14,2%) e *Cupania vernalis/Eugenia florida* em menor proporção.

### 5.3 Inventário Florestal da Área 3:

#### 5.3.1 Arbóreos:

##### 5.3.1.1 Florística:

Nas cinco 5 parcelas lançadas na Área 3 (0,075 ha), foram mensurados um total de 71 indivíduos arbóreos, de 16 diferentes espécies e 11 famílias botânicas. Houve ainda 1 indivíduo morto (Tabela 24).

Tabela 24. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 5 parcelas do inventário florestal da Área 3.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	Anacardiaceae	4	5,6
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	Urticaceae	1	1,4
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	Verbenaceae	8	11,3
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	Euphorbiaceae	5	7,0
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	Moraceae	13	18,3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	Malvaceae	2	2,8
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	Bignoniaceae	1	1,4
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva-do-japão	Rhamnaceae	3	4,2
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Fabaceae	2	2,8
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae	14	19,7
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	4	5,6
Morta	Morta	Morta	1	1,4
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	Fabaceae	5	7,0
<i>Pleroma granulatum</i>	Quaresmeira	Melastomataceae	3	4,2
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	Rhamnaceae	1	1,4
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	Anacardiaceae	3	4,2

<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilha	Euphorbiaceae	1	1,4
<b>Totais</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>71</b>	<b>100,0</b>

Fonte: O autor (2025).

Nesta área destaca-se a dominância das espécies *Inga vera* e *Ficus adhatodifolia* com 14 e 13 indivíduos, respectivamente, provavelmente em função da escolha do mix do plantio e/ou do percentual de sobrevivência. De modo geral, a distribuição das espécies é considerada satisfatória e condizente com as metas de restauração estabelecidas.

### 5.3.1.2 Variáveis Dendrométricas e Volumetria:

Na tabela 25, têm-se as variáveis dendrométricas por espécie e o sortimento de madeira correspondente para os 71 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas lançadas na área 3.

Tabela 25. Valores médios e totais por espécie das variáveis dendrométricas obtidas nas cinco parcelas lançadas na área 3.

Nome científico	N	DAP (cm)	Ht (m)	VTCC (m <sup>3</sup> )
<i>Astronium urundeuva</i>	4	14,3	8,8	0,1513
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	26,1	11,0	0,0949
<i>Citharexylum myrianthum</i>	8	25,0	10,9	1,4217
<i>Croton floribundus</i>	5	17,3	10,8	0,4771
<i>Ficus adhatodifolia</i>	13	24,5	12,2	2,6452
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	20,0	8,0	0,0670
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	13,6	8,0	0,0161
<i>Hovenia dulcis</i>	3	17,9	12,3	0,5937
<i>Hymenaea courbaril</i>	2	9,8	7,0	0,0254
<i>Inga vera</i>	14	22,3	8,9	1,2501
<i>Lithraea molleoides</i>	4	12,5	6,3	0,0702
Morta	1	11,5	9,0	0,0582
<i>Peltophorum dubium</i>	5	15,6	9,6	0,4225
<i>Pleroma granulatum</i>	3	9,8	9,0	0,2336
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	1	7,5	8,0	0,0473
<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	21,5	7,7	0,1293

<i>Sebastiania commersoniana</i>	1	9,0	5,0	0,0230
<b>Totais</b>	<b>71</b>	<b>19,4</b>	<b>9,7</b>	<b>7,7266</b>

Fonte: O autor (2025).

A média do diâmetro à altura do peito (DAP) foi de 19,4 cm e a altura média de 9,7 m, resultando em um volume total de 7,73 m<sup>3</sup>. As espécies *Ficus adhatodifolia* e *Inga vera* apresentaram as maiores volumetrias, contribuindo significativamente para o volume total da área. as espécies possuíram alta volumetria por sua densidade, como *Ficus adhatodifolia* e *Inga vera*.

### 5.3.1.3 Fitossociologia:

As 16 espécies observadas na área nativa foram posteriormente avaliadas segundo (Tabela 26) o estágio de desenvolvimento ecossistêmico de fragmentos secundários em que são habitualmente observadas, em Pioneiras (P), Clímax Exigente de Luz (CL) e Clímax Tolerante à sombra (CS) (Barbosa et al., 2017; Ronquim et al., 2021).

Tabela 26. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa e sua avaliação qualitativa do estágio sucessional em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 3.

Nome científico	Nome popular	N	Est. Suc.
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	4	CL
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	1	P
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	8	P
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	5	P
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	13	P
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	2	P
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	1	CL
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva-do-japão	3	CS
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	2	CL
<i>Inga vera</i>	Ingá	14	P
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	4	P
Morta	Morta	1	Morta
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	5	P
<i>Pleroma granulosum</i>	Quaresmeira	3	CS

<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	1	CL
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	3	P
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilha	1	CS
<b>Totais</b>	<b>17</b>	<b>71</b>	<b>P</b>

Fonte: O autor (2025).

Na área 3, também houve predominância de espécies pioneiras, com 55 indivíduos, apenas 8 de espécies CL e 7 espécies de CS. A predominância de espécies pioneiras encontradas na área se dá pelo escolha do mix do plantio e/ou sobrevivência.

### 5.3.1.3.1 Diversidade:

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou para área 3 estão na Tabela 27.

Tabela 27. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Área amostrada (ha)	0,075
N - N° de indivíduos amostrados	71
S - N° de espécies amostradas	17
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	947
Máxima diversidade possível	2,8332
H' Índice de Shannon-Wiener	2,4772
J - Equabilidade de Pielou	0,8743

Fonte: O autor (2025).

O índice de Shannon-Wiener ( $H' = 2,4772$ ) e o valor de equabilidade de Pielou ( $J = 0,8743$ ) indicam diversidade média e boa uniformidade entre as espécies. Considerando o total de 17 espécies registradas, a diversidade observada é satisfatória para o estágio sucessional atual, aproximando-se da máxima diversidade teórica ( $H_{\text{máx}} = 2,8332$ ). Esses resultados corroboram o equilíbrio na distribuição dos indivíduos e a eficiência do plantio na promoção da heterogeneidade florística (Barbosa et al., 2017).

### 5.3.1.3.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 28, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação.

Tabela 28. Detalhamento do perfil horizontal dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas.

Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (ind./ha)	DR (%)	DoA (m <sup>2</sup> /ha)	DoR (%)	VC (%)	IVI (%)
<i>Astronium urundeuva</i>	4	1	20,0	3,1	53	5,6	1,1295	3,1	4,4	4,0
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	1	20,0	3,1	13	1,4	0,7134	2,0	1,7	2,2
<i>Citharexylum myrianthum</i>	8	3	60,0	9,4	107	11,3	6,7575	18,7	15,0	13,1
<i>Croton floribundus</i>	5	2	40,0	6,3	67	7,0	1,6622	4,6	5,8	6,0
<i>Ficus adhatodifolia</i>	13	4	80,0	12,5	173	18,3	9,8696	27,4	22,8	19,4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	1	20,0	3,1	27	2,8	0,8528	2,4	2,6	2,8
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	1	1	20,0	3,1	13	1,4	0,1944	0,5	1,0	1,7
<i>Hovenia dulcis</i>	3	2	40,0	6,3	40	4,2	1,0111	2,8	3,5	4,4
<i>Hymenaea courbaril</i>	2	1	20,0	3,1	27	2,8	0,2379	0,7	1,7	2,2
<i>Inga vera</i>	14	4	80,0	12,5	187	19,7	9,3511	25,9	22,8	19,4
<i>Lithraea molleoides</i>	4	1	20,0	3,1	53	5,6	0,7288	2,0	3,8	3,6
Morta	1	1	20,0	3,1	13	1,4	0,1375	0,4	0,9	1,6
<i>Peltophorum dubium</i>	5	4	80,0	12,5	67	7,0	1,4478	4,0	5,5	7,9
<i>Pleroma granulosum</i>	3	2	40,0	6,3	40	4,2	0,3236	0,9	2,6	3,8
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	1	1	20,0	3,1	13	1,4	0,0586	0,2	0,8	1,6
<i>Schinus terebinthifolia</i>	3	2	40,0	6,3	40	4,2	1,4956	4,1	4,2	4,9
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1	1	20,0	3,1	13	1,4	0,0844	0,2	0,8	1,6
<b>Totais</b>	<b>71</b>	<b>1,9</b>	<b>640,0</b>	<b>100</b>	<b>947</b>	<b>100</b>	<b>36,0558</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

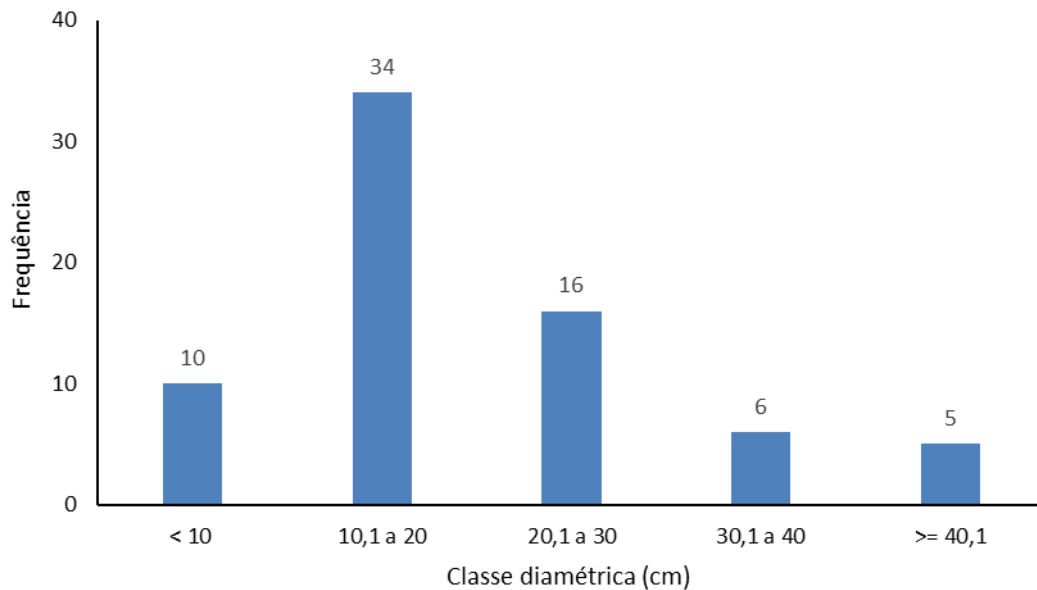
Fonte: O autor (2025).

Analisando os parâmetros fitossociológicos, é possível verificar que os morfotipos *Ficus adhatodifolia*, *Inga vera* e *Citharexylum myrianthum* possuem maior Valor de Importância (IVI) para área, com 19,4, 19,4 e 13,1%, respectivamente. De forma prática, estas espécies possuem maior Densidade em relação ao todo da comunidade arbórea presente.

A distribuição diamétrica possui uma tendência mista de comportamento “J invertido” e “U invertido” (Gráfico 5). Característico de migração de um estágio inicial de regeneração

para formações em estágio médio/avançado de sucessão. Neste caso, a classe diamétrica mais baixa começa a ter menos indivíduos em relação as demais, mostrando uma certa maturidade ecossistêmica. O diâmetro médio das árvores nas parcelas foi de 19,4 cm, com um indivíduo de *Citharexylum myrianthum* superando os 50 cm.

Gráfico 5. Distribuição diamétrica dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas parcelas.



Fonte: O autor (2025).

### 5.3.1.3.3 Estrutura Vertical:

Na Tabela 29, tem-se a altura média por morfotipo dos 71 indivíduos levantados nas cinco parcelas lançadas na área de interesse.

Tabela 29. Altura média por espécie das 71 árvores mensuradas nas parcelas.

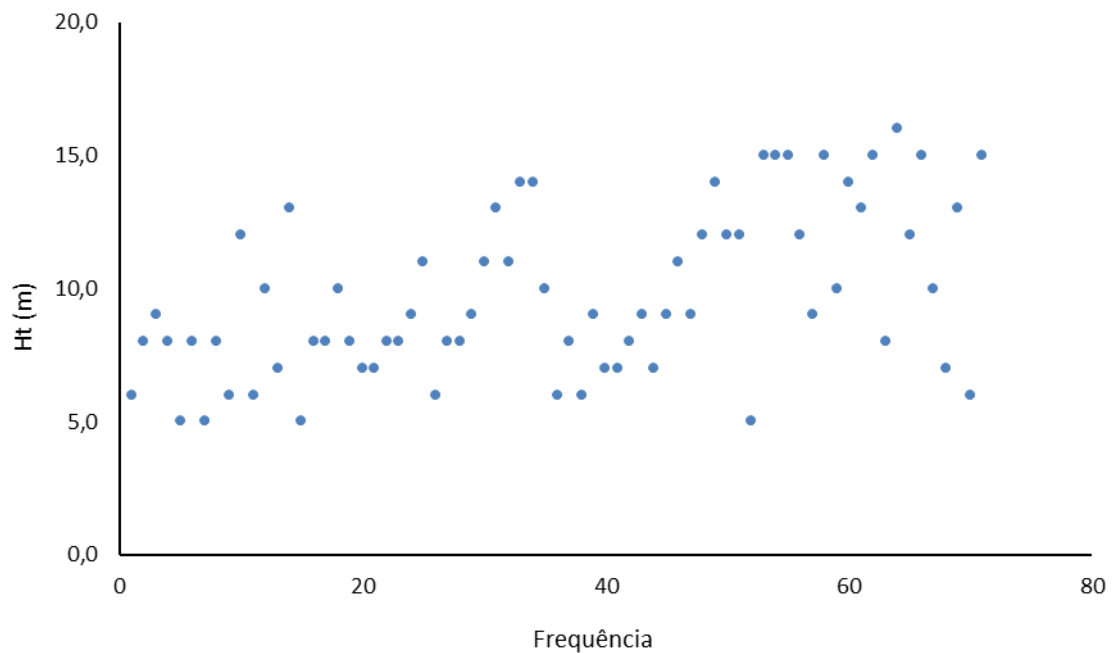
Nome científico	Nome popular	Ht (m)
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	8,8
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	11,0
<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau Viola	10,9
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	10,8
<i>Ficus adhatodifolia</i>	Figueira	12,2
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba	8,0
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-Roxo	8,0

<i>Hovenia dulcis</i>	Uva-do-japão	12,3
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	7,0
<i>Inga vera</i>	Ingá	8,9
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	6,3
Morta	Morta	9,0
<i>Peltophorum dubium</i>	Angico Amarelo	9,6
<i>Pleroma granulatum</i>	Quaresmeira	9,0
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	8,0
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	7,7
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilho	5,0
<b>Totais</b>	<b>17</b>	<b>11,2</b>

Fonte: O autor (2025).

No estrato arbóreo, as espécies se distribuíram em dossel, sub-dossel e sub-bosque, com dossel base se formando à cerca de 8 a 11 m do solo. Constatou-se um indivíduo dominante de *Citharexylum myrianthum* atingindo 16,0 metros (Gráfico 6).

Gráfico 6. Distribuição das alturas dos 71 indivíduos arbóreos mensurados nas cinco parcelas.



Fonte: O autor (2025).

### 5.3.2 Não Arbóreos:

#### 5.3.2.1 Florística:

Nas vinte e cinco 25 subparcelas lançadas na Área 3 (0,0075 ha), foram mensurados um total de 328 indivíduos regenerantes, de 38 diferentes espécies e 21 famílias botânicas. (Tabela 30).

Tabela 30. Relação de espécies e famílias botânicas levantadas nas 25 subparcelas do inventário florestal da Área 3.

Nome científico	Nome popular	Família	N	%
<i>Aegiphila integrifolia</i>	Tamanco	Lamiaceae	2	0,6
<i>Alchornea sidifolia</i>	Tapiá	Euphorbiaceae	1	0,3
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	Anacardiaceae	1	0,3
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	Calophyllaceae	2	0,6
<i>Casearia sylvestris</i>	Erva Lagarto	Salicaceae	1	0,3
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	Urticaceae	1	0,3
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	Cannabaceae	9	2,7
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	Solanaceae	65	19,8
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Aguaí	Sapotaceae	2	0,6
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Fabaceae	8	2,4
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	Euphorbiaceae	4	1,2
<i>Cupania vernalis</i>	Cupania	Sapindáceas	1	0,3
<i>Dendropanax cuneatus</i>	Maria-mole	Araliaceae	2	0,6
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	Fabaceae	30	9,1
<i>Eriobotrya japonica</i>	Nêspera	Rosaceae	43	13,1
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	Myrtaceae	20	6,1
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Myrtaceae	1	0,3
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-Rosa	Bignoniaceae	2	0,6
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva-do-japão	Rhamnaceae	62	18,9
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae	26	7,9
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	Anacardiaceae	2	0,6
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	Fabaceae	1	0,3
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Anacardiaceae	1	0,3
<i>Myrcia splendens</i>	Myrcia Splendens	Myrtaceae	1	0,3

<i>Myrcia tomentosa</i>	Goiaba-brava	Myrtaceae	1	0,3
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Pau-de-bálsamo	Fabaceae	2	0,6
<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca	Primulaceae	1	0,3
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	Lauraceae	11	3,4
<i>Pera glabrata</i>	Pera	Peraceae	1	0,3
<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi-falso	Piperaceae	7	2,1
<i>Plinia cauliflora</i>	Jaboticabeira	Myrtaceae	1	0,3
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Myrtaceae	5	1,5
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	Rhamnaceae	3	0,9
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	Anacardiaceae	1	0,3
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilha	Euphorbiaceae	1	0,3
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	Myrtaceae	3	0,9
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	Anacardiaceae	2	0,6
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	Rutaceae	1	0,3
<b>Totais</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>328</b>	<b>100,0</b>

Fonte: O autor (2025).

As espécies *Cestrum axillare*, *Hovenia dulcis* e *Eriobotrya japonica* foram as mais abundantes, demonstrando expressivo potencial de regeneração natural. A presença de espécies não plantadas originalmente, como *Piper aduncum* e *Myrsine coriacea*, indica recrutamento de espécies adjacentes, o que favorece a ampliação da diversidade e a conectividade ecológica (PEREIRA et al., 2010).

### 5.3.2.2 Fitossociologia:

A análise fitossociológica revelou a presença de 139 indivíduos de espécies pioneiras, 69 de espécies clímax exigentes de luz (CL) e 120 de espécies clímax tolerantes à sombra (CS) (Tabela 31).

Tabela 31. Relação de espécies levantadas na área de vegetação nativa, sua avaliação qualitativa do estágio sucessional e sua forma de dispersão em que estas são mais comumente observadas no inventário florestal da área 3.

Nome científico	Nome popular	N	Est. Suc.	Dispersão
<i>Aegiphila integrifolia</i>	Tamanco	2	CS	Zoo
<i>Alchornea sidifolia</i>	Tapiá	1	CL	Zoo

<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira do Sertão	1	CL	Ane
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	2	CS	Zoo
<i>Casearia sylvestris</i>	Erva Lagarto	1	P	Zoo
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	1	P	Zoo
<i>Celtis iguanaea</i>	Esporão de Galo	9	P	Zoo
<i>Cestrum axillare</i>	Coerana	65	P	Ane
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Aguai	2	CL	Zoo
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaiba	8	CS	Zoo
<i>Croton floribundus</i>	Capishingui	4	P	Aut
<i>Cupania vernalis</i>	Cupania	1	P	Zoo
<i>Dendropanax cuneatus</i>	Maria-mole	2	CL	Zoo
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	30	CL	Zoo
<i>Eriobotrya japonica</i>	Nêspira	43	CS	Zoo
<i>Eugenia florida</i>	Eugênia	20	CL	Zoo
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	1	CL	Zoo
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-Rosa	2	CL	Ane
<i>Hovenia dulcis</i>	Uva-do-japão	62	CS	Zoo
<i>Inga vera</i>	Ingá	26	P	Zoo
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-Brava	2	P	Zoo
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico de Pato	1	P	Ane
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	1	P	Zoo
<i>Myrcia splendens</i>	Myrcia Splendens	1	P	Zoo
<i>Myrcia tomentosa</i>	Goiaba-brava	1	CS	Zoo
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Pau-de-bálsamo	2	CL	Zoo
<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca	1	P	Zoo
<i>Nectandra nitidula</i>	Nitidula	11	P	Zoo
<i>Pera glabrata</i>	Pera	1	CL	Zoo
<i>Piper aduncum</i>	Jaborandi-falso	7	P	Zoo
<i>Plinia cauliflora</i>	Jaboticabeira	1	CS	Zoo
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	5	P	Zoo
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Cafézinho	3	CL	Zoo
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeirinha	1	P	Zoo
<i>Sebastiania commersoniana</i>	Branquilha	1	CS	Aut
<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	3	CL	Zoo
<i>Tapirira guianensis</i>	Tapirira	2	P	Zoo
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica-de-porca	1	CL	Zoo

<b>Totais</b>	<b>38</b>	<b>328</b>	<b>P/CS</b>	<b>Zoo</b>
---------------	-----------	------------	-------------	------------

Fonte: O autor (2025).

A proporção de espécies consideradas clímax superam as pioneiras. Esta distribuição demonstra um bom potencial bastante relevante de espécies de estágio mais avançado que deverá garantir um bom desenvolvimento ecossistêmico da floresta e sua manutenção nos próximos anos.

Em relação a sua forma de dispersão, existem somente 4 indivíduos de *Croton floribundus* e 1 indivíduo de *Sebastiania commersoniana* característicos por ser uma espécie Autocórica, ressaltando a baixa capacidade de propagação. Nesta área, têm-se a alta dominância de espécies Zoocóricas, o que demonstra a eficiente capacidade ecossistêmica da floresta em abrigar e atrair a fauna. (PEREIRA, 2011).

#### 5.3.2.2.1 Diversidade:

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener e Equabilidade de Pielou para área 3 na Tabela 32.

Tabela 32. Parâmetros de diversidade analisados na área de estudo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Área amostrada (ha)	0,0075
N - N° de indivíduos amostrados	328
S - N° de espécies amostradas	38
DA - Densidade Absoluta (n/ha)	43733
Máxima diversidade possível	3,6376
H' Índice de Shannon-Wiener	2,6122
J - Equabilidade de Pielou	0,7181

Fonte: O autor (2025).

Para esta área, o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') foi de 2,6122, sugerindo uma diversidade média, uma vez que, dado o número de espécies catalogado, vinte e cinco, a máxima diversidade possível para a área seria de 3,6376. Em relação à equabilidade de Pielou, na área 3, foi encontrado um valor de 0,7181, indicando que há uma média uniformidade na distribuição das espécies arbóreas, quando comparado a estudos similares para a mesma classe

de vegetação.

### 5.3.2.2 Estrutura Horizontal:

Na Tabela 33, estão apresentados os resultados referentes à estrutura horizontal da vegetação.

Tabela 33. Detalhamento do perfil horizontal dos 328 indivíduos regenerantes mensurados nas vinte cinco subparcelas.

Nome científico	N	Pres. Parc.	FA (%)	FR (%)	DA (indiv./ha)	DR (%)	IVI (%)
<i>Aegiphila integrifolia</i>	2	1	4,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Alchornea sidifolia</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Astronium urundeuva</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Calophyllum brasiliense</i>	2	1	4,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Casearia sylvestris</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Celtis iguanaea</i>	9	7	28,0	2,7	1200	2,7	2,7
<i>Cestrum axillare</i>	65	15	60,0	19,8	8667	19,8	19,8
<i>Chrysophyllum marginatum</i>	2	1	4,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Copaifera langsdorffii</i>	8	6	24,0	2,4	1067	2,4	2,4
<i>Croton floribundus</i>	4	3	12,0	1,2	533	1,2	1,2
<i>Cupania vernalis</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Dendropanax cuneatus</i>	2	2	8,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	30	7	28,0	9,1	4000	9,1	9,1
<i>Eriobotrya japonica</i>	43	15	60,0	13,1	5733	13,1	13,1
<i>Eugenia florida</i>	20	10	40,0	6,1	2667	6,1	6,1
<i>Eugenia uniflora</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2	2	8,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Hovenia dulcis</i>	62	13	52,0	18,9	8267	18,9	18,9
<i>Inga vera</i>	26	14	56,0	7,9	3467	7,9	7,9
<i>Lithraea molleoides</i>	2	2	8,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Machaerium nictitans</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Mangifera indica</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Myrcia splendens</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Myrcia tomentosa</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3

<i>Myroxylon peruiferum</i>	2	2	8,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Myrsine coriacea</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Nectandra nitidula</i>	11	7	28,0	3,4	1467	3,4	3,4
<i>Pera glabrata</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Piper aduncum</i>	7	5	20,0	2,1	933	2,1	2,1
<i>Plinia cauliflora</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Psidium guajava</i>	5	3	12,0	1,5	667	1,5	1,5
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	3	2	8,0	0,9	400	0,9	0,9
<i>Schinus terebinthifolia</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Sebastiania commersoniana</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<i>Syzygium cumini</i>	3	3	12,0	0,9	400	0,9	0,9
<i>Tapirira guianensis</i>	2	2	8,0	0,6	267	0,6	0,6
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	1	4,0	0,3	133	0,3	0,3
<b>Totais</b>	<b>328</b>	<b>3,7</b>	<b>556,0</b>	<b>100</b>	<b>43733</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: O autor (2025).

Analisando os parâmetros fitossociológicos, é possível verificar que os morfotipos *Cestrum axillare*, *Hovenia dulcis* e *Eriobotrya japonica* possuem maior Valor de Importância (IVI) para área, com 19,8, 18,9 e 13,1%, respectivamente. Essas espécies dominam o sub-bosque e desempenham papel essencial na cobertura do solo e no sombreamento do estrato inferior.

#### 5.4 Resistência do Solo à Penetração:

Os valores médios da resistência do solo à penetração em diferentes profundidades para cada área, com seus respectivos valores de umidade, são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 – Valores médios da resistência do solo à penetração em cada área com seus respectivos valores de umidade em porcentagem.

Profundidade (cm)	Resistência do Solo à Penetração (Mpa)		
	Área 1	Área 2	Área 3
0–5	1,48	1,24	2,23
5–10	1,87	1,47	2,17
10–15	2,02	2,65	2,60
15–20	1,60	2,86	2,51

20–25	2,07	2,92	2,50
25–30	1,78	2,74	2,65
30–35	2,28	3,71	2,75
35–40	2,41	3,33	2,82
40–45	2,29	3,12	2,67
45–50	2,59	3,25	2,78
50–55	2,63	2,79	2,41
55–60	2,40	2,91	2,27
<b>Média (MPa)</b>	<b>2,12</b>	<b>2,75</b>	<b>2,53</b>
<b>Umidade (%)</b>	<b>13,45</b>	<b>11,93</b>	<b>17,87</b>

Fonte: O autor (2025).

Observou-se que os valores médios de resistência do solo à penetração variaram entre 1,24 e 3,71 MPa, sendo mais elevados na Área 2, que apresentou média geral de 2,75 MPa, seguida pela Área 3 (2,53 MPa) e Área 1 (2,12 MPa). Em geral, valores acima de 2 MPa já podem restringir parcialmente o crescimento radicular, dependendo das condições de umidade e textura do solo (CUNHA et al., 2019).

O comportamento da resistência ao longo do perfil apresentou tendência de aumento até aproximadamente 30–35 cm de profundidade, especialmente nas Áreas 2 e 3, onde se registraram os maiores valores (3,71 e 2,75 MPa, respectivamente). A partir dessa profundidade, observou-se um ligeiro decréscimo, indicando a ocorrência de camadas mais densas na zona intermediária do solo, possivelmente associadas a processos de adensamento natural decorrentes da compactação inicial e da acomodação das partículas ao longo dos anos de restauração (CORTEZ et al., 2018).

As diferenças entre as áreas podem estar relacionadas à heterogeneidade dos solos no campus da UFLA, às variações de cobertura vegetal e ao histórico de uso anterior à restauração. A Área 2, com os maiores valores médios de resistência, apresentou também o menor teor de umidade (11,93%), reforçando a relação inversa entre resistência e umidade do solo — comportamento amplamente relatado na literatura (DIAS, 2018).

Considerando que as três áreas estão sob restauração há 15 anos, os valores médios de resistência à penetração observados indicam que o solo se encontra em condição intermediária de compactação, ainda apresentando limitações pontuais ao desenvolvimento radicular em determinadas profundidades. No entanto, a resistência observada está abaixo dos valores críticos (> 3,5–4 MPa) geralmente associados à restrição severa do crescimento radicular (TAYLOR &

GARDNER, 1963; BARBOSA et al., 2018), o que sugere que o processo de restauração tem promovido melhoria gradual na estrutura do solo, especialmente nas camadas superficiais.

## 5.5 Fotogrametria com Drones:

### 5.5.1 Modelo Cobertura de Dossel:

A análise da cobertura de dossel revelou altos índices de fechamento nas três áreas de restauração florestal, (Tabela 35). A Área 1 apresentou uma cobertura de 93,7%, com 0,039 ha de clareiras, distribuídas principalmente na porção central do fragmento. A Área 2 obteve o maior valor de cobertura, 99,9%, indicando praticamente o fechamento completo do dossel e a ausência significativa de clareiras. Já a Área 3, com 95,7% de cobertura, apresentou pequenas discontinuidades visíveis em setores intermediários do polígono.

Tabela 35 – Valores do Índice de Cobertura de Dossel em cada área com seus respectivos valores de cobertura em porcentagem.

<b>Índice de Cobertura de Dossel</b>			
-	<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Área 3</b>
Área Total (ha)	0,623	0,449	0,752
Área Coberta (ha)	0,584	0,448	0,720
Clareiras (ha)	0,039	0,001	0,032
<b>% de Cobertura</b>	<b>93,7</b>	<b>99,9</b>	<b>95,7</b>

Fonte: O autor (2025).

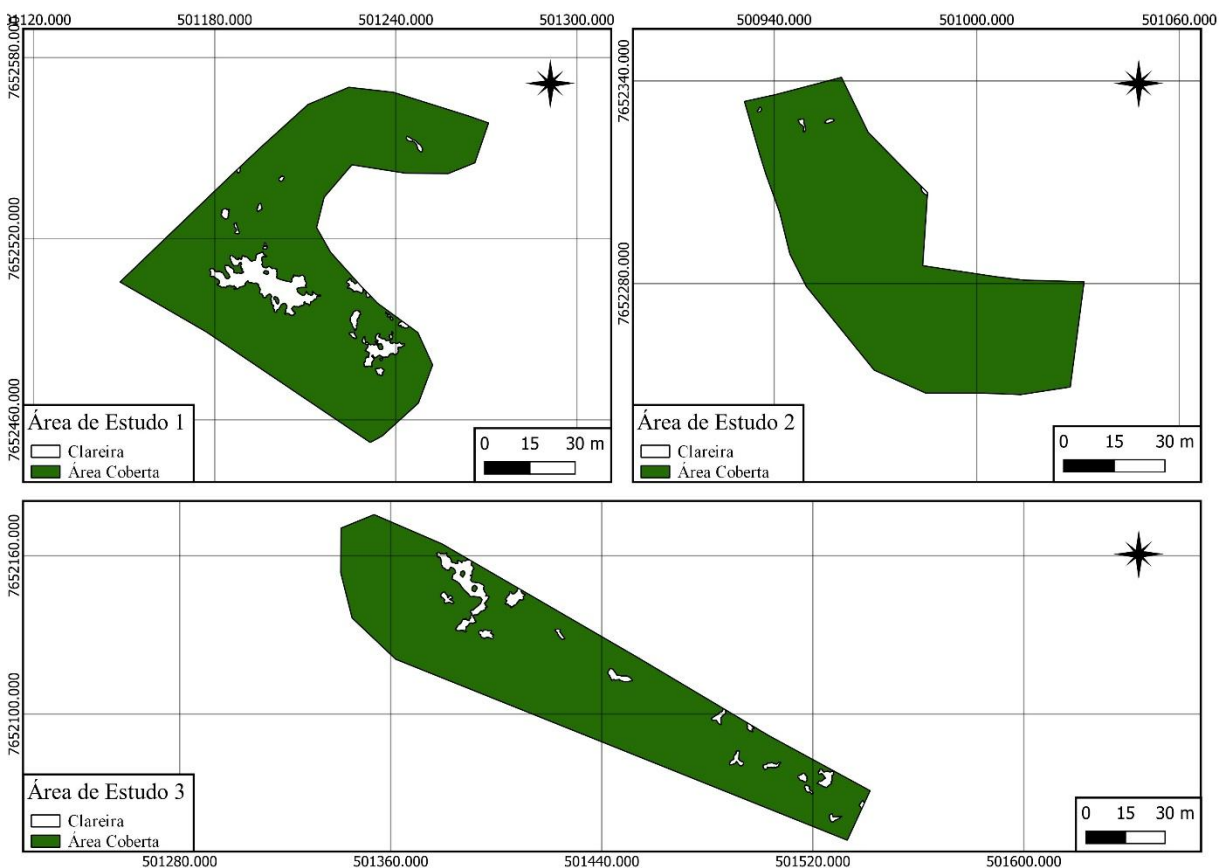
Os valores elevados de cobertura observados em todas as áreas sugerem alta eficiência do processo de restauração, evidenciando o amadurecimento estrutural do componente arbóreo e a formação de um dossel contínuo após 15 anos. Essa condição reflete o avanço sucessional esperado para áreas restauradas de mesma idade, indicando bom estabelecimento das espécies plantadas e regenerantes, bem como o fechamento do espaço luminoso no sub-bosque — fator essencial para a estabilização microclimática e o controle da regeneração de espécies.

A variação entre as áreas pode estar associada a diferenças edáficas, topográficas ou de histórico de uso do solo, que influenciam diretamente o vigor e a densidade do crescimento arbóreo. A Área 2, com quase total cobertura, apresenta maior homogeneidade na distribuição de indivíduos e menor incidência de perturbações recentes. Em contraste, as clareiras observadas nas

Áreas 1 e 3 podem decorrer da mortalidade natural de árvores pioneiras ou da queda de indivíduos de maior porte, processos comuns em estágios intermediários de sucessão.

A figura 5 evidencia espacialmente a proporção entre áreas cobertas e clareiras, reforçando a predominância de cobertura contínua em todos os polígonos. A presença restrita de clareiras indica que o dossel encontra-se funcional e capaz de manter microclima e ciclagem de nutrientes compatíveis com florestas em estágios intermediários e avançados de regeneração, contribuindo para a consolidação dos serviços ecossistêmicos locais.

Figura 5 – Visão espacial das áreas cobertas e clareiras em cada área.



Fonte: O autor (2025).

### 5.5.2 Modelo Altura de Dossel:

Os resultados (Tabela 36) demonstram diferenças significativas na estrutura vertical entre as áreas analisadas. A Área 2 apresentou a maior altura média do dossel (18,1 m), indicando um dossel mais desenvolvido e contínuo. Em seguida, a Área 1 apresentou altura média de 14,7 m, enquanto a Área 3 registrou a menor altura média (11,0 m).

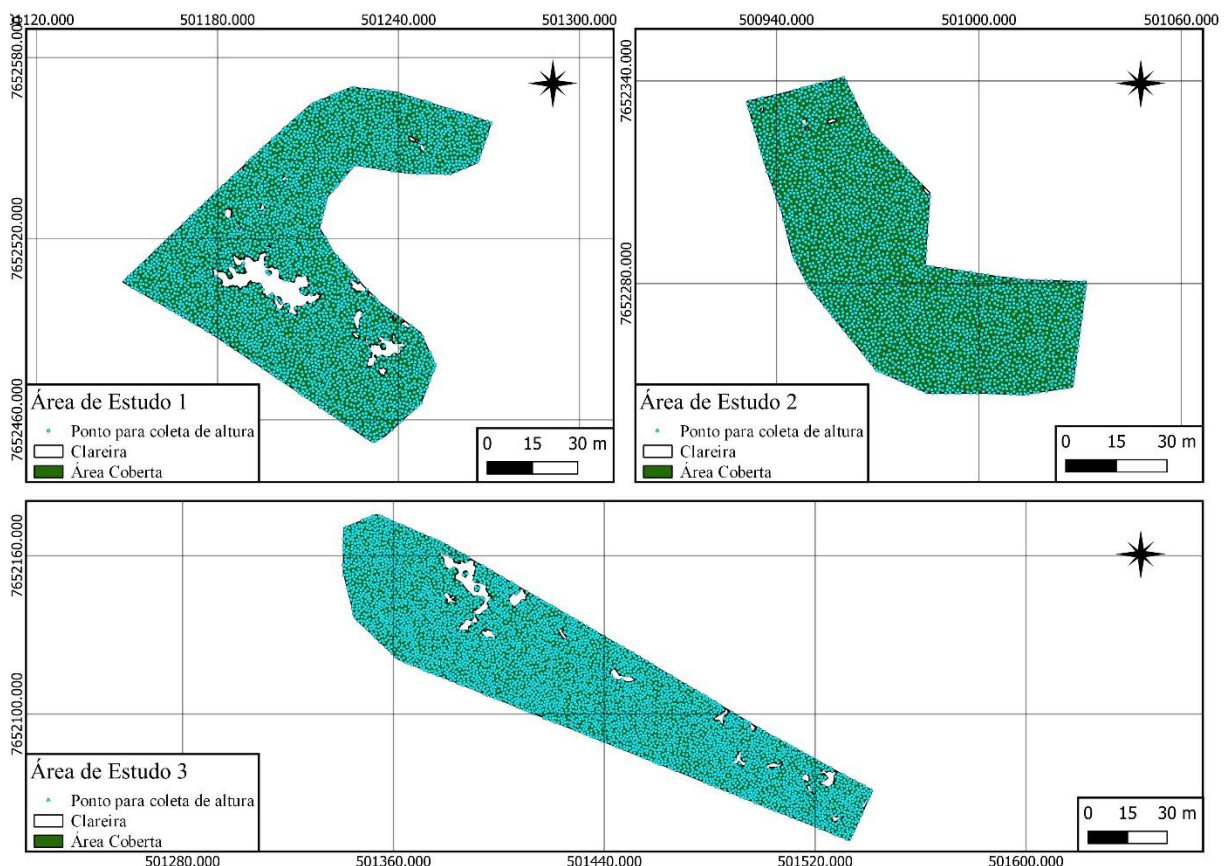
Tabela 36 – Valores da altura média da cobertura

Altura média da cobertura			
-	Área 1	Área 2	Área 3
Altura média (m)	14,7	18,1	11,0

Fonte: O autor (2025).

A Figura 6 evidencia espacialmente essas diferenças, mostrando a interpolação espacial de pontos amostrados e consequentemente a distribuição da altura do dossel em cada área de estudo. Observa-se que a Área 2 apresenta maior uniformidade e predominância de valores elevados, enquanto as Áreas 1 e 3 exibem maior heterogeneidade, com trechos de dossel mais baixo que correspondem, em parte, às regiões de clareira identificadas nas análises de cobertura.

Figura 6 – Visão da interpolação de pontos amostrados



Fonte: O autor (2025).

Apesar dessas variações, as três áreas demonstram expressivo desenvolvimento estrutural, compatível com formações restauradas há 15 anos. Os valores de altura obtidos indicam que o dossel encontra-se consolidado e funcional, refletindo o avanço sucessional e a estabilização da

estrutura vertical da vegetação. A utilização da fotogrametria com drones mostrou-se uma ferramenta eficiente para o monitoramento dessas áreas, permitindo análises espaciais detalhadas e não destrutivas do dossel, fundamentais para o acompanhamento da evolução estrutural em projetos de restauração florestal.

### 5.6 Análise comparativa entre as três áreas no ano 15:

A seguir, são apresentados os resultados comparativos entre as três áreas após 15 anos de restauração, abrangendo os principais parâmetros estruturais e ecológicos avaliados (Tabela 37).

Tabela 37 – Tabela dos resultados comparativos entre as três áreas após 15 anos de restauração.

<b>Tabela Comparativa – ANO 15</b>				
		<b>Área 1</b>	<b>Área 2</b>	<b>Área 3</b>
<b>Arbóreos</b>	<b>DAP Médio (cm)</b>	11,7	21,0	19,4
	<b>Altura Média (metros)</b>	7,7	11,2	9,7
	<b>VTCC (m³/ha)</b>	63,62	160,71	103,02
	<b>Densidade (Indiv/ha)</b>	1160	1040	947
	<b>Percentual de Pioneira (%)</b>	70	86	79
	<b>Shannon</b>	2,86	2,44	2,48
	<b>Shannon Máximo</b>	3,30	2,94	2,83
	<b>Pielou</b>	0,87	0,83	0,87
	<b>Distribuição Diamétrica</b>	J	U	U
<b>Não Arbóreos</b>	<b>Altura Média (metros)</b>	0,73	0,74	0,65
	<b>Densidade (Indiv/ha)</b>	20533	40400	43733
	<b>Percentual de Pioneira (%)</b>	46	71	42
	<b>Percentual de Zoocoria (%)</b>	59	48	77
	<b>Shannon</b>	2,78	2,06	2,61
	<b>Shannon Máximo</b>	3,40	3,30	3,64
<b>Fotogrametria</b>	<b>Pielou</b>	0,82	0,62	0,72
	<b>Índice de Cobertura (%)</b>	93,7	99,9	95,7
<b>Solo</b>	<b>Altura Média de Dossel (metros)</b>	14,7	18,1	11,0
	<b>Resistência a Penetração (Mpa)</b>	2,12	2,75	2,53

Fonte: O autor (2025).

### 5.6.1 Arbóreos

A comparação entre as três áreas após 15 anos de restauração demonstra diferenças significativas na estrutura e no desempenho da comunidade arbórea. Observou-se que a Área 2 apresentou os maiores valores médios de altura (11,2 m), DAP (21,0 cm) e volume total de madeira com casca (160,71 m<sup>3</sup>/ha), indicando um desenvolvimento estrutural mais avançado em relação às demais. Esse comportamento pode estar relacionado à melhor adaptação das espécies implantadas às condições edáficas e microclimáticas locais, além de um equilíbrio na densidade de indivíduos (1.040 ind./ha), o que favorece o crescimento diamétrico e vertical das árvores (SILVA, 2014; FARIA, 2012).

A Área 1, embora apresente a maior densidade arbórea (1.160 ind./ha), exibiu os menores valores médios de DAP (11,7 cm) e altura (7,7 m), além do menor volume estimado (63,62 m<sup>3</sup>/ha). Esse padrão indica um povoamento mais adensado e de menor porte, típico de formações jovens e ainda em adensamento inicial, o que pode resultar em competição intraespecífica e menor vigor de crescimento (GODOY, 2024).

A Área 3 apresentou resultados intermediários, com valores próximos aos da Área 2, embora ligeiramente inferiores em volume (103,02 m<sup>3</sup>/ha) e altura (9,7 m). A menor densidade de indivíduos (947 ind./ha) sugere uma comunidade em estágio mais equilibrado, com menor competição e maior estabilidade sucessional.

Em relação à composição sucessional, as três áreas apresentaram predominância de espécies pioneiras, variando de 70% (Área 1) a 86% (Área 2). Apesar das diferenças percentuais, a variável não mostrou correlação direta com o desempenho estrutural, corroborando o observado por Barbosa et al. (2017), de que o percentual de pioneiras, isoladamente, não determina o avanço sucessional, mas reflete as condições de implantação e o histórico de perturbação da área.

Os índices de diversidade Shannon-Wiener (H') foram próximos entre as áreas, variando de 2,44 (Área 2) a 2,86 (Área 1), com equabilidade (Pielou) entre 0,83 e 0,87, o que indica boa uniformidade na distribuição das espécies e estabilidade da comunidade arbórea. A maior diversidade da Área 1 pode estar associada ao mix de espécies implantadas e à sobrevivência diferenciada dos indivíduos, como sugerido por Pereira (2011).

A análise da distribuição diamétrica evidencia que as Áreas 2 e 3 já apresentam tendência a uma curva em “U” invertido, padrão característico de formações em estágio intermediário a avançado de sucessão, enquanto a Área 1 ainda apresenta a forma “J” invertido, típica de comunidades jovens com predominância de indivíduos de pequeno diâmetro (CONDÉ et al., 2016). Esses resultados reforçam a interpretação de que a Área 2 apresenta maior

amadurecimento estrutural e equilíbrio dinâmico após 15 anos de restauração.

### 5.6.2 Não Arbóreos

Os resultados referentes ao estrato regenerante demonstram diferenças expressivas na densidade e composição das espécies. A Área 1 apresentou menor densidade de regenerantes (20.533 ind./ha), enquanto as Áreas 2 e 3 apresentaram valores significativamente superiores (40.400 e 43.733 ind./ha, respectivamente). Essa diferença sugere que a comunidade regenerante da Área 1 encontra-se em estágio menos desenvolvido, possivelmente devido à menor cobertura de dossel e à menor oferta de propágulos e sombreamento adequado (GUIMARÃES, 2021).

A proporção de espécies pioneiras entre os regenerantes variou de 42% (Área 3) a 71% (Área 2). A discrepância observada na Área 2 está relacionada à alta ocorrência de indivíduos de *Machaerium nictitans*, espécie pioneira e zoocórica, cuja abundância alterou a composição relativa. Quando esse fator é considerado, o comportamento sucessional das três áreas tende à convergência, indicando trajetórias semelhantes de regeneração natural (ALMEIDA, 2024).

Em relação à síndrome de dispersão, a Área 3 destacou-se pelo maior percentual de espécies zoocóricas (77%), seguida da Área 1 (59%) e da Área 2 (48%). O predomínio de espécies zoocóricas indica maior interação com a fauna dispersora, aspecto que favorece a dinâmica ecológica e a sustentabilidade da restauração a longo prazo (FONSECA et al., 2017). Esse padrão sugere que a Área 3 apresenta condições mais favoráveis à colonização secundária e à formação de micro-habitats adequados à fauna local.

Os índices de diversidade de Shannon para o estrato regenerante variaram de 2,06 (Área 2) a 2,78 (Área 1), enquanto os valores de equabilidade oscilaram entre 0,62 e 0,82, indicando heterogeneidade moderada na distribuição das espécies. Assim como no estrato arbóreo, a diversidade relativamente maior na Área 1 pode estar associada à implantação inicial de espécies mais variadas e à manutenção de indivíduos sobreviventes do plantio original. No entanto, a estrutura regenerante das Áreas 2 e 3 revela um avanço sucessional mais consistente, com maior densidade e presença de indivíduos de maior porte médio (0,74 e 0,65 m, respectivamente).

### 5.6.3 Índice de Similaridade de Jaccard (SJ)

A comparação entre os estratos arbóreo e regenerante demonstra diferenças expressivas no grau de similaridade entre as três áreas (Tabela 38). A Área 1 apresentou o maior número de espécies em comum (15) e o maior valor do índice de Jaccard (0,36), indicando maior

correspondência entre o conjunto de espécies implantadas e aquelas que hoje compõem a regeneração natural. Esse resultado sugere que a comunidade regenerante da Área 1 reflete de forma mais direta o mix inicial de espécies plantadas, o que pode estar relacionado à menor influência de propágulos externos e à maior estabilidade do microambiente.

Nas Áreas 2 e 3, o grau de similaridade entre estratos foi inferior ( $SJ = 0,15$  e  $0,20$ , respectivamente), indicando menor sobreposição florística entre os indivíduos do dossel e os regenerantes. Essa diferença pode estar associada à maior entrada de espécies provenientes de dispersão externa, processo esperado em áreas com dossel mais desenvolvido e maior atratividade para fauna (ALBUQUERQUE et al., 2021). Assim, a Área 2 — embora mais desenvolvida estruturalmente — mostra evidências de recrutamento de espécies não pertencentes ao plantio original, refletindo maior conectividade ecológica e influência de propágulos de áreas adjacentes.

Tabela 38 – Tabela da similaridade florística entre os estratos arbóreo e regenerante nas três áreas em restauração.

	<b>Comuns</b>	<b>Jaccard</b>
<b>Área 1 (Arb/N arb)</b>	15	0,36
<b>Área 2 (Arb/N arb)</b>	6	0,15
<b>Área 3 (Arb/N arb)</b>	9	0,20

Fonte: O autor (2025).

A análise de similaridade entre os estratos arbóreos das três áreas revela valores relativamente próximos (Tabela 39). O índice de Jaccard variou entre 0,28 e 0,33, com destaque para a maior similaridade observada entre as Áreas 2 e 3 ( $SJ = 0,33$ ). Esse resultado indica que, embora os plantios tenham sido originalmente distintos, as comunidades arbóreas evoluíram de forma convergente, provavelmente em função das condições edáficas e climáticas semelhantes no câmpus da UFLA e do tempo de maturação ecológica compartilhado.

Tabela 39 – Tabela da similaridade florística do estrato arbóreo entre as três áreas em restauração.

<b>Arbóreo</b>		
	<b>Comuns</b>	<b>Jaccard</b>
<b>Área 1 e 2</b>	10	0,28

<b>Área 2 e 3</b>	9	0,33
<b>Área 1 e 3</b>	10	0,29

Fonte: O autor (2025).

No estrato não arbóreo, os padrões de similaridade mostram comportamentos distintos em relação ao componente arbóreo (Tabela 40). As Áreas 2 e 3 apresentaram o maior índice de Jaccard ( $SJ = 0,33$ ) e o maior número de espécies em comum (16), sugerindo que essas áreas compartilham condições ecológicas mais semelhantes, propiciando a regeneração de espécies equivalentes. Essa correspondência pode estar associada à estrutura de dossel mais fechada e à maior disponibilidade de propágulos zoocóricos, que favorecem o recrutamento de espécies de estágios mais avançados (FONSECA et al., 2017; ALMEIDA, 2024).

As Áreas 1 e 3 também apresentaram similaridade moderada ( $SJ = 0,28$ ), enquanto a combinação entre Áreas 1 e 2 revelou o menor valor de  $SJ$  (0,21), indicando maior divergência florística. Esse resultado reforça a influência de fatores externos e históricos distintos sobre a regeneração natural dessas duas áreas.

Tabela 40 – Tabela da similaridade florística do estrato não arbóreo entre as três áreas em restauração.

<b>Não Arbóreo</b>		
	<b>Comuns</b>	<b>Jaccard</b>
<b>Área 1 e 2</b>	10	0,21
<b>Área 2 e 3</b>	16	0,33
<b>Área 1 e 3</b>	15	0,28

Fonte: O autor (2025).

#### 5.6.4 Fotogrametria e Resistência do Solo à Penetração

Os dados obtidos por fotogrametria com drone corroboram os resultados observados no inventário florestal. A Área 2 apresentou os maiores valores de índice de cobertura (99,9%) e altura média de dossel (18,1 m), demonstrando fechamento quase total do dossel e estrutura vertical bem desenvolvida. Essa condição está associada ao maior desempenho dendrométrico das espécies e ao equilíbrio da densidade arbórea. Segundo Albuquerque et al. (2021), a cobertura de dossel é um indicador eficaz do avanço sucessional, pois reflete o grau de sombreamento e a capacidade da comunidade de interceptar luz solar, promovendo a estabilização microclimática.

A Área 3, com 95,7% de cobertura e altura média de 11,0 m, apresenta um dossel também consolidado, embora ligeiramente inferior à Área 2. Já a Área 1 apresentou cobertura de 93,7% e altura média de 14,7 m — valor este que, possivelmente, foi superestimado pela presença de espécies exóticas de grande porte (*Pinus* e *Eucalyptus*), remanescentes do uso anterior da área. Apesar disso, a cobertura próxima de 94% indica que a área mantém uma estrutura florestal contínua, mas ainda em estágio de fechamento.

Quanto ao solo, observou-se variação na resistência à penetração, com valores médios de 2,12 MPa (Área 1), 2,75 MPa (Área 2) e 2,53 MPa (Área 3). A Área 2, que apresentou maior resistência, também mostrou menor umidade do solo (11,93%), confirmando a relação inversa entre resistência e teor de umidade (GUIMARÃES, 2021). As diferenças entre as áreas podem estar associadas à heterogeneidade dos solos no campus da UFLA, às variações na cobertura vegetal e ao histórico de uso anterior à restauração. Segundo Stolf (1991), valores entre 2 e 3 MPa representam resistência moderada, típica de solos florestais em recuperação estrutural.

## **5.7 Análise comparativa com anos anteriores:**

A análise comparativa dos diferentes períodos de monitoramento permite compreender a trajetória sucessional das áreas em restauração e identificar tendências de estabilização estrutural e funcional da vegetação ao longo do tempo. As avaliações nos anos 4, 10 e 15 revelam que, apesar de diferenças pontuais entre as áreas, o processo de restauração florestal demonstra avanços consistentes na estrutura e composição das comunidades vegetais, refletindo maior complexidade e equilíbrio ecológico.

### **5.7.1 Análise comparativa ano 4 com ano 15:**

Ao comparar os dados obtidos nos anos 4 e 15 de restauração, observa-se que o padrão de desempenho entre as áreas se manteve. A Área 2, que já apresentava melhores resultados de crescimento no ano 4, manteve-se como a mais desenvolvida aos 15 anos, com os maiores valores de DAP médio (21,0 cm), altura média (11,2 m) e volume total. A Área 1, por outro lado, permaneceu com o menor desempenho estrutural, caracterizando-se como um povoamento mais adensado e de indivíduos esguios (“paliteiro”), com DAP médio de 11,7 cm e altura de 7,7 m. Essa persistência de padrões ao longo do tempo indica que as condições de sítio e histórico de uso exerceram papel determinante no desenvolvimento das comunidades (SILVA, 2014; GUIMARÃES, 2021).

Esses valores podem ser observados de forma detalhada na Tabela 41, que apresenta a comparação dos parâmetros dendrométricos, estruturais e edáficos entre os anos 4 e 15 de monitoramento.

Tabela 41 – Tabela dos resultados comparativos entre as duas áreas após 4 e 15 anos de restauração.

Tabela Comparativa		Área 1		Área 2	
		ANO 4	ANO 15	ANO 4	ANO 15
Arbóreos	DAP Médio (cm)	4,9	11,7	7,7	21,0
	Altura Média (metros)	4,0	7,7	6,6	11,2
	Densidade (Indiv/ha)	2048	1160	1507	1040
	Percentual de Pioneira (%)	82	70	87	86
	Shannon	3,15	2,86	3,18	2,44
	Pielou	0,85	0,87	0,85	0,83
Não Arbóreos	Altura Média (metros)	0,30	0,73	0,18	0,74
	Densidade (Indiv/ha)	18857	20533	26400	40400
	Percentual de Pioneira (%)	96	46	99	71
	Shannon	3,05	2,78	2,94	2,06
	Pielou	0,57	0,82	0,54	0,62
Solo	Resistência a Penetração (MPa)	2,95	2,12	4,64	2,75

Fonte: O autor (2025).

A densidade arbórea reduziu em ambas as áreas, passando de 2.048 para 1.160 ind./ha na Área 1 e de 1.507 para 1.040 ind./ha na Área 2, reflexo de mortalidade natural e competição por recursos, processo esperado à medida que o dossel se fecha e a floresta amadurece. O percentual de pioneiras permaneceu elevado, embora com redução discreta (de 82% para 70% na Área 1 e de 87% para 86% na Área 2), o que demonstra a manutenção de espécies iniciais da sucessão, mas com tendência de substituição gradual por espécies mais longevas.

Os valores de diversidade de Shannon ( $H'$ ) diminuíram levemente entre os anos 4 e 15, passando de 3,15 para 2,86 na Área 1 e de 3,18 para 2,44 na Área 2, resultado possivelmente associado à mortalidade seletiva de espécies menos adaptadas, conforme observado por Pereira et al. (2010) em fragmentos próximos. Apesar disso, a equabilidade de Pielou ( $J'$ ) manteve-se estável e elevada (entre 0,83 e 0,87), indicando que a distribuição dos indivíduos por espécie permanece equilibrada, com ausência de dominância marcante.

No estrato não arbóreo, a altura média das plântulas apresentou crescimento expressivo,

atingindo 0,73 m (Área 1) e 0,74 m (Área 2) aos 15 anos, valores superiores aos observados no quarto ano. A densidade de regenerantes aumentou na Área 2 (de 26.400 para 40.400 ind./ha), sugerindo melhores condições de micro-habitat e regeneração natural nesta área. Na Área 1, a densidade manteve-se praticamente estável.

O percentual de pioneiras no estrato regenerante apresentou redução significativa, caindo de 96% para 46% na Área 1 e de 99% para 71% na Área 2, indicando transição sucessional rumo à complexidade estrutural, com maior presença de espécies secundárias e climácicas (ALMEIDA, 2024). Na Área 2, a alta proporção de *Machaerium nictitans* (pioneira) influiu os valores percentuais, o que indica que, sem sua influência, o percentual real de pioneiras seria inferior, próximo de 50%.

Os índices de diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou no estrato regenerante também evidenciam maior equilíbrio e estabilidade ao longo do tempo, com destaque para o aumento de  $J'$  de 0,57 para 0,82 na Área 1 e de 0,54 para 0,62 na Área 2.

Quanto ao solo, a resistência à penetração apresentou redução em ambas as áreas, passando de 2,95 para 2,12 MPa (Área 1) e de 4,64 para 2,75 MPa (Área 2), o que reflete melhor estrutura física e menor compactação, favorecida pela ação radicular e acúmulo de matéria orgânica (STOLF, 1991; GUIMARÃES, 2021). Esses resultados demonstram que, ao longo de 15 anos, houve melhoria estrutural e funcional do ecossistema.

### **5.7.2 Análise comparativa ano 10 com ano 15:**

Entre os anos 10 e 15 de monitoramento, observou-se estabilidade estrutural nas áreas restauradas, sugerindo que o sistema entrou em fase de maturação ecológica. Na Área 1, o crescimento do DAP (de 11,3 para 11,7 cm) e da altura média (de 7,1 para 7,7 m) indica estagnação do crescimento, possivelmente em função de condições desfavoráveis de sítio e da alta densidade, que limita o desenvolvimento individual. Já nas Áreas 2 e 3, apesar da estabilidade da altura média, houve aumento expressivo do DAP — de 16,8 para 21,0 cm e de 11,2 para 19,4 cm, respectivamente — refletindo crescimento radial contínuo e adensamento do dossel, típico de comunidades em fase intermediária de sucessão (CONDÉ et al., 2016).

Os principais resultados encontram-se sintetizados na Tabela 42, que apresenta a comparação dos parâmetros estruturais, regenerativos, fotogramétricos e edáficos entre os anos 10 e 15.

Tabela 42 – Tabela dos resultados comparativos entre as três áreas após 10 e 15 anos de restauração.

Tabela Comparativa		Área 1		Área 2		Área 3	
		ANO 10	ANO 15	ANO 10	ANO 15	ANO 10	ANO 15
Arbóreos	DAP Médio (cm)	11,3	11,7	16,8	21,0	11,2	19,4
	Altura Média (metros)	7,1	7,7	11,0	11,2	10,0	9,7
	Densidade (Indiv/ha)	790	1160	1107	1040	1040	947
	Percentual de Pioneira (%)	79	70	84	86	74	79
	Shannon	2,88	2,86	2,44	2,44	2,53	2,48
	Pielou	0,91	0,87	0,84	0,83	0,89	0,87
Não Arbóreos	Densidade (Indiv/ha)	30000	20533	33733	40400	10267	43733
	Percentual de Pioneira (%)	82	46	83	71	40	42
	Percentual de Zoocoria (%)	50	59	77	48	80	77
	Shannon	2,50	2,78	1,73	2,06	2,39	2,61
	Pielou	0,71	0,82	0,54	0,62	0,77	0,72
Fotogrametria	Índice de Cobertura (%)	58,1	93,7	66,1	99,9	71,4	95,7
Solo	Resistência a Penetração (MPa)	3,49	2,12	4,21	2,75	4,52	2,53

Fonte: O autor (2025).

A densidade arbórea apresentou leve redução nas Áreas 2 e 3, possivelmente por competição e autorregulação natural, enquanto o pequeno aumento observado na Área 1 pode estar associado a erro amostral. Os índices de diversidade e equabilidade ( $H'$  e  $J'$ ) permaneceram estáveis entre os dois períodos, evidenciando manutenção da estrutura ecológica e da uniformidade de distribuição entre espécies.

No estrato regenerante, os resultados reforçam a tendência observada em períodos anteriores: redução do percentual de pioneiras nas Áreas 1 e 2 e estabilização na Área 3. Essa mudança indica que a comunidade vem substituindo espécies iniciais por espécies secundárias, demonstrando avanço na sucessão ecológica e maior estabilidade do sistema (ALBUQUERQUE et al., 2021). Assim como no ano 4, o valor elevado de pioneiras na Área 2 (71%) está novamente associado à presença abundante de *Machaerium nictitans*, e ao desconsiderar sua influência, o percentual real se aproxima dos 50%.

Os valores de diversidade de Shannon aumentaram nas três áreas, chegando a 2,78 (Área 1), 2,06 (Área 2) e 2,61 (Área 3), enquanto a equabilidade de Pielou manteve-se estável, entre 0,62 e 0,82, reforçando que a estrutura do sub-bosque está se consolidando, com regenerantes distribuídos de forma equilibrada.

No componente físico, a resistência do solo à penetração diminuiu consideravelmente entre os anos 10 e 15, indicando melhoria na estrutura do solo e aumento da porosidade, impulsionados pelo acúmulo de matéria orgânica e pela maior cobertura do dossel.

Em relação ao Índice de cobertura de dossel, nota-se que a área um possui 1 maior índice de clareiras em relação as demais, mesmo considerando a diferença de metodologia para avaliação.

### **5.7.3 Análise comparativa da matinha com ano 15:**

A comparação entre as áreas em restauração e o fragmento florestal de referência (“Matinha da UFLA”) permite avaliar a proximidade estrutural e funcional das áreas restauradas em relação a um remanescente secundário mais consolidado.

Os valores de índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) obtidos nas áreas restauradas variaram entre 2,44 e 2,86, enquanto o índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) oscilou entre 0,83 e 0,87. Comparativamente, Oliveira-Filho, Scolforo e Mello (1994) registraram, para a “Matinha”,  $H' = 3,605$  e  $J' = 0,734$ , enquanto Pereira et al. (2010) encontraram valores de  $H'$  entre 2,135 e 3,917 e  $J'$  entre 0,710 e 0,949 em fragmentos do próprio câmpus da UFLA.

Esses resultados indicam que as áreas restauradas ainda apresentam diversidade inferior àquela observada nos fragmentos florestais mais antigos, o que é esperado para sistemas com 15 anos de idade. Entretanto, os valores de equabilidade elevados ( $J' > 0,80$ ) demonstram boa distribuição dos indivíduos entre as espécies, sugerindo estrutura ecológica estável e ausência de dominância — característica positiva no contexto da restauração (PEREIRA et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2021).

A diferença na diversidade entre as áreas restauradas e a “Matinha” reflete o tempo de maturação ecológica, uma vez que fragmentos florestais secundários avançados acumulam maior complexidade florística e estrutural ao longo de décadas (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994). Ainda assim, os resultados obtidos após 15 anos demonstram que as áreas restauradas já se encontram dentro da faixa de variação observada em fragmentos florestais locais, evidenciando a efetividade das ações de restauração conduzidas no câmpus da UFLA.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que as áreas avaliadas apresentaram avanços significativos no processo de restauração florestal, evidenciando a eficiência das técnicas silviculturais adotadas e o estabelecimento satisfatório das espécies nativas implantadas.

As variáveis dendrométricas e volumétricas indicaram bom desenvolvimento dos indivíduos arbóreos, com aumento expressivo do volume e da altura média nas áreas mais antigas. Os índices de diversidade apontaram comunidades vegetais heterogêneas, com distribuição uniforme das espécies, sugerindo o avanço em direção a estágios mais complexos e estáveis de sucessão ecológica.

A regeneração natural apresentou composição florística rica e com presença de espécies não plantadas originalmente, indicando conectividade ecológica com fragmentos adjacentes e eficácia na restauração das funções ecológicas, especialmente dos processos de dispersão e recrutamento natural.

As análises de resistência do solo e de cobertura do dossel confirmaram a melhoria das condições físicas e estruturais das áreas restauradas, refletindo o fechamento do dossel, o aumento da biomassa e a redução de perturbações antrópicas. A integração entre indicadores de campo e análises fotogramétricas consolidou uma abordagem metodológica robusta e replicável para o monitoramento de projetos de restauração florestal.

Recomenda-se, contudo, a continuidade do monitoramento a longo prazo, a fim de acompanhar o avanço sucessional, avaliar a autossustentabilidade das comunidades e identificar possíveis ajustes nas estratégias de manejo.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Rafael Walter; MENDES, Alex Fernando; TYMUS, Julio Ricardo Caetano; SIQUEIRA, Ludmila Pugliese de; BRANCALION, Pedro Henrique Santin; FERREIRA, Manuel Eduardo; GROHMANN, Carlos Henrique; COSTA, Bernardo da Rosa (Org.). **Protocolo de monitoramento da restauração da Mata Atlântica e da Amazônia via sensoriamento remoto**. Pacto pela Restauração da Mata Atlântica; Aliança pela Restauração na Amazônia, 2021.
- ALMEIDA, Karoline de Sousa. **Técnicas de recuperação ambiental em áreas secas degradadas**: revisão sistemática de literatura. 2024. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. **Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de minas gerais**. Projeto Mata Ciliar – Convenio CEMIG/UFLA/FAEPE. Lavras-MG, 2001.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. **Métodos silviculturais para a recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares**. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: água e biodiversidade, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p. 123-145, 2002.
- CAPELO, J. **Conceitos e métodos da Fitossociologia. Formulação contemporânea e métodos numéricos de análise da vegetação**. Estação Florestal Nacional, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, Oeiras, 2003. 107p.
- CONDÉ, T. M. et al. Padrão espacial de espécies madeireiras da Amazônia pelo método de coordenadas cartesianas e espaciais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 115-125, 2016.
- FARIA, R. A. V. B. **Estoque de carbono e atributos florísticos e edáficos de ecossistemas florestais em processo de restauração**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FONSECA, D. A.; BACKES, A. R.; ROSENFELD, M. F.; OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C. Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, abr./jun. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/zhz8zz7r8YJCxkCN7YjDcqH/>. Acesso em: 01 de abril de 2024. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827733>.
- GODOY, Gustavo de. **Interações solo-floresta na recuperação do funcionamento do solo e na restauração ecológica**. 2024. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-03022025-160158/>. Acesso em: 13 maio 2025.
- GOMES, A. S.; FERREIRA, S. P. **Análise de dados ecológicos**. Niterói: Universidade Federal Fluminense. Departamento de Biologia Marinha, 2004.
- GRISI, B. M. **Glossário de ecologia e ciências ambientais**. João Pessoa, 2007.

275 p. Disponível em:  
 <[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost\\_files/glossario\\_20de\\_20ecologia\\_20e\\_20ciencias\\_20ambientais.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/glossario_20de_20ecologia_20e_20ciencias_20ambientais.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2014.

GUIMARÃES, Lucas Ribeiro. **Avaliação de projetos de restauração de ecossistemas florestais**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas**. Nova Odessa: Platarum. 1992. 368p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecíduamontana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 159-174, 1994.

PEREIRA, G. M. **Proposta de procedimento para avaliação da autossustentabilidade em projetos de restauração florestal**. 2011. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

PEREIRA, M. et al. Avaliação e proposta de conectividade dos fragmentos remanescentes no campus da Universidade Federal de Lavras. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 305-321, 2010.

REFLORA - **Plantas do Brasil**: Resgate Histórico e Herbário Virtual para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira. Instituto de Pesquisas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, COPPETEC-UFRJ, 2023. Acesso em:  
<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=5C16244FECFAE27C0EED5B316209A2B6>. Data: 23/08/2023.

RONQUIM, C. C. et al. **Diversidade de espécies florestais nativas no sub-bosque dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil**: listagem de 1.136 espécies descritas em 106 trabalhos científicos. Embrapa Territorial, Campinas, 2021. 61 p.

SILVA, C. H. **Análise do processo de restauração de ecossistema florestal aos quatro anos**. 2014. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

## ANEXO – REGISTROS FOTOGRÁFICOS

Área de Estudio



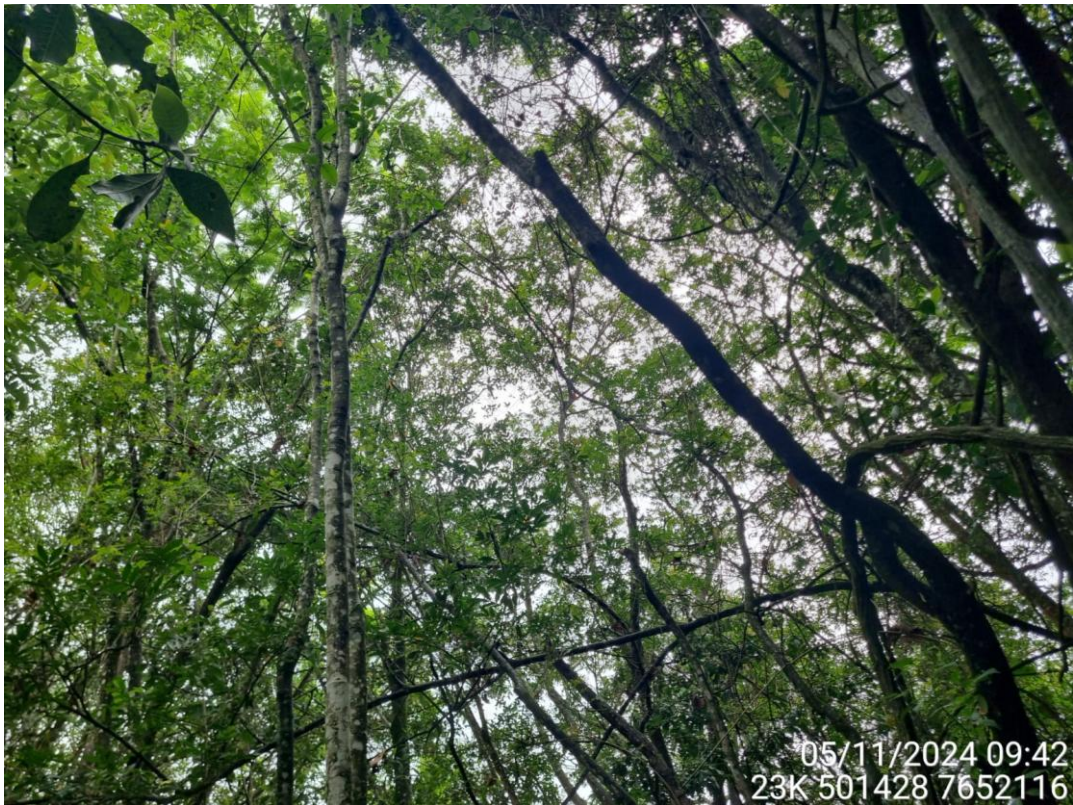
Área de Estudio



Área de Estudio



Área de Estudio



Área de Estudio



Área de Estudio



Área de Estudo



Área de Estudo



**Área de Estudo**



**Área de Estudo**



**Área de Estudo**



**Área de Estudo**

