

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF**

**MATHEUS SCHUTZ CEOLA**

**EFEITOS DE GRADIENTES DE ALTITUDE NA DINÂMICA ESTRUTURAL E NA  
PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UMA FLORESTA  
OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA**

**LAGES**

**2025**

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL – PPGEF**

**EFEITOS DE GRADIENTES DE ALTITUDE NA DINÂMICA ESTRUTURAL E NA  
PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UMA FLORESTA  
OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti

**LAGES, 2025**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Schutz Ceola, Matheus

Efeitos de gradientes de altitude na dinâmica estrutural e na  
prognose da distribuição diamétrica em uma Floresta Ombrófila  
Mista Alto-Montana / Matheus Schutz Ceola. -- 2025.  
96 p.

Orientador: Thiago Floriani Stepka

Coorientador: Marcos Felipe Nicoletti

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2025.

1. Estabilidade florestal. 2. Ingresso. 3. Mortalidade. 4. Cadeia  
de Markov. 5. Matriz de transição. I. Floriani Stepka, Thiago . II.  
Nicoletti, Marcos Felipe. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **EFEITOS DE GRADIENTES DE ALTITUDE NA DINÂMICA ESTRUTURAL E NA PROGNOSE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

#### **BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka  
UDESC/Lages-SC

Membros:

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andrea Nogueira Dias  
UNICENTRO/Irati-PR

Prof. Dr. Newton Clóvis Freitas da Costa  
UDESC/Lages-SC

Dedico este trabalho aos meus pais Mário e Fabiana.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade do Estado de Santa Catarina, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka pela orientação, instrução, conhecimentos transmitidos e amizade.

Ao Prof. Dr. Marcos Felipe Nicolleti, pela co-orientação e amizade.

E principalmente aos meus pais Mário e Fabiana pelo incentivo no meu crescimento profissional e toda a ajuda fornecida.

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a estrutura horizontal, a dinâmica de ingresso e mortalidade e a prognose da distribuição diamétrica em uma Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana na região de Urupema, Santa Catarina, em diferentes gradientes de altitude. A floresta foi avaliada em um intervalo de 10 anos entre as medições, com abordagens em 2012, 2017 e 2022. A área amostral foi composta por três transectos, divididos em parcelas contíguas de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>), totalizando 34 unidades amostrais em uma área de 6.800 m<sup>2</sup>, distribuídas da seguinte forma: sete no transecto um, nove no transecto dois e dezoito no transecto três. Todas as árvores com DAP  $\geq$  5 cm foram numeradas, medidas e identificadas. A área foi dividida em três gradientes de altitude, que foram classificados como: classe 3 (entre 1412,50 e 1435,30 metros de altitude), classe 2 (1435,1 e 1458,16 metros de altitude) e classe 1 (1458,16 e 1481 metros de altitude). No primeiro capítulo foi estimado a estrutura horizontal: densidade, dominância, frequência, valor de importância, Índice de Shannon-Wiener para a área total e diferentes classes de altitude. O segundo capítulo consistiu na classificação das espécies em grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax). Também foi analisado a taxa de ingresso e mortalidade das espécies e também foi feito a prognose da estrutura diamétrica pelo método da matriz de transição também para as diferentes classes de altitude e área total. Os resultados indicaram que a floresta se encontra em processo de desenvolvimento, com aumento na quantidade de indivíduos e na área basal, sugerindo uma tendência à estabilidade. As espécies *Drimys angustifolia* e *Myrceugenia euosma* apresentaram altos valores de importância, sendo bem adaptadas ao ecossistema estudado e predominando nas classes 2 e 1. A espécie *Dicksonia sellowiana*, por sua vez, não ocorreu nas unidades amostrais da classe 3, mas demonstrou um aumento progressivo de importância nas classes 3 e 2 ao longo dos anos. *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* exibiram baixos valores de importância iniciais, mas com crescimento contínuo, evidenciando a tendência da floresta à estabilização por meio da perpetuação de espécies clímax. A análise da estrutura diamétrica mostrou que a área basal e o diâmetro médio foram menores na classe 1 e maiores na classe 3. O número de indivíduos foi maior na classe 1 e menor na 3. A tendência de estabilidade na estrutura florestal foi reforçada pelo aumento na representação de espécies clímax. *Dicksonia sellowiana* manteve um crescimento contínuo nas classes 3 e 2, indicando sua resiliência e importância na composição florestal. A aplicação da matriz de transição para prognosticar a distribuição diamétrica futura não demonstrou efetividade para a área total e para a classe 1, mas reforçou a tendência de manutenção da

estrutura florestal, com um equilíbrio progressivo entre ingresso e mortalidade. Conclui-se que a Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana em Urupema apresenta um avanço em direção à estabilidade ecológica, com a substituição gradual de espécies pioneiras por espécies clímax. A predominância de espécies adaptadas às condições da região sugere uma sucessão ecológica natural e progressiva. Esses dados destacam a importância do monitoramento contínuo para compreender as dinâmicas florestais e fornecer subsídios para a conservação e manejo sustentável da Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana.

Palavras-chaves: Estabilidade florestal; Mortalidade; Ingresso; Cadeia de Markov; Matriz de transição.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the horizontal structure, recruitment and mortality dynamics, and the prognosis of diameter distribution in a High-Montane Mixed Ombrophilous Forest in the region of Urupema, Santa Catarina, across different altitudinal gradients. The forest was assessed over a 10-year interval between measurements, with data collection conducted in 2012, 2017, and 2022. The sampling area consisted of three transects divided into contiguous 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>) plots, totaling 34 sampling units across an area of 6,800 m<sup>2</sup>, distributed as follows: seven in transect one, nine in transect two, and eighteen in transect three. All trees with a DBH  $\geq 5$  cm were numbered, measured, and identified. The area was divided into three altitude gradients, classified as: class 3 (between 1412.50 and 1435.30 meters above sea level), class 2 (1435.1 to 1458.16 meters), and class 1 (1458.16 to 1481 meters). In the first chapter, the horizontal structure was estimated: density, dominance, frequency, importance value, Shannon-Wiener Index for the total area, and for different altitude classes. The second chapter consisted of classifying species into ecological groups (pioneer, secondary, and climax species). Recruitment and mortality rates of the species were also analyzed, and the prognosis of the diameter structure was modeled using the transition matrix method, also for the different altitude classes and the total area. The results indicated that the forest is in a developmental process, with an increase in the number of individuals and in basal area, suggesting a trend toward stability. The species *Drimys angustifolia* and *Myrceugenia euosma* showed high importance values, being well-adapted to the studied ecosystem and predominating in classes 2 and 1. *Dicksonia sellowiana*, on the other hand, did not occur in the sampling units of class 1 but showed a progressive increase in importance in classes 3 and 2 over the years. *Araucaria angustifolia* and *Ilex paraguariensis* initially exhibited low importance values but showed continuous growth, indicating a trend of forest stabilization through the perpetuation of climax species. The analysis of diameter structure showed that the basal area and average diameter were lower in class 1 and higher in class 3. The number of individuals was higher in class 3 and lower in class 3. The trend toward stability in forest structure was reinforced by the increasing representation of climax species. *Dicksonia sellowiana* maintained continuous growth in classes 3 and 2, indicating its resilience and importance in the forest composition. The application of the transition matrix to forecast future diameter distribution did not show effectiveness for the total area and for class 1 but reinforced the trend of forest structure maintenance, with a progressive balance between recruitment and mortality. It is concluded that

the High-Montane Mixed Ombrophilous Forest in Urupema is progressing toward ecological stability, with the gradual replacement of pioneer species by climax species. The predominance of species adapted to regional conditions suggests a natural and progressive ecological succession. These findings highlight the importance of continuous monitoring to understand forest dynamics and provide support for the conservation and sustainable management of the High-Montane Mixed Ombrophilous Forest.

Keywords: Forest stability; Mortality; Recruitment; Markov Chain; Transition Matrix.

## Lista de Ilustrações

Figura 1. Localização de Urupema/SC e dos transectos instalados. ....	27
Figura 2. Classe de altitude das parcelas no transecto 1.....	27
Figura 3. Classes de altitude das parcelas no transecto 2 .....	28
Figura 4. Classes de altitude das parcelas no transecto 3 .....	28
Figura 5. Curva de acumulação de espécies.....	36
Figura 6. Gráficos de área basal por hectare para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.....	37
Figura 7. Gráficos de diâmetro médio para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.....	38
Figura 8. Gráficos de número de indivíduos por hectare para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.....	39
Figura 9. Índice de Shannon-Wiener.....	40
Figura 10. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância na área total nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C).....	42
Figura 11. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 3 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C). ....	43
Figura 12. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 2 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C). ....	45
Figura 13. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 1 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C). ....	46
Figura 14. Gráficos do Número de Indivíduos nos respectivos estágios sucessionais nos três anos de medição, na Área total (A), na classe de altitude 3 (B) e na classe de altitude 2 (C) e na classe de altitude 1 (D). ....	58
Figura 15. Gráficos da distribuição diamétrica nos anos de 2012, 2017, 2022 e 2022 estimado pela matriz de transição, onde: A = Área total; B = Classe de altitude 3; C = Classe de altitude 2; D = Classe de altitude 1.....	76

## Lista de tabelas

Tabela 1. Fórmulas utilizadas para análise da estrutura horizontal. ....	34
Tabela 2. Intervalo de confiança da área basal (m <sup>2</sup> /ha).....	35
Tabela 3. Fórmulas utilizadas para análise da dinâmica florestal. ....	54
Tabela 4. Espécies arbóreas encontradas em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista alto-montana, distribuídas em suas respectivas famílias botânicas e estágios sucessionais.....	57
Tabela 5. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a área total .....	61
Tabela 6. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a área total .....	62
Tabela 7. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 3. ....	63
Tabela 8. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 3. ....	64
Tabela 9. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 2. ....	66
Tabela 10. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 2. ....	67
Tabela 11. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 1. ....	69
Tabela 12. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 1. ....	70
Tabela 13. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a área total amostrada.....	71
Tabela 14. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da área total .....	72
Tabela 15. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 3. ....	72
Tabela 16. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 3 de altitude. ....	73
Tabela 17. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 2. ....	73

Tabela 18. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 2 de altitude .....	74
Tabela 19. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 1. ....	74
Tabela 20. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 1 de altitude .....	75

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. HIPÓTESES.....	17
3. OBJETIVOS .....	17
3.1. Objetivo Geral.....	17
3.2. Objetivos Específicos.....	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1. Floresta Ombrófila Mista .....	18
4.2. Estrutura horizontal.....	19
4.3. Dinâmica da floresta .....	20
4.4. Crescimento .....	21
4.5. Ingresso .....	21
4.6. Mortalidade .....	22
4.7. Prognose da distribuição diamétrica .....	23
4.8. Matriz de transição .....	24
5. METODOLOGIA .....	26
5.1. Área de estudo.....	26
5.2. Descrição do experimento.....	29
6. CAPÍTULO I.....	30
6.1. Introdução .....	32
6.2. Metodologia .....	33
6.3. Resultados .....	35
6.4. Discussão.....	47
6.5. Conclusão .....	49
7. CAPÍTULO II .....	50
7.1. Introdução .....	51
7.2. Metodologia .....	53
7.3. Resultados .....	56
7.3.1. Ingresso e Mortalidade .....	56
7.3.2. Prognose da estrutura diamétrica .....	70
7.4. Discussão.....	77
7.5. Conclusão .....	81
9. REFERÊNCIAS .....	82

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o início da povoação portuguesa no Brasil, a mais de 500 anos, predominou-se o pensamento, no qual a natureza é vista como um obstáculo a ser removido para dar lugar ao progresso. Desta forma a Mata Atlântica é o bioma brasileiro que sofreu as maiores taxas de desmatamento, onde foi explorada de maneira nímia até meados de 1960, com o intuito do desenvolvimento da agricultura e da sociedade (Mazzafero; Veiga, 2003).

Conforme a Fundação SOS mata atlântica em 2016 o bioma em questão, que detinha cerca de 1.326.480,02 km<sup>2</sup> (15% do território brasileiro), acabou sofrendo forte pressão e grande solicitação de seus recursos. Como resultado dessa expansão, apresenta hoje um grau elevado de fragmentação da sua paisagem. Com a elevada exploração, a Mata Atlântica nativa está reduzida a cerca de 12% da sua cobertura original, destes, apenas 7% encontram-se em bom estado de conservação e com áreas acima de 100 hectares. Ainda que a área total tenha sido muito reduzida, estima-se que as espécies vegetais que incidem neste bioma, sejam cerca de 35% das espécies existentes no Brasil (cerca de 20.000 espécies), e por isso é considerada um dos sete “hotspots” do planeta.

Santa Catarina tem seu território totalmente inserido na Mata Atlântica e abrange diversas fitofisionomias deste bioma. Tendo enfoque na Floresta Ombrófila Mista, é sabido que a exploração desenfreada feita nessa região com a retirada de espécies com alto valor econômico como a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Pinheiro Brasileiro) e *Dicksonia sellowiana* Hook. (Xaxim), fez o ecossistema mudar severamente (Monteira et al, 2022).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), relatou que meados da década de 1960, foi efetuada uma estratégia de desenvolvimento, onde foram administrados incentivos fiscais para plantios de florestas, visando garantir o suprimento de matéria prima para a indústria madeireira. E impedir de certa forma a exploração desenfreada das araucárias e outras espécies com alto valor agregado (Oliveira et al., 2008).

Atualmente tendo ciência de toda a degradação que ocorreu no passado, leis foram criadas para impedir o avanço desenfreado ao desmatamento da Mata Atlântica, como por exemplo a Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. O ser humano sempre foi dependente das florestas, e para que haja uma continuidade na produção de benefícios não basta apenas acontecer a preservação, mas sim um manejo de forma sustentável por um profissional qualificado para tal intervenção (Hess et al., 2010).

As florestas são detentoras de importância econômica, ecológica e social. Podem ser citados inúmeros benefícios que são trazidos para a sociedade por elas, como matérias primas, produtos farmacêuticos, alimento, regulação do clima, conservação do solo, conservação de recursos hídricos, manutenção dos ciclos de chuva. Adjunto dos benefícios que são trazidos para a sociedade, está a falta de conhecimento em relação a grande variedade de espécies existente, sua dinâmica, ciclo de corte, ecologia, dentre outros fatores que limitam o manejo sustentável dos recursos naturais. Tornando assim o conhecimento das diferentes maneiras com que a floresta se comporta de suma importância para o ser humano (Negrini et al, 2012).

Uma das maneiras de estudar a dinâmica de uma floresta, é descrevendo os diferentes padrões de variação que ocorrem no espaço tempo, e para isso análises estruturais permitem fazer deduções e inferir sobre o futuro de uma floresta, a partir de levantamentos feitos periodicamente em uma determinada região (Emídio et al, 2015).

Assim, faz-se necessário que os remanescentes florestais ainda preservados da Floresta Ombrófila Mista sejam estudados, a fim de fornecer dados sobre a dinâmica das florestas que auxiliarão sobremaneira na construção de planos de manejo e estratégias para a sua conservação.

As metodologias para o estudo da dinâmica de uma floresta nativa, particularmente o crescimento diamétrico das árvores, estão vinculadas ao uso de inventários florestais contínuos onde as árvores são remeidas por períodos, sendo possível assim a verificação do crescimento de cada indivíduo de uma floresta.

Pesquisas têm sido realizadas no sentido de melhor conhecer a estrutura e a dinâmica desse ecossistema. Esses estudos são pontuais e em geral caracterizaram um período curto de observações. Na verdade, há ainda uma carência muito grande de informações sobre as florestas naturais brasileiras e neste sentido, experimentos com o propósito de gerar conhecimentos sobre estes ecossistemas são fundamentais para conservá-los e manejá-los corretamente.

O relevo também é um fator determinante na configuração da vegetação, pois influencia diretamente variáveis ambientais como temperatura, umidade e características do solo. Estudos realizados no Parque Nacional da Serra do Cipó demonstram que variações topográficas afetam significativamente a temperatura e a umidade relativa do ar, impactando a distribuição das espécies vegetais. Além disso, pesquisas em Santa Catarina evidenciam que a altitude está correlacionada com mudanças na temperatura, o que contribui para a formação de distintos tipos de vegetação ao longo de gradientes altitudinais (Fritzsos et al, 2016).

A inclinação e a orientação das encostas também desempenham papel crucial na distribuição da vegetação. Análises no estado de Pernambuco indicam que a relação entre o relevo e o clima não é linear, especialmente em áreas de relevo mais complexo, onde diferentes orientações de encostas podem criar microclimas que favorecem ou limitam determinadas espécies. Além disso, a exposição solar, influenciada pela orientação das encostas, afeta a radiação recebida, impactando processos como evapotranspiração e disponibilidade hídrica para as plantas (Silva, et al. 2019).

O relevo atua ainda como barreira natural, influenciando padrões de vento e formação de microclimas, o que afeta diretamente a vegetação local. Estudos sobre o uso de quebra-ventos demonstram que barreiras vegetais podem reduzir a velocidade dos ventos, criando ambientes mais protegidos e propícios para o desenvolvimento de certas espécies. Assim, a interação entre relevo, clima e vegetação é fundamental para a compreensão e gestão dos ecossistemas (Guimarães e Fonseca, 1990).

Este trabalho visou estudar um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, com intuito de avaliar as diferentes dinâmicas que ocorrem dentro desse ecossistema e assim entender como a floresta está se difundindo. Foram avaliadas a estrutura horizontal, incremento e mortalidade e por último realizado a prognose dos dados visualizando entender a distribuição diamétrica com o passar do tempo.

## **2. HIPÓTESES**

As espécies de maior valor de importância continuam ocupando posições de destaque.

Os processos dinâmicos das florestal (mortalidade e ingresso) mudam conforme os gradientes de altitude.

Os modelos matemáticos utilizados podem prognosticar a estrutura diamétrica da floresta.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo Geral**

Estimar a dinâmica, florística e a prognose do remanescente de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana na região serrana de Santa Catarina.

### 3.2. Objetivos Específicos

- Estimar as alterações na composição florística e na estrutura horizontal nos diferentes gradientes de altitude;
- Estimar o ingresso e mortalidade nos períodos 2012-2017 e 2017-2022;
- Realizar a prognose da distribuição diamétrica por meio da matriz de transição;
- Comparar a distribuição diamétrica estimada para o ano de 2022, pelo método da matriz de transição, com a estrutura diamétrica observada.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Floresta Ombrófila Mista

Floresta Ombrófila Mista é um ecossistema florestal típico da Região Sul do Brasil, tendo como principal característica a presença da espécie conífera *Araucaria angustifolia*, esta tipologia florestal também é conhecida empiricamente como Floresta com Araucária, Mata dos pinhais. O termo Floresta Ombrófila Mista foi inicialmente utilizado por Veloso e Goés Filho (1982) e adotado pelo IBGE (1992) na classificação fisionômico-ecológica da vegetação brasileira.

Segundo Roderjan et al. (2002), é uma unidade fitoecológica onde contempla-se a coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), em marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales, onde domina *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), espécie gregária de alto valor econômico e paisagístico. Compreende as formações florestais típicas e exclusivas dos planaltos da região Sul do Brasil, com disjunções na região Sudeste e em países vizinhos (Paraguai e Argentina). Encontra-se predominantemente entre as altitudes de 800 e 1200 m, podendo eventualmente ocorrer acima desses limites.

Segundo Carvalho (1994), a floresta com araucária ocorre entre as latitudes 19°15'S (Conselheiro Pena - MG, no alto rio Doce) a 31°30'S (Canguçu - RS). Com referência à longitude, estende-se desde 41°30'W até 54°30'W. Ocorre principalmente no Brasil e em pequenas manchas na Argentina (extremo nordeste, na província de Misiones) e no Paraguai (leste, no Departamento de Alto Paraná). No Brasil a área original foi de cerca de 200.000 km<sup>2</sup>,

de formato irregular, ocorrendo principalmente nos Estados do Paraná (40% de sua superfície), Santa Catarina (31 %) e Rio Grande do Sul (25%) e com manchas esparsas no sul de São Paulo (3%), internando-se até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro em áreas de altitude elevadas (1 %).

Para Sanquetta (2005) a floresta de araucária não abriga apenas a sua espécie típica, mas muitas outras que formam comunidades interativas e diferenciadas em florística, estrutura e organização ecológica. Existe muita riqueza na floresta de araucária, seja nos seus componentes arbóreos, no sub-dossel ou nas copas que formam dosséis irregulares. Ali a biodiversidade atinge níveis elevados, apesar de sua aparente simplicidade estrutural.

Maack (1968) considerou como espécies importantes da Floresta Ombrófila Mista, a imbuia (*Ocotea porosa*) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Além destas, esse autor destacou as diversas espécies que se associam regularmente à araucária, como: as canelas (dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea*), as leguminosas (dos gêneros *Dalbergia* e *Machaerium*), as meliáceas (principalmente *Cedrela fissilis*), as mirtáceas (como *Campomanesia xanthocarpa*), *Podocarpus lambertii* (podocarpus ou pinheiro-bravo) e *Syagrus romanzoffiana* (jerivá).

A Floresta Ombrófila Mista pode ser subdividida de acordo com a altitude e proximidade do curso de água em: Aluvial e Submontana em altitudes inferiores a 500m, Montana entre 500 e 1.000 m, e Alto-Montana em altitudes superiores a 1.000 m (IBGE, 1992). Em Santa Catarina a floresta Alto-Montana está dividida em ilhas geográficas isoladas, criando mosaicos de áreas descontínuas. A vegetação é adaptada a ocorrência de neve e geada e temperaturas baixas, o clima desempenha forte influência na composição florística dessa região. Se caracteriza também como um ambiente nebuloso, com pouca incidência de radiação solar e umidade relativa elevada. Essas regiões são de suma importância para a efetuação de estratégias de conservação, pois apresentam inúmeras nascentes de rios formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (Higuchi et al., 2013).

Nos últimos anos autores como: Oliveira et al. (2024), Cruz et al. (2024), Fockink et al. (2020), estudaram a Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana e destacam a importância de estudos fitossociológicos nessa fitofisionomia.

#### **4.2. Estrutura horizontal.**

A estrutura horizontal de uma floresta oferece uma análise abrangente da distribuição espacial e organização das comunidades vegetais dentro do ecossistema florestal. Faz parte do

estudo fitossociológico de uma área, envolve o estudo das inter-relações de espécies na comunidade vegetal em um determinado espaço e tempo (Martins, 1989).

Os cálculos da estrutura horizontal envolvem a frequência relativa e absoluta que expressam o número de ocorrência de uma determinada espécie nas diferentes unidades amostrais alocadas. As densidades relativa e absoluta remetem-se ao número de indivíduos de cada espécie ou do conjunto de espécies que compõem uma comunidade vegetal por unidade de área. A dominância expressa a influência que cada espécies tem na comunidade, sendo calculada utilizando a área basal dos indivíduos. O valor de importância e cobertura é uma média de os valores relativos obtidos dos outros parâmetros.

### **4.3. Dinâmica da floresta**

Para Mendonça (2003), os processos que regem a dinâmica de uma floresta, são conhecidos como crescimento, ingresso e mortalidade, e tem grande importância, visto que o estudo destes parâmetros indica o crescimento e as mudanças ocorridas em sua composição e estrutura. Portanto, a predição confiável destes processos, ressaltando-se o crescimento e a produção, torna-se imprescindível para a adoção de tratamentos e medidas silviculturais mais adequados para o manejo da floresta sob regime de rendimento sustentado.

As estimativas desses parâmetros são obtidas, principalmente, por meio de inventário florestal contínuo com parcelas permanentes, por períodos curtos ou longos. Assim, o estudo do crescimento poderá permitir o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças, em níveis de espécies e povoamentos.

A culminação do processo de crescimento é onde o ingresso, crescimento e mortalidade constituem-se nos fatores básicos ao desenvolvimento da estrutura diamétrica, os quais dependem do meio ambiente, fatores bióticos, composição de espécies e densidade. Assim, os fatores diretamente relacionados com o desenvolvimento de distribuições diamétricas são as taxas de ingresso, crescimento e mortalidade, isto é, as mudanças em números de novos indivíduos do povoamento, incremento do diâmetro e perdas por mortalidade (Sanquetta et al. 2001).

Modelos, usados na predição do crescimento da floresta, são tipicamente compostos por equações, que descrevem os componentes do crescimento (crescimento sobrevivente, mortalidade, colheita e ingresso), individualmente, e então, em combinação, fornece uma base para predição do crescimento total do povoamento (Azevedo et al. 1995).

O ingresso, a mortalidade e o incremento em diâmetro estão entre os poucos parâmetros que podem ser utilizados na predição do desenvolvimento de uma floresta nativa inequiana (Ferreira, 1997).

#### **4.4. Crescimento**

O crescimento de uma floresta é a mudança em um atributo do povoamento, dentro de um período estabelecido. Logo, crescimento é o conceito biológico da taxa de produção, e produção é a colheita ou coleta com base nessa taxa, em um determinado período. Assim, a produção máxima que uma floresta pode atingir é o crescimento acumulado em um determinado período, e é a máxima produção que pode ser removida perpetuamente por períodos semelhantes (Davis e Johnson, 1986).

De acordo com Vanclay (1994) e Prodan et al. (1997), entende-se por crescimento o aumento de dimensões de um ou mais indivíduos em uma floresta em um determinado período. Tais dimensões podem ser o diâmetro, a altura, o volume, a biomassa, a área basal, etc. Já a produção refere-se às dimensões finais ao término de determinado período. Portanto, a produção é o crescimento acumulado enquanto o crescimento é a taxa de produção (Moretto & Brandt, 2023; Cruz et al. 2024).

Segundo Husch et al. (1982), o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente. Para Prodan et al. (1997), as influências ambientais incluem fatores climáticos (temperatura, vento, precipitação e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microrganismos), características topográficas (inclinação, elevação e aspecto) e competição (influência de outras árvores, sub-bosque e animais), sendo que a soma destes fatores exprime o conceito de qualidade de sítio.

Autores como Duarte et al. (2022) e Ricken et al. (2022), estudaram o crescimento de espécies nativas da região Sul do Brasil, com intuito de ampliar o conhecimento referente à espécies de interesse em Santa Catarina e Paraná.

#### **4.5. Ingresso**

Scolforo et al. (1998) consideram como ingresso ou recrutamento todas as árvores que a partir do segundo período de medição entram no processo de medição.

Segundo Alder (1995), entende-se como ingresso, em termos florestais, o processo pelo qual as árvores “aparecem” na tabela de povoamento, após a medição inicial.

De acordo com Alder e Synnott (1992), ingresso é o processo pela qual as árvores "aparecem" nas classes diamétricas mensuráveis por crescerem acima do diâmetro mínimo considerado. O ingresso está diretamente ligado à regeneração, mas não são sinônimos, pois a regeneração é o processo, pelo qual, novas árvores são adicionadas à população através da germinação das sementes. Os mesmos autores citam que adicionalmente ao fato da palavra regeneração definir um processo, pode-se também usá-la para se referir às árvores com diâmetro menor que o limite de medição.

Para Azevedo et al. (1995), o estudo do ingresso em florestas tropicais reveste-se de especial importância do ponto de vista silvicultural, uma vez que sua quantidade e sua qualidade determinam quão satisfatoriamente o povoamento está sendo alimentado, com mudas e árvores pequenas de espécies desejáveis. Para a produção florestal ser sustentável é necessário que grande número de regeneração jovem das espécies, economicamente importantes, ingressem regularmente no povoamento e que um número mínimo de árvores sobreviva e cresça ao tamanho de abate a cada ciclo de corte.

Para Silva (1989), o estudo do ingresso em florestas tropicais úmidas tem grande importância do ponto de vista silvicultural, assim como sua qualidade e quantidade determinam com que sucesso a floresta está sendo “alimentada” com plântulas e pequenas árvores de espécies comerciais.

Para Mendonça (2003), as clareiras que ocorrem na floresta são um fator importante na manutenção da heterogeneidade destes ambientes. Estudos sobre distúrbios naturais nas florestas indicam que as clareiras são um fenômeno frequente e que sua ocorrência resulta nos aparentes mosaicos vegetais de diversas idades. Quando a clareira é de pequeno tamanho, o ingresso não é abundante porque, normalmente, espécies de crescimento lento e tolerante à sombra ocupam a clareira. Inversamente, as perturbações pesadas tais como aquelas causadas pela exploração, geralmente, resultam em germinação e crescimento de grande número de espécies pioneiras de rápido crescimento, que logo crescem até o mínimo tamanho de medição.

#### **4.6. Mortalidade**

Nas florestas as árvores morrem continuamente. Esse fato comprova-se pela típica distribuição diamétrica em J-invertido apresentada pelas florestas, que mostra que apenas uma

pequena fração da regeneração (0-10 cm de DAP) sobreviverá até atingir dimensões comerciais. Em parcelas permanentes, a mortalidade é considerada através do cômputo das árvores que morreram (Alder e Synnott, 1992).

Segundo Oliver e Larson (1996), a mortalidade ocorre por supressão, quando a floresta está se diferenciando, por insetos e doenças, quando a árvore está enfraquecida, e por tombamento quando a árvore se torna alta e fina. A morte por supressão ocorre quando uma árvore não ocupa um espaço de crescimento suficiente para fornecer produtos da fotossíntese tanto para a respiração dos tecidos quanto para promover a renovação das raízes e de outros tecidos necessários à sua sobrevivência.

Para Sanquetta et al. (1996), a mortalidade pode ser causada por diversos fatores, como idade ou senilidade, competição e supressão, doenças e pragas, condições climáticas, fogos silvestres, anelamento e envenenamento, injúrias, corte ou abate da árvore.

Segundo Carvalho (1999), a mortalidade pode ser causada por muitos fatores, como ataque de patógenos, parasitas e herbívoros, tempestades, danos causados por fortes chuvas, principalmente em árvores emergentes, exploração florestal, durante a operação e principalmente nos primeiros cinco anos seguintes, e morte por idade avançada, considerando que todo ser vivo tem um período de vida finito.

Já para Pulz et al. (1999), a mortalidade pode ser classificada em duas categorias: regular e irregular. A mortalidade regular é causada principalmente devido à competição, à supressão e ao próprio envelhecimento da árvore. Por outro lado, a mortalidade irregular, que é menos frequente, é provocada por fenômenos adversos como a incidência de pragas, doenças, fogo, vento, enchente, temperatura, seca entre outras causas de ocorrência irregular, ou seja, a mortalidade regular é previsível, a irregular não.

#### **4.7. Prognose da distribuição diamétrica**

As florestas, em geral, assumem dois tipos principais de distribuições: a unimodal, característica de plantios jovens e equiâneos e a decrescente na forma de um J-invertido, que caracteriza florestas nativas ou plantios bem manejados com mais de uma idade.

Baseando-se em vários autores, Oliver e Larson (1996) afirmaram que, muitas vezes, uma combinação de espécies ou grupos de espécies mostra uma distribuição diamétrica na forma de um J-invertido, mesmo quando, individualmente, espécies ou grupos apresentam distribuição unimodal.

O conhecimento da distribuição diamétrica e sua mudança ao longo do ciclo de uma floresta é uma ferramenta fundamental para o manejo de plantios florestais e principalmente de florestas nativas onde a idade é uma variável de difícil obtenção.

Existem vários métodos para a predição da estrutura diamétrica de uma floresta. Pulz et al. (1999) utilizaram o método de matriz de transição ou Cadeia de Markov, para realizar a predição de uma floresta inequiânea a partir de três períodos de medição. No mesmo trabalho, os autores testaram a acuracidade do método de matriz de transição comparando-o com o método da razão de movimentação e o método de Wahlenberg, no qual os três métodos apresentaram mesmo grau de acuracidade para fins de prognose do número total de árvores na floresta.

Sanquetta et al. (1996) utilizaram a matriz de transição para a elaboração de um modelo de prognose para uma floresta inequiânea no Japão, que sofreu intervenção e foi remedida no período de 10 anos, concluindo que a ferramenta é um instrumento valioso para o manejador florestal, uma vez que o crescimento e o ciclo de corte de povoamentos florestais inequiâneos podem ser preditos.

Cunha et al. (2002) realizaram a predição da estrutura diamétrica de seis importantes espécies da floresta de terra firme da Amazônia na Floresta Nacional de Tapajós, utilizando dados de duas medições (1984-2000) e realizou a prognose para 2016.

Tereszcuch et al. (2007) utilizaram a matriz de transição para predizer a distribuição diamétrica de uma floresta nativa, que foi submetida a duas metodologias de colheita, na Reserva de Biosfera Yabotí, na província de Misiones na Argentina, por meio de três medições (1998, 2001 e 2004).

#### **4.8. Matriz de transição**

Muitos fenômenos que ocorrem na natureza podem ser estudados como se estes passassem por uma sequência de estados, em que a partir de um estado inicial, a transição de um determinado estado para o seguinte ocorresse segundo uma certa probabilidade. No caso em que essa probabilidade de transição dependa apenas do estado em que o fenômeno se encontra e do estado seguinte, o processo é chamado processo de Markov, e uma sequência finita de estados seguindo esse processo é denominada Cadeia de Markov de parâmetro discreto homogêneo (Bernardo, 2000).

A matriz de transição é um processo estocástico utilizado para estudar fenômenos que passam, a partir de um estado inicial, por uma sequência de estados, onde a transição entre estados ocorre segundo uma certa probabilidade (Arce et al. 2001).

Matrizes de transição podem ser usadas para a elaboração de modelos de produção florestal e partem do pressuposto de que uma árvore em uma determinada classe de diâmetro tem a probabilidade de se deslocar para a classe seguinte (Scolforo et al. 1998).

Na área florestal, o uso da matriz de transição foi aplicado por Usher (1966) em um povoamento de Pinus (*Pinus sylvestris*) na Escócia, mensurados em ciclos de 6 anos.

Alguns pesquisadores desenvolveram o estudo de crescimento diamétrico das árvores por meio de matriz de transição. No Brasil, foi estudado por Higuchi (1987), Azevedo et al. (1995), Sanquetta et al. (1996), Pulz et al. (1999), Arce et al. (2001) e Stepka et al. (2010). Higuchi (1987), utilizaram a Cadeia de Markov dentro do manejo florestal como instrumento para elaboração de uma tabela de produção futura e um possível ciclo de corte em uma área de floresta de terra firme no Estado do Amazonas.

Para Scolforo et al. (1998), as projeções não devem ser feitas em períodos longo, considerando que o desempenho dos modelos é condicionado a dois pontos básicos. Um primeiro leva em conta que o incremento periódico em diâmetro das árvores da floresta, obtido nas parcelas permanentes, tem o comportamento no futuro idêntico ao obtido por ocasião das avaliações realizadas nas parcelas permanentes. Neste caso, assume-se que apesar de mudanças em sua estrutura, a floresta continuará no futuro a apresentar o mesmo crescimento periódico que aquele detectado por ocasião da avaliação das parcelas permanentes. Esta característica ou propriedade do modelo em questão é denominada de transição estacionária.

Um segundo ponto básico é que a projeção da estrutura da floresta depende somente do estado atual, não sofrendo efeito de qualquer característica passada da floresta. Esta característica ou propriedade do modelo considerado é definida como propriedade Markoviana. Autores como Almeida, et al. (2021) e Stepka & Farias (2021) utilizaram esse método em estudos recentes.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. Área de estudo

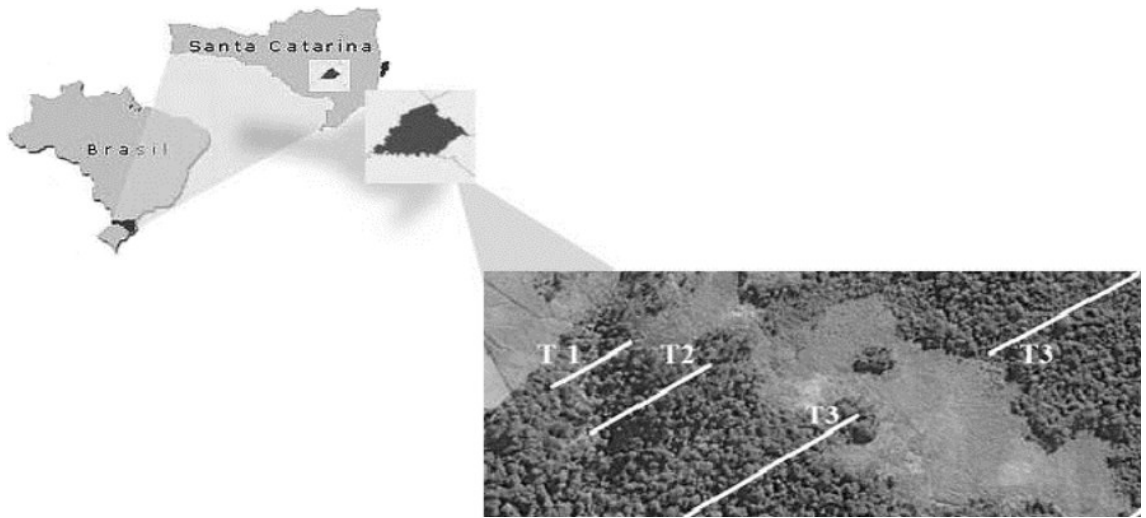
A dissertação foi organizada em dois capítulos, o primeiro capítulo voltado para análise horizontal, em diferentes gradientes de altitude, as parcelas que estão mais abaixo do gradiente se encontram à uma média de 1412,5 metros acima do nível do mar, e as mais altas, à 1481 metros. A partir disto foi feita a análise de duas diferentes formas: A junção de todos os transectos, e também conforme o gradiente de altitude, dividindo em três estratos, o primeiro entre 1412,50 e 1435,30 metros de altitude (classe 3), o segundo estrato entre 1435,31 e 1458,16 (classe 2) e o último estrato de 1458,16 até 1481 metros de altitude (classe 1).

O estudo foi realizado no município de Urupema, na região serrana de Santa Catarina, com altitude entre 1412,5 e 1489 m, entre as coordenadas geográficas 27° 57' 39'' a 27° 58' 64'' latitude Sul, e 49° 50' 66'' a 49° 50' 55'' longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cfb, pela classificação climática de Köppen, mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas durante o ano e precipitação média anual de 1.789 mm. Conforme dados do IBGE (2012), a temperatura média anual é de 13°C. A vegetação é de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, em condição de relevo forte ondulado a ondulado, intercalada por campos naturais e áreas úmidas em relevo plano a suave ondulado (IBGE, 2012).

Os transectos (T1, T2 e T3), foram instalados em 2012 por professores do CAV/UNESC e, segundo MARTINS (2015) seguindo o gradiente de altitude, foram divididos em unidades amostrais contíguas de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>), para acompanhamento do gradiente de declividade (Figura 1), totalizando 34 unidades amostrais e uma área total da amostra de 6.800 m<sup>2</sup>. Cada unidade amostral foi demarcada em campo, com canos de PVC, no centro e nas quatro extremidades. As 34 unidades amostrais foram distribuídas da seguinte forma: sete no transecto um; nove transecto dois e dezoito no transecto três. Na Figura 1 está demonstrada a localização da área de estudo, e a divisão dos transectos instalados.

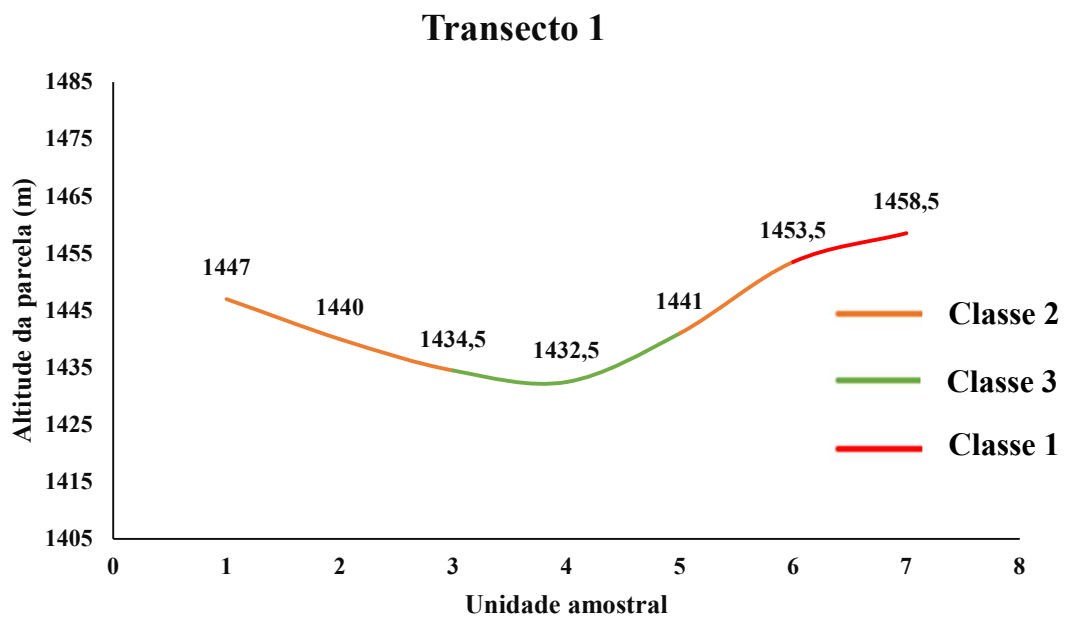
As unidades amostrais receberam três classificações referente a sua altitude, o critério utilizado para essa atribuição foi subtrair a altitude mínima da máxima e dividir o resultado por três, formando três diferentes intervalos de altitude. Pode-se observar nas Figuras 2, 3 e 4 a distribuição das unidades conforme os perfis longitudinais dos transectos, assim como quais delas estão em quais gradientes de altitude. Foram totalizadas 15 unidades amostrais na classe 2, 12 parcelas na classe 3 e sete parcelas na classe 1.

Figura 1. Localização de Urupema/SC e dos transectos instalados.



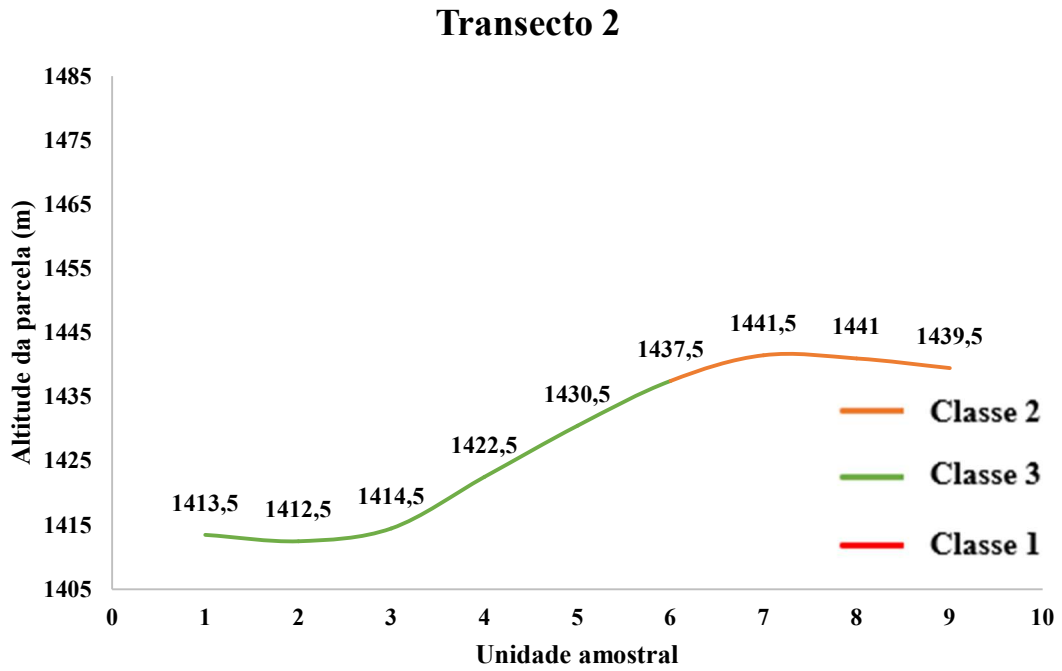
Fonte: Martins, 2015.

Figura 2. Classe de altitude das parcelas no transecto 1.



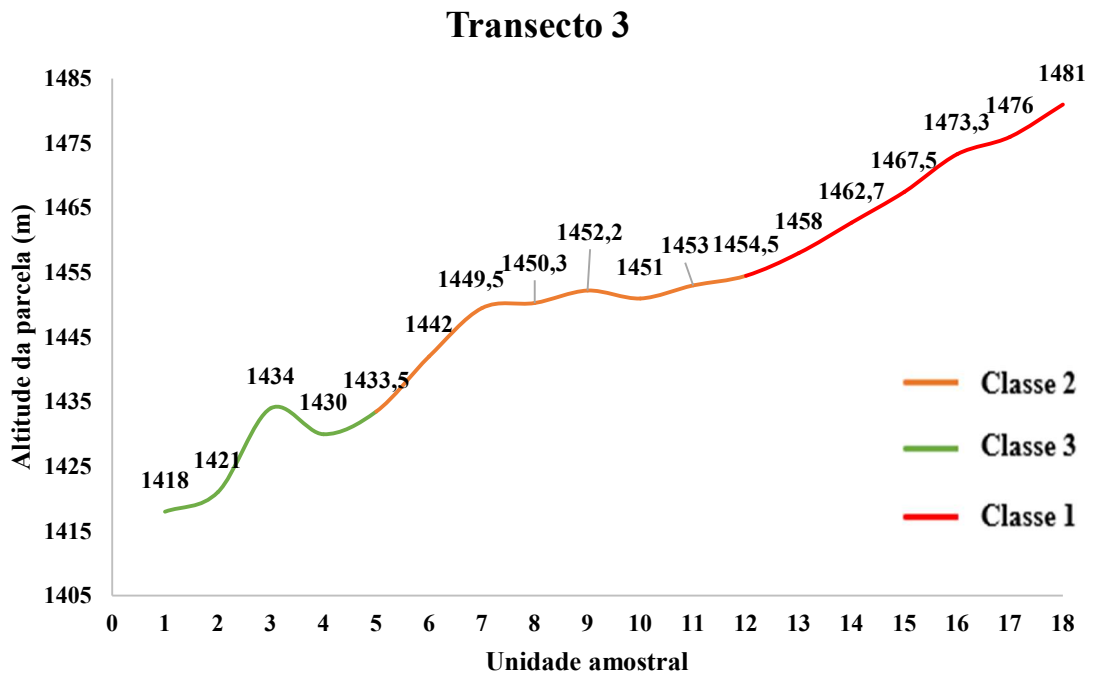
Fonte: Autor, 2025.

Figura 3. Classes de altitude das parcelas no transecto 2



Fonte: Autor, 2025.

Figura 4. Classes de altitude das parcelas no transecto 3



Fonte: Autor, 2025.

## 5.2. Descrição do experimento

Dentro das unidades amostrais (10 x 20 m), todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) maior ou igual a 5 cm foram medidas. Além da mensuração do DAP e altura total, as árvores foram identificadas pelo nome comum, científico e família.

No ano de 2017, quando completou 5 anos do início da medição das unidades amostrais, realizou-se a remedição das árvores. Neste processo de remedição foram mesuradas todas as árvores vivas avaliadas em 2012 além de computar as árvores mortas e as que atingiram a dimensão mínima de 5 cm (ingresso). Em 2022 foi realizada nova medição seguindo os mesmos critérios descritos anteriormente. O período entre medições de 5 anos é justificado pelo baixo crescimento das árvores, uma vez que em intervalos menores dificultaria possibilidade da mensuração.

## 6. CAPÍTULO I

### ESTRUTURA HORIZONTAL DOS DIFERENTES GRADIENTES DE ALTITUDE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA NOS DIFERENTES ANOS DE MEDIÇÃO

#### RESUMO

A Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, é uma formação pouco estudada pertencente ao bioma mata atlântica. O objetivo deste capítulo foi analisar a estrutura horizontal dos diferentes gradientes de altitude, em uma área na região do planalto Sul Catarinense com o passar dos anos. Os dados foram avaliados na área como um todo, separando os diferentes transectos e diferentes classes de altitude para cada ano de medição (2012, 2017 e 2022). No primeiro momento foram avaliados os indivíduos por hectare, área basal, número de espécies e índice de Shannon-Wiener. Também foi feito os cálculos da estrutura horizontal para cada divisão da área, encontrando a densidade, dominância, frequência e valor de importância de cada espécie. Com os valores obtidos, foram feitas análises das espécies que ocuparam os maiores valores de importância, assim como espécies consideradas com alto valor agregado. As espécies *Drimys angustifolia* e *Myrceugenia euosma* demonstraram altos valores de importância, mostrando uma boa adaptação ao ecossistema estudado obtendo aproximadamente 50% do Valor de Importância nas unidades amostrais encontradas na classe de altitude 1, e também apresentaram valores relativamente altos na classe de altitude 2 em todos os anos de medição. A espécie *Dicksonia sellowiana* não ocorreu nas unidades amostrais de classe 1, porém nas classes 2 e 3, teve o maior valor de importância, este que cresceu com o passar dos anos. As espécies *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* mostraram o valor de importância baixo, porém crescente conforme os anos, demonstrando a tendência da floresta à estabilidade com a perpetuação de espécies clímax. A área basal e o diâmetro médio foram menores na classe 1, e obtiveram os maiores valores na classe 3. O número de indivíduos foi maior na classe 1 e menor na classe 3.

Palavras-chave: Análise estrutural, Diversidade Florística, Levantamento Fitossociológico

## ABSTRACT

The High-Montane Mixed Ombrophilous Forest is a little-studied formation belonging to the Atlantic Forest biome. The aim of this chapter was to analyze the horizontal structure across different altitudinal gradients in an area located in the southern plateau region of Santa Catarina over time. The data were evaluated both for the area as a whole and separately, considering different transects and altitude classes for each measurement year (2012, 2017, and 2022). Initially, individuals per hectare, basal area, number of species, and the Shannon-Wiener index were assessed. Horizontal structure calculations were also performed for each subdivision of the area, identifying the density, dominance, frequency, and importance value of each species. Based on the obtained values, analyses were conducted to identify species with the highest importance values, as well as species considered to have high ecological or conservation value. *Drimys angustifolia* and *Myrceugenia euosma* showed high importance values, indicating good adaptation to the studied ecosystem, accounting for approximately 50% of the Importance Value in sampling units found in altitude class 1. They also presented relatively high values in class 2 across all measurement years. The species *Dicksonia sellowiana* did not occur in class 1 sampling units; however, in classes 2 and 3, it had the highest importance value, which increased over the years. *Araucaria angustifolia* and *Ilex paraguariensis* showed low, yet steadily increasing importance values, indicating a trend toward forest stability through the gradual establishment of climax species. Basal area and mean diameter were lowest in class 1 and highest in class 3. In contrast, the number of individuals was greatest in class 1 and lowest in class 3.

Keywords: Structural analysis, Floristic Diversity, Phytosociological Survey.

## 6.1. Introdução

A Floresta Ombrófila Mista é assim denominada devido a sua ocorrência em regiões de alta pluviosidade e presença da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, a qual em conjunto com outras espécies conferem uma formação com aspecto fitofisionômico peculiar (Martins et al., 2012).

A Floresta Ombrófila Mista, é uma fitofisionomia pertencente ao bioma Mata Atlântica, o qual é protegido por leis, advindas de uma época em que a exploração desenfreada dos recursos naturais ocorria sem monitoramento. Estas leis conferem uma proteção quase integral aos seus remanescentes em relação a exploração sustentável.

A Floresta Ombrófila Mista pode ser subdividida de acordo com a altitude e proximidade do curso de água em: Aluvial e Submontana em atitudes inferiores a 500m, Montana entre 500 e 1.000 m, e Alto-Montana em altitudes superiores a 1.000 m. (IBGE, 1992).

A Floresta Alto-Montana possui uma vegetação adaptada a ocorrência de neve e geada e temperaturas baixas, o clima desempenha forte influência na composição florística dessa região. Se caracteriza também como um ambiente nebuloso, com pouca incidência de radiação solar e umidade relativa elevada. Essas regiões são de suma importância para a efetuação de estratégias de conservação, pois apresentam inúmeras nascentes de rios formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (Higuchi et al., 2013).

Existem diversas maneiras de estudar a floresta e uma delas é a partir da análise da estrutura horizontal que se encaixa nos estudos fitossociológicos de uma área. Estudos fitossociológicos são de suma importância para desvendar o potencial de cada espécie, suas características e diferentes adaptações a cada ambiente. Mesmo conhecendo a importância de estudos desse âmbito, são relativamente poucos os trabalhos desenvolvidos e publicados na área Valério et. al. (2008), Watzlawick et al. (2006), Silva Junior et al. (2001).

As comunidades vegetais, são descritas em estudos fitossociológicos com a intenção de comparar padrões de variação da vegetação no espaço e no tempo, assim como suas inter-relações, desta forma fazer uma avaliação qualitativa e quantitativa é uma maneira eficaz para entender como uma floresta se comporta com o passar dos anos.

Pillar (1996), citou que para fazer uma descrição qualitativa da comunidade é necessário fazer um inventário compilando suas taxonomias e percebendo seus padrões e inter-relações. Já de maneira quantitativa, é preciso avaliar a floresta atribuindo-lhe valores. No caso do estudo da estrutura horizontal, os valores obtido são o de densidade, que envolve o número de

indivíduos de cada espécie presente na área estudada, os valores de dominância que conferem valores a área basal ocupada por cada espécie entre as espécies como um todo, a frequência que é a ocorrência da espécie em cada subdivisão da área estudada, e o valor de importância que assume uma relação entre as variáveis citadas, atribuindo valores para cada espécie conforme as variáveis anteriores.

Com isso, o objetivo do primeiro capítulo foi analisar e discutir as alterações na composição florística e na estrutura horizontal nos diferentes gradientes de altitude e na área como um todo no passar dos anos de medições.

## **6.2. Metodologia**

A estrutura horizontal da floresta foi avaliada pelos parâmetros fitossociológicos de densidade, frequência, dominância das espécies, bem como de seus derivados como o valor de importância e o valor de cobertura conforme também utilizado por Schaaf (2001), Sawczuk (2009), Cubas (2011) e Gomes (2018) para a mesma tipologia florestal.

Estudos fitossociológicos permitem o diagnóstico da vegetação a partir de avaliações quali-quantitativas. As características estruturais da cobertura florestal podem ser estabelecidas por indicadores, denominados como parâmetros fitossociológicos. A estrutura de uma comunidade florestal refere-se à disposição, organização e arranjo dos indivíduos na mesma, possibilitando a análise da estrutura horizontal.

Desta maneira, calculou-se para a área de estudo, os índices conforme Mueller-Dumbois & Ellenberg (1974), apresentados na Tabela 1.

Os índices e as variáveis dendrométricas necessárias para o seu processamento foram obtidos para a área total da amostra e para as estratificações das classes de altitudes.

Tabela 1. Fórmulas utilizadas para análise da estrutura horizontal.

Estimador	Fórmula
Densidade (Da)	$Da = \frac{Ni}{\text{Área}}$
Densidade relativa (Dr)	$Dr = \frac{Ni}{N} \cdot 100$
Frequência absoluta (Fa)	$Fa = \frac{Ui}{Ut}$
Frequência relativa (Fr)	$Fr = \frac{Fa}{\sum Fa} \cdot 100$
Dominância absoluta (DoA)	$DoA = \frac{Gi}{\text{Área}}$
Dominância relativa (DoR)	$DoR = \frac{Gi}{G} \cdot 100$
Valor de Cobertura (VC%)	$VC\% = \frac{Dor+Dr}{2}$
Valor de Importância (VI%)	$VI\% = \frac{Dr+DoR+Fr}{3}$

Onde: Ni= Número de indivíduos de uma espécie; N= Número total de indivíduos; Ui= Número de parcelas que cada espécie ocorre; Ut= Número total de parcelas; Gi= Área basal da espécie (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); G= Área basal da amostra (m<sup>2</sup>).

Fonte: Autor, 2025.

O Índice de Shannon, também conhecido como Índice de Diversidade de Shannon-Wiener, é uma medida usada em ecologia para quantificar a diversidade de espécies em uma comunidade. É uma forma de avaliar não apenas a riqueza (número total de espécies), mas também a equitabilidade (como a abundância das espécies está distribuída). Este índice leva em consideração tanto a quantidade de diferentes espécies presentes quanto a abundância relativa de cada espécie, onde:

$$H' = - \sum_i^s (pi * \ln(pi))$$

$$pi = \frac{n}{N}$$

Em que:

S = Número total de espécie da comunidade;

$p_i$  = Proporção de indivíduos que pertencem à espécie  $i$  em relação ao total de indivíduos na comunidade;

$\ln$  = Logaritmo natural;

$n$  = Indivíduos de uma determinada espécie;

$N$  = Total de indivíduos em uma comunidade.

Interpretando o índice, valores altos indicam maior diversidade, ou seja, a comunidade demonstra uma distribuição mais uniforme de abundância entre as espécies e maior riqueza de espécies. Valores baixos indicam menor diversidade, o que pode ser devido à dominância de algumas poucas espécies ou a baixa riqueza. Os valores para florestas tropicais variam de 3,83 a 5,85 (Oliveira & Amaral, 2004).

Para comprovação da suficiência amostral no âmbito quantitativo, adotou-se um Erro Amostral Relativo máximo de 20%, a 95% de nível de significância. Foi utilizada para esta análise a área basal ( $m^2/ha$ ), parâmetro dendrométrico diretamente correlacionado com o DAP, coletada de forma direta no campo conforme Husch et al. (1982). Além disso procede-se a construção da curva coletor para observar o ganho de novas espécies com o aumento da amostra.

### 6.3. Resultados

Os valores obtidos de erro relativo foram de 15,38% para 2012, 14,99% para 2017 e 14,96% para 2022, assumindo um erro menor que o máximo esperado. O intervalo de confiança é apresentado na Tabela 2.

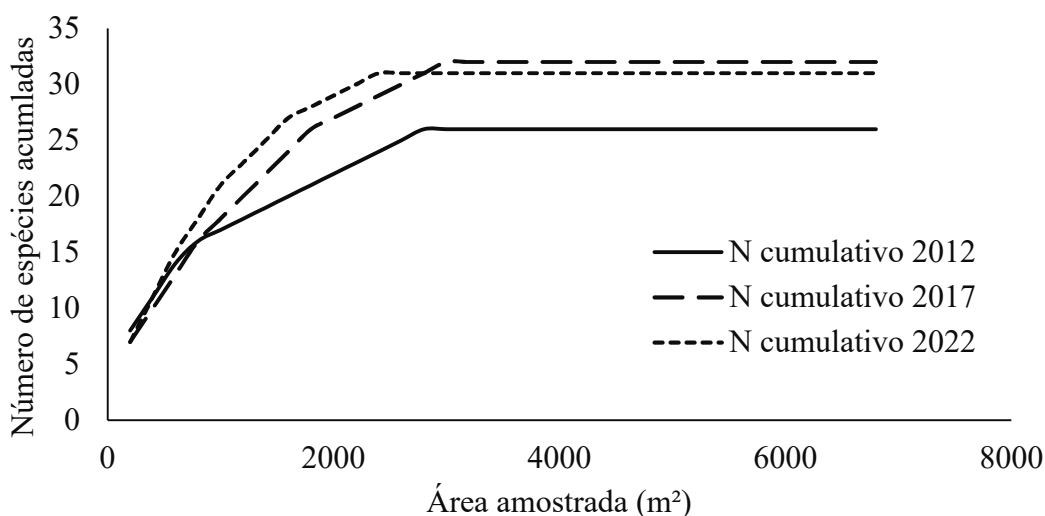
Tabela 2. Intervalo de confiança da área basal ( $m^2/ha$ )

Ano de medição	limite inferior		média		limite superior
2012	48,01	≤	56,74	≤	65,46
2017	52,40	≤	61,64	≤	70,89
2022	55,04	≤	64,72	≤	74,41

Fonte: Autor, 2025.

Foi construída a curva do coletor também conhecida por curva de acumulação de espécies, utilizada para avaliar a riqueza no espaço e tempo entre as espécies presentes nas unidades amostrais. Utilizando o número de espécie em relação a área amostrada, pode-se observar a suficiência amostral sendo atingida com a estabilização da curva (Figura 5)

Figura 5. Curva de acumulação de espécies.



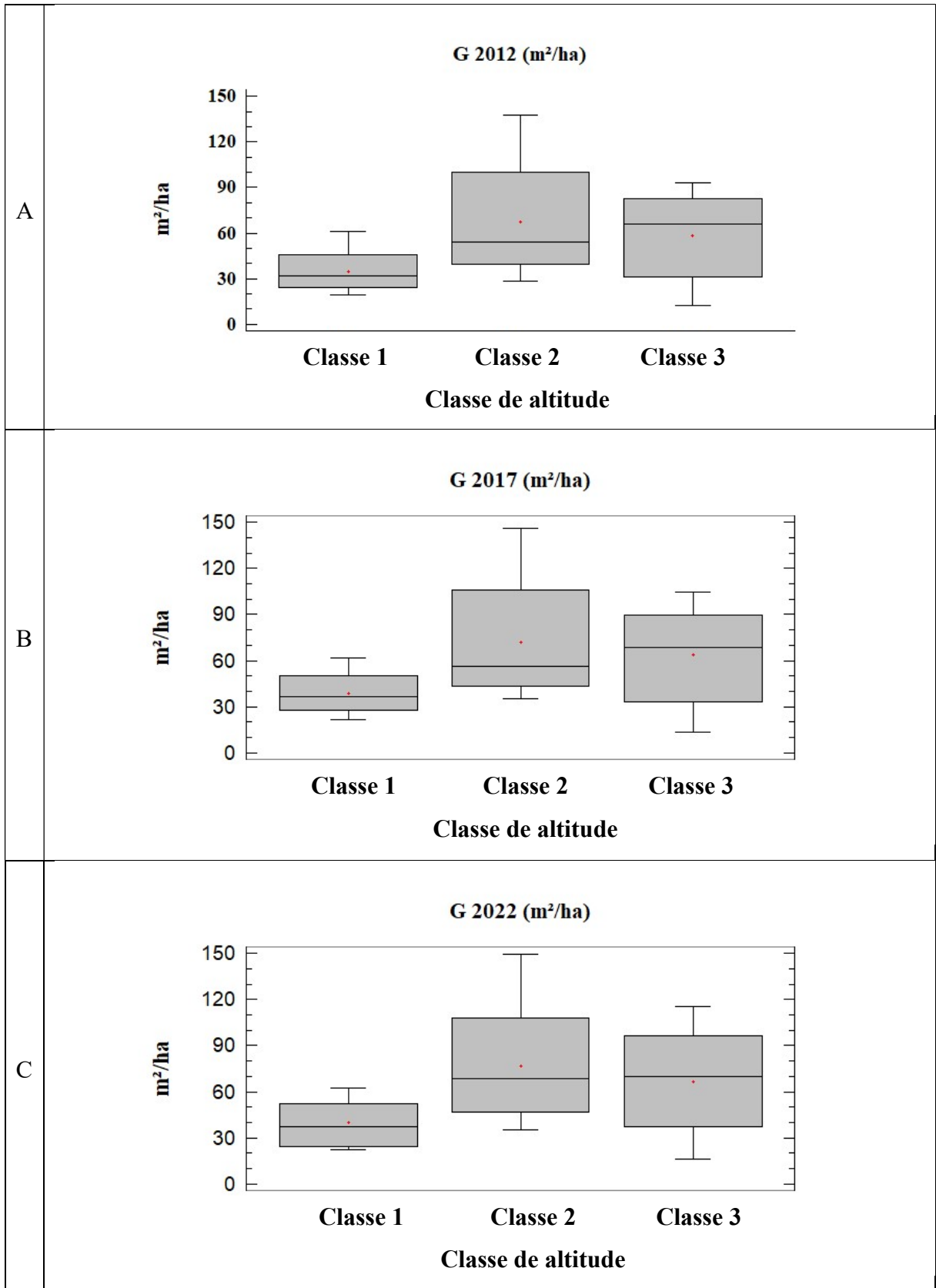
Fonte: Autor, 2025.

Na Figura 6, são demonstrados os gráficos de área basal do local estudado nos respectivos anos e em suas devidas classes de altitude, onde a classe de altitude alta mostra os menores valores de área basal, e a classe baixa os mais altos. Também é notável um mínimo aumento da área basal com o passar dos anos em todas as classes de altitude.

Na Figura 7, os gráficos de diâmetro médio mostram o mesmo padrão da área basal conforme maiores valores de diâmetro, e mudanças de menos de um centímetro no diâmetro médio de todas as classes avaliadas.

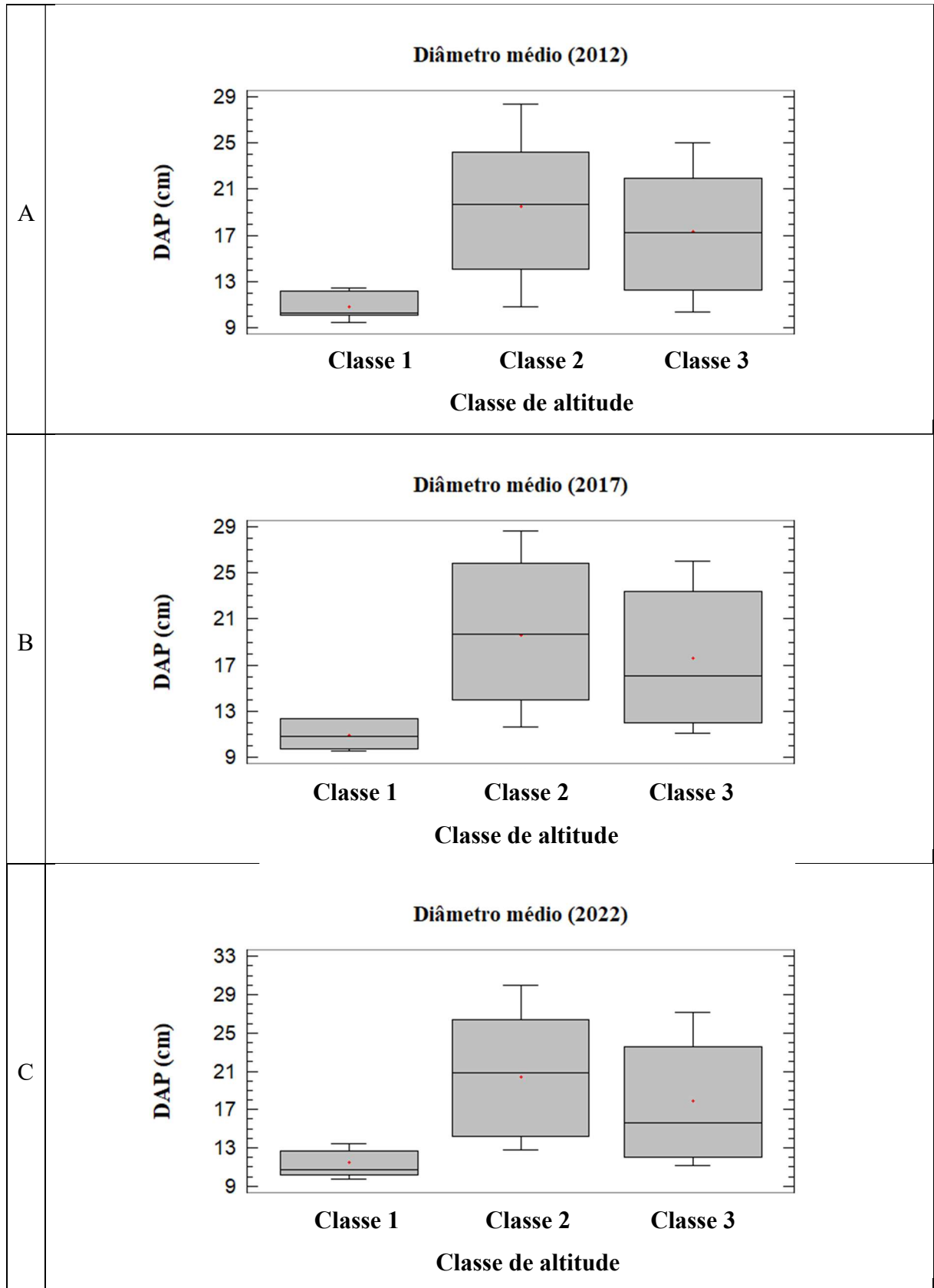
A Figura 8 mostra os dados da quantidade de indivíduos por hectare em cada classe de altitude, onde a classe alta demonstrou um maior número de indivíduos, diferente da área basal e diâmetro médio, onde mostrou os piores valores.

Figura 6. Gráficos de área basal por hectare para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.



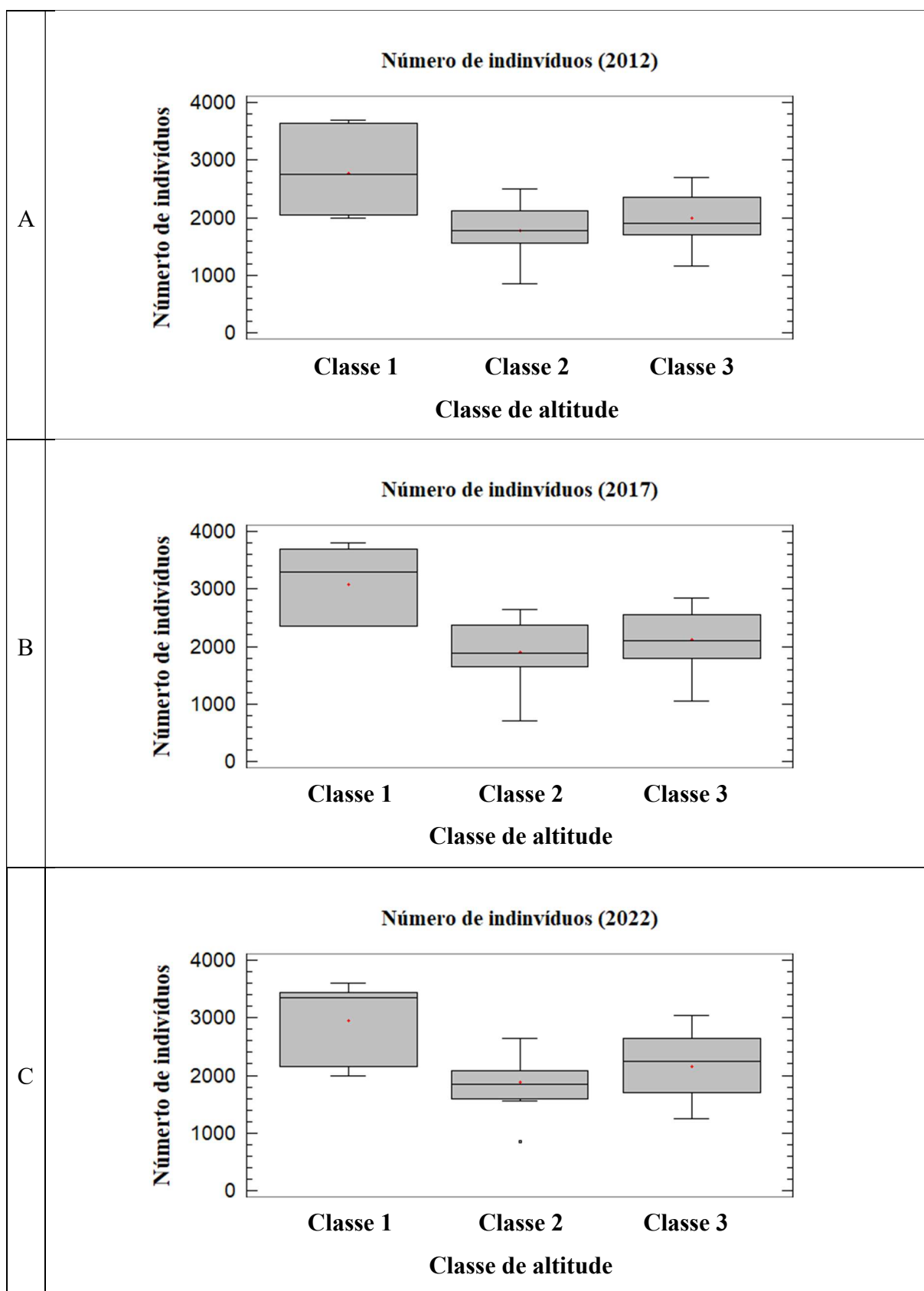
Fonte: Autor, 2025.

Figura 7. Gráficos de diâmetro médio para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.



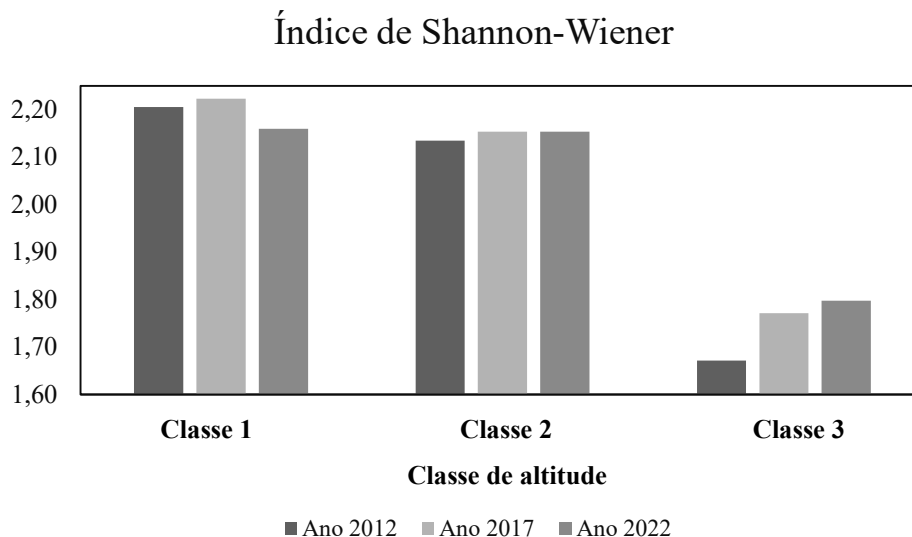
Fonte: Autor, 2025.

Figura 8. Gráficos de número de indivíduos por hectare para os anos de 2012 (A), 2017 (B) e 2022 (C) nas diferentes classes de altitude.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 9. Índice de Shannon-Wiener



Fonte: Autor, 2025

A Figura 9 mostra o índice de Shannon-Wiener, mostrando um aumento no passar dos anos na classe 2 e 1, e uma diminuição na classe 3. A Figura 10, apresenta as informações dos valores de importância das espécies mais representativas em toda a área de estudo.

A espécie com maior valor de importância foi *Dicksonia sellowiana* (Xaxim), com 25,2% em 2012, diminuindo para 24,8% em 2017 e voltando a aumentar para 26%. A densidade do Xaxim foi de 20,8% em 2012, o que remete a 431 indivíduos por hectare, aumentando para 447 em 2017 e 476 em 2022, em porcentagem 19,9 e 21,4%. A dominância seguiu o mesmo ritmo de evolução, era 27,3 m<sup>2</sup> em 2012, 29,6 m<sup>2</sup> em 2017 e 32,3 m<sup>2</sup> em 2022, o que correspondia a 48,2%, 48,1% e 49,9% respectivamente. A Frequência da ocorrência do Xaxim, foi abaixo da média das espécies com um pouco menos Valor de Importância ocupando cerca de 52,9% da 52,9% e 55,96% em relação a todas as espécies.

A segunda espécie de maior valor de importância foi *Drimys angustifolia* (Casca d'anta), seguida por *Myrceugenia euosma* com aproximadamente 15% de valor de importância para a área em 2012, diminuindo com o passar do tempo até 14,4% e 13,4% em 2022. O *Drimys* teve sua densidade em 2012 com 512 indivíduos por hectare, aumentando para 556 em 2017 e diminuindo para 494 em 2022. A *Myrceugenia* teve o mesmo comportamento, com 425 indivíduos em 2012, 438 em 2017 e 413 em 2022. Diferente do Xaxim, ambas as espécies

tiveram um valor maior para a frequência, 85% em 2012, diminuindo para 82,4% em 2022 para o *Drimys*, e 91,2% em 2012, diminuindo para 88,2% em 2022.

A sexta espécie com maior valor de importância foi o *Ilex paraguariensis* (*Erva mate*), que teve um aumento significativo na densidade de indivíduos em 2012 a população era de 134 por hectare, aumentando para 210 em 2017, e para 291 em 2022.

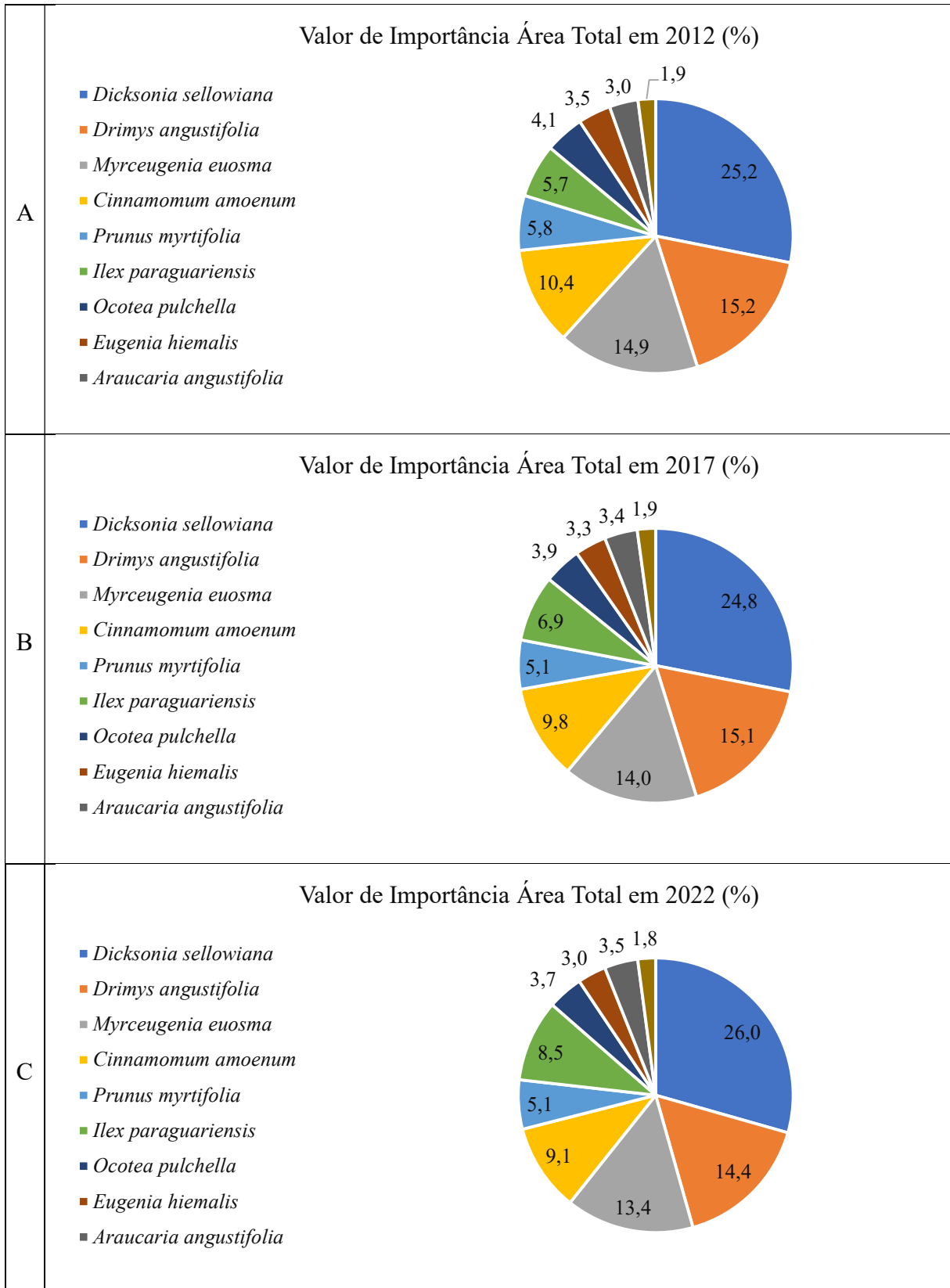
Vale ressaltar a espécie *Araucaria angustifolia* que ocupa a 9ª posição, conhecida como Pinheiro Brasileiro, possui um alto valor agregado por conta da sua madeira ser de grande valia, contando com um fuste reto, e boas qualidades em relação as características da madeira. A espécie teve um baixo valor de importância, porém todos os seus números cresceram com o passar dos anos.

A espécie com maior valor de importância foi *Dicksonia sellowiana* (Xaxim), com 33,43% em 2012, diminuindo para 33,21% em 2017 e voltando a aumentar para 35,39% em 2022. A densidade do Xaxim foi de 32,16% em 2012, o que remete a 571 indivíduos por hectare, aumentando para 592 (31%) em 2017 e 650 (34,59%) em 2022. A dominância seguiu o mesmo ritmo de evolução, sendo 59,3% (40,09 m<sup>2</sup>) em 2012, 59,8% (43,11 m<sup>2</sup>) em 2017 e 62,75% (48,25 m<sup>2</sup>) em 2022. A Frequência da ocorrência do Xaxim, foi de 8,82% em todos os anos.

A segunda espécie de maior valor de importância foi *Myrceugenia euosma*, seguida por *Drimys angustifolia* (Casca'danta) com aproximadamente 11,97% e 9,02% de valor de importância para a área em 2012, 10,7% e 9,38% em 2017, 9,36% e 8,90% em 2022. As duas espécies ficaram próximas no valor de densidade, sendo que *M. euosma*, diminui com o passar dos anos de 275 para 217, e *Drimys* aumentou de 208 em 2012 para 246 em 2017 e voltando a diminuir em 2022 para 229.

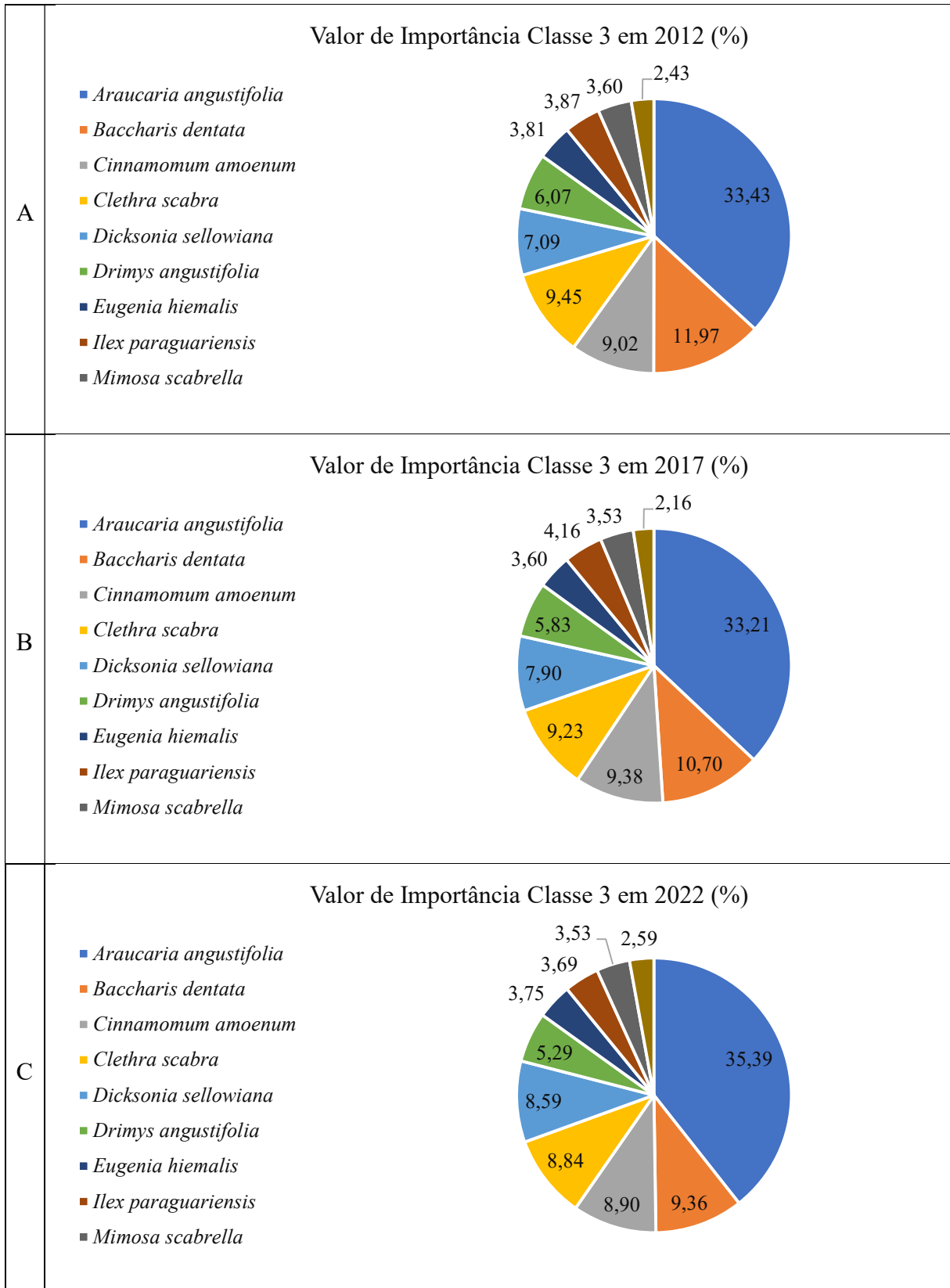
A espécie *Ilex paraguariensis* teve o quinto maior valor de importância aumentando durante os anos, assim como a densidade que em 2022 atingiu 267 indivíduos por hectare.

Figura 10. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância na área total nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 11. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 3 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C).



Fonte: Autor, 2025.

Na Figura 12, apresenta os dados sobre a estrutura horizontal da classe de altitude 2, onde a espécie com maior valor de importância foi *Dicksonia sellowiana* (Xaxim), com 28,44% em 2012, diminuindo para 28,07% em 2017 e voltando a aumentar para 28,87%. A densidade do Xaxim foi de 26,13% em 2012, o que remete a 520 indivíduos por hectare, diminuindo para 25,47% (540) em 2017 e 25,97% (560) em 2022. A dominância seguiu o mesmo ritmo de evolução, foi 29,88 m<sup>2</sup> em 2012, 32,66 m<sup>2</sup> em 2017 e 34,56 m<sup>2</sup> em 2022, o que correspondia a 51,28%, 51,05% e 51,95% respectivamente. A Frequência da ocorrência do Xaxim, foi abaixo da média das espécies com um pouco menos valor de Importância ocupando cerca de 60% em 2012 e 2017 e 66,67% em 2022 em relação a todas as espécies.

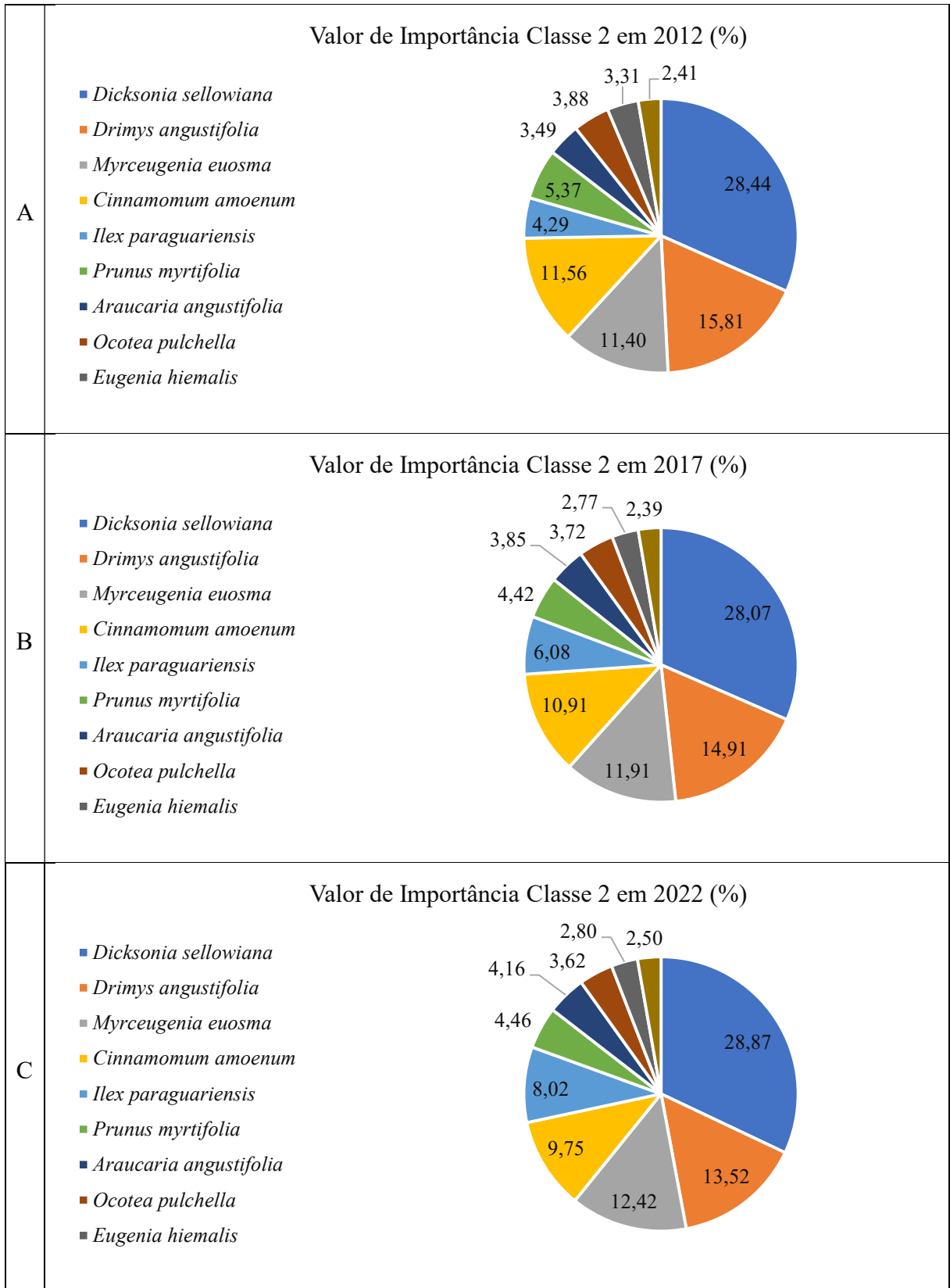
A segunda espécie de maior valor de importância foi *Drimys angustifolia* (Casca d'anta), seguida por *Myrceugenia euosma* com 15,81% e 11,40% de valor de importância para a área em 2012, 14,91% e 11,91% em 2017 e 13,52% e 12,12% em 2022. O *Drimys* teve sua densidade em 2012 com 507 indivíduos por hectare, aumentando para 510 em 2017 e diminuindo para 427 em 2022. A *Myrceugenia* teve um aumento, com 287 indivíduos em 2012, 333 em 2017 e 363 em 2022. Diferente do Xaxim, ambas as espécies tiveram um valor maior para a frequência, 80% e 86,67 em 2012, diminuindo para 73,33% e 86,67 % em 2017 e 2022.

Na Figura 13, apresenta os resultados sobre a estrutura horizontal da classe de altitude 1, a espécie com maior valor de importância foi *Drimys angustifolia* (Casca'danta), com 23,80% em 2012, 25,02% em 2017 e 25,88% em 2022. A densidade foi de 37,53% em 2012, o que remete a 1043 indivíduos por hectare, aumentando para 38,43% (1186) em 2017 e 37,05% (1093) em 2022. A dominância foi 7,44 m<sup>2</sup> em 2012, 26,03 m<sup>2</sup> em 2017 e 11,86 m<sup>2</sup> em 2022, o que corresponde a 21,36%, 26,03% e 29,67% respectivamente. A Frequência foi de 100% nos três anos de medição.

A segunda espécie de maior valor de importância foi *Myrceugenia euosma* com 23,80% de valor de importância para a área em 2012, 25,28% em 2017 e 23,39% em 2022. Teve sua densidade em 2012 com 979 indivíduos por hectare, diminuindo para 964 em 2017 e diminuindo para 857 em 2022. Obteve uma frequência de 100% nos três anos, assim como as quatro espécies com maior valor de importância.

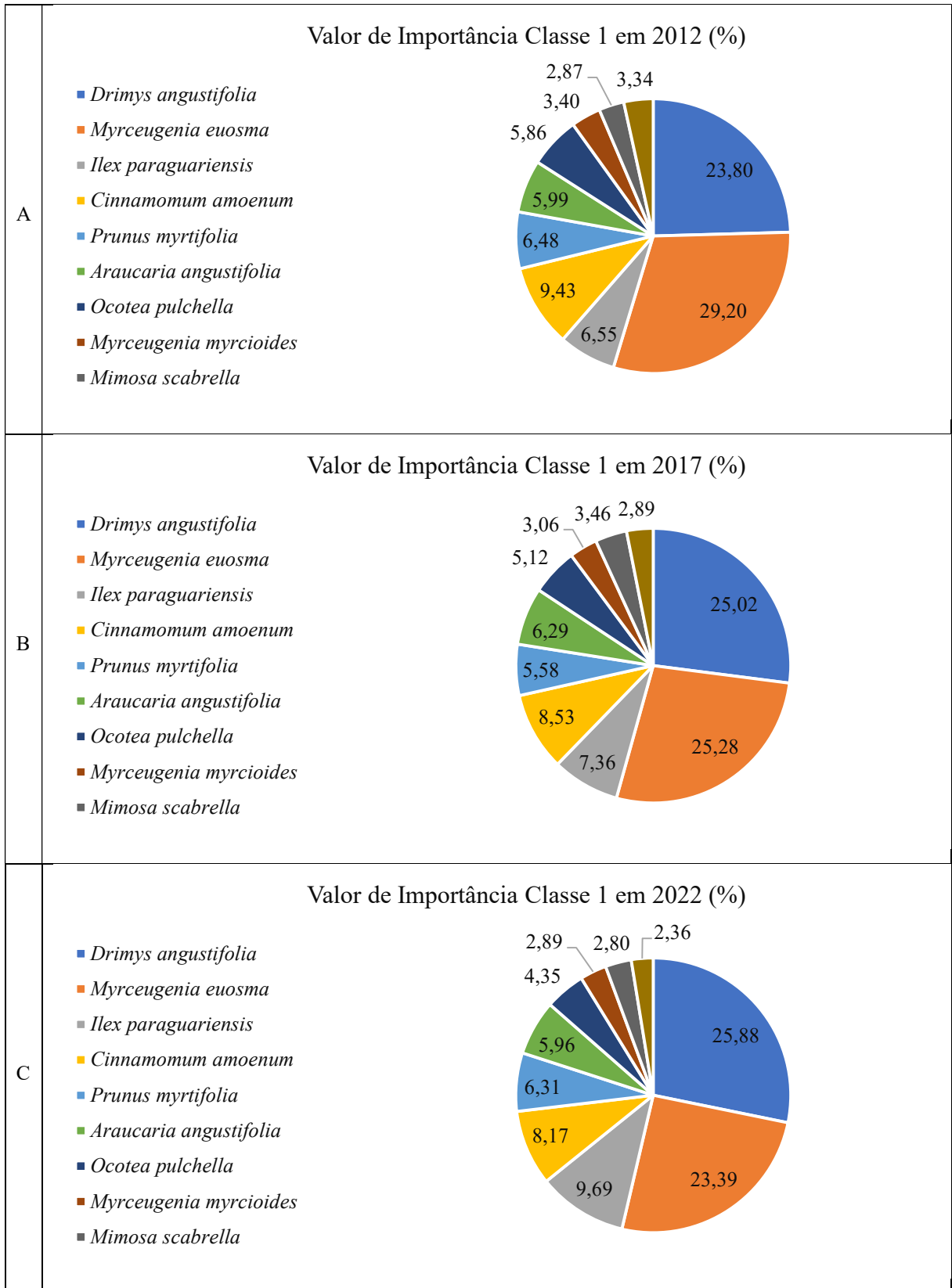
A terceira espécie com maior valor de importância foi o *Ilex paraguariensis* (*Erva mate*), que teve um aumento significativo na densidade de indivíduos em 2012 a população era de 136 por hectare, aumentando para 250 em 2017, e para 379 em 2022.

Figura 12. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 2 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C).



Fonte: Autor, 2025.

Figura 13. Valor de importância das 10 espécies com maior valor de importância nas parcelas da classe 1 nos anos de medição, 2012 (A), 2017 (B), 2022 (C).



Fonte: Autor, 2025.

#### 6.4. Discussão

O número de indivíduos para a área total cresceu de 2076 para 2222 indivíduos por hectare entre 2012 e 2022, isto se deve a desocupação de gado que ocorreu da área nos anos anteriores, trabalhos como o Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (IFFSC), encontraram valores entre 600 e 1500 ind/hectare, porém deve-se levar em conta que o critério de inclusão das áreas neste trabalho foram indivíduos com DAP maior ou igual a cinco, no IFFSC foram incluídas apenas árvores com DAP maior ou igual a dez. Todas as áreas tiveram aumento de indivíduos, exceto o agrupamento da classe 1, que se encontra entre 1458,16 e 1481 metros de altitude. Tais dados se remetem a possibilidade de a floresta em questão estar entrando em um processo de estabilidade, onde a floresta tende a manter seu número de indivíduos e área basal, onde o número de indivíduos tende a se manter constante com o passar do tempo, com novos ingressos e mortalidade de indivíduos mais velhos (Oliveira, 1995).

Em relação a área basal, em todas as áreas analisadas foi notado um pequeno aumento, as áreas com maior altitude tiveram um aumento menor, devido as condições ambientais mais restritivas. Em relação ao diâmetro médio, também houve pouca mudança com o passar do tempo, porém é de extrema discrepância os valores obtidos nas unidades amostrais de classes 1, onde o valor médio é de 10 cm, e na classe 3 é de 21 cm. O número de indivíduos apresenta características opostas à área basal e diâmetro médio, com uma média de 3000 indivíduos por hectares na classe 1 e 2000 indivíduos por hectare nas classes 2 e 3.

O número de espécies aumentou de 26 para 33 na área como um todo, com exceção do transecto 3, as áreas apresentaram um aumento no número de espécies. É possível observar também, as áreas com maior altitude denotaram uma quantidade menor de espécies, como já é esperado devido as suas condições restritas, como menor incidência de radiação solar, elevada umidade e solos poucos profundos (Higuchi et al, 2013). Com aumento do número de espécies também aumentou o índice de Shannon-Wiener, que foi crescente com o passar do tempo em todas as áreas.

O índice de Shannon-Wiener nas parcelas localizadas na classe de altitude 3, chegou a  $H' = 2,20$ , e na classe 1, chegou a 1,80, demonstrando uma baixa diversidade de espécies quando comparado com valores encontrados em outros fragmentos de Floresta Ombrófila Mista, por exemplo nos estudos de Klauberg et. al. (2010) foi encontrado  $H' = 3,05$ , no estudo de Nascimento et al. (2001), foi encontrado  $H' = 3,00$  e Higuchi et al. (2013) encontrou  $H' = 2,79$ .

Esse valor abaixo provavelmente se dá devido as condições climáticas e edáficas relativamente restritivas das florestas alto-montanas.

A espécie *Dicksonia sellowiana* (Xaxim), que possui alto valor agregado (Mantovani 2004), devido as suas raízes que se erguem como tronco, e este pode ser usado para criar vasos para servirem como substrato para outras plantas, principalmente orquídeas. Apresentou o maior valor de importância em quase todas as áreas, com exceção da área de altitude 1. Tal fato ocorre pelas exigências ambientais, Montagna et al. em 2012 explicam que o Xaxim cresce preferencialmente em terrenos pantanosos, encostas serranas, e banhados de baixadas. Mostrando que condições de maior sombreamento e proximidade de locais úmidos são favoráveis para a espécie.

As espécies *Drimys angustifolia* e *Myrceugenia euosma* se mantiveram constantemente entre os maiores valores de importância, mostrando uma boa adaptação ao ecossistema estudado, e assumiram também as primeiras posições na altitude 1, onde a *Dicksonia sellowiana* não se estabeleceu tão bem.

A espécie *Ilex paraguariensis* (erva-mate) se mostrou em bons lugares também em relação aos valores de importância, tendo um aclave com o passar dos anos, a densidade de indivíduos seguiu o mesmo padrão. Vale ressaltar a importância da erva-mate na economia da região, onde suas folhas são de grande valia.

*Araucaria angustifolia* não atingiu grandes valores de importância, porém mostrou um aumento com o passar dos anos, explicado provavelmente por ser uma espécie secundária longeva, (Imaguire, 1979), e com o passar do tempo realizará sua estabilidade em questão de valor de importância na área, principalmente em relação a incremento de área basal, variável muito importante pois a qualidade da madeira da espécie apresenta boas características físico-mecânicas (Melo et al., 2010).

Rode et al., (2010) realizaram um estudo da estrutura horizontal da comunidade arbórea sob um povoamento de Araucárias na Flona de Irati no estado do Paraná, sem intervenção a mais de 25 anos. Muitas espécies divergem das encontradas na área deste estudo, porém espécies importantes como *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* apresentaram valor de importância de 8,28% e 4,56% respectivamente, com valores de dominância relativa de 4,13 e 1,88% e número de indivíduos maiores. Mostrando assim a tendencia dessas duas espécies a se estabelecer na área como espécies clímax com o passar do tempo.

No estudo de Martins et al. (2010), feito no mesmo município que o presente estudo, obtiveram valores interessantes e similaridade nas espécies presentes. Tiveram valores de

importância para *Dicksonia sellowiana* de 25,27%, *Myrceugenia euosma* de 19,81%, *Drimys angustifolia* de 12,45%, *Araucaria angustifolia* de 5,00% e *Ilex paraguariensis* de 4,78%. Tais valores são parecidos com os descritos no presente estudo. Mostrando que essas espécies possuem uma relação realmente boa com o ecossistema local.

Uma semelhança com o trabalho citado e o apresentado, é a apresentação de acentuadas uniformidades geológicas, formando morros e grotas, tais condições são muito bem utilizadas pelo Xaxim (*D. sellowiana*) que se adapta muito bem a locais íngremes e com muita umidade.

## 6.5. Conclusão

As espécies *Drimys angustifolia* e *Myrceugenia euosma* demonstraram altos valores de importância, mostrando uma boa adaptação ao ecossistema estudado obtendo aproximadamente 50% do Valor de Importância nas unidades encontradas na classe 1 de atitude, e também apresentaram valores relativamente altos na classe 2 em todos os anos de medição. A espécie *Dicksonia sellowiana* não ocorreu nas unidades amostrais de classe 1, porém nas classes 2 e 3, teve o maior valor de importância, este que cresceu com o passar dos anos.

As espécies *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* mostraram o valor de importância baixo, porém crescente conforme os anos, demonstrado a tendência da floresta à estabilidade com a perpetuação de espécies clímax.

A área basal e o diâmetro médio foram menores na classe 1, e obtiveram os maiores valores na classe 3. O número de indivíduos foi maior na classe 1 e menor na classe 3.

## 7. CAPÍTULO II

### DINÂMICA E PROGNOSE DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA EM DIFERENTES GRADIENTES DE ALTITUDE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALTO-MONTANA

#### RESUMO

O segundo capítulo da dissertação focou na análise da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica da Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, considerando diferentes gradientes de altitude e os períodos de medição de 2012 a 2017 e de 2017 a 2022. O estudo busca compreender as taxas de crescimento, ingresso e mortalidade das espécies, além de classificar as árvores em grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax). Com isso, avaliou-se as tendências de sucessão ecológica e prever a distribuição diamétrica futura da floresta. Na metodologia incluiu a análise de inventários periódicos realizados nos anos mencionados, mensurando todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm. Foram identificadas as espécies ingressas em cada período e as árvores que morreram, permitindo o cálculo das taxas de mortalidade e recrutamento. Além disso, foram aplicadas fórmulas algébricas para estimar as taxas de ganho e perda de área basal. Os resultados indicaram variações significativas na dinâmica florestal entre os diferentes gradientes de altitude. A taxa de ingresso variou conforme o gradiente, sendo maior nas áreas de menor altitude. A mortalidade também apresentou padrões distintos, influenciados por fatores ambientais como disponibilidade de luz e competição por recursos. Observou-se uma tendência de estabilidade na estrutura florestal, com espécies clímax, como *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis*, ganhando maior representatividade ao longo dos anos. Já a espécie *Dicksonia sellowiana*, predominante nas classes de menor altitude, demonstrou um crescimento contínuo, indicando sua resiliência e importância na composição da floresta. Por fim, a aplicação da matriz de transição para prognosticar a distribuição diamétrica futura, não demonstrou efetividade para a área total e classe de altitude 1, reforçou a tendência de manutenção da estrutura florestal, com um equilíbrio progressivo entre os processos de ingresso e mortalidade. Esses dados destacam a importância do monitoramento contínuo para compreender a sucessão ecológica e fornecer subsídios para a conservação e manejo sustentável da Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana.

Palavras chaves: Ingresso; Mortalidade; Cadeia de Markov.

## ABSTRACT

The second chapter of the dissertation focuses on analyzing the dynamics and prognosis of the diameter structure of the High-Montane Mixed Ombrophilous Forest, considering different altitude gradients and measurement periods from 2012 to 2017 and from 2017 to 2022. The study aims to understand species' growth, recruitment, and mortality rates, as well as classify trees into ecological groups (pioneer, secondary, and climax species). This analysis seeks to evaluate ecological succession trends and predict the forest's future diameter distribution. The methodology included analyzing periodic inventories conducted in the mentioned years, measuring all trees with a diameter at breast height (DBH) greater than or equal to 5 cm. The species recruited in each period and the trees that died were identified, allowing for the calculation of mortality and recruitment rates. Additionally, algebraic formulas were applied to estimate basal area gain and loss rates. The results indicated significant variations in forest dynamics across different altitude gradients. Recruitment rates varied by gradient, being higher in lower-altitude areas. Mortality also showed distinct patterns, influenced by environmental factors such as light availability and competition for resources. A trend toward stability in forest structure was observed, with climax species such as *Araucaria angustifolia* and *Ilex paraguariensis* gaining greater representation over the years. Meanwhile, *Dicksonia sellowiana*, predominant in lower-altitude classes, demonstrated continuous growth, indicating its resilience and importance in forest composition. Finally, the application of the transition matrix to predict future diameter distribution did not prove effective for the total area and high-altitude class but reinforced the trend of maintaining forest structure, with a progressive balance between recruitment and mortality processes. These findings highlight the importance of continuous monitoring to understand ecological succession and provide insights for the conservation and sustainable management of the High-Montane Mixed Ombrophilous Forest.

Keywords: Recruitment; Mortality; Markov Chain.

### 7.1. Introdução

Os estudos que envolvem dinâmica florestal são baseados no crescimento, ingresso e mortalidade, estes parâmetros estão entre os poucos que podem ser utilizados com o intuito de prever o desenvolvimento de uma floresta natural (Ferreira, 1997). As estimativas destes

parâmetros são obtidas prioritariamente fazendo inventários florestais contínuos, monitorando parcelas permanentes, com o intuito de entender os processos que ocorrem a nível de espécies para a floresta (Figueiredo Filho et al, 2010).

O ingresso é atribuído às árvores que atingem um diâmetro mínimo de inclusão dentro de um prazo determinado que pode ser variável dependendo dos processos de mortalidade e crescimento de outras árvores (Lexero e Eid, 2005; Vanclay, 1994; Cubas et al. 2016). A mortalidade é o número de árvores que morreram durante o período de crescimento estipulado e o crescimento é o aumento das dimensões dos indivíduos em uma floresta neste período (Cubas et al., 2016).

A dinâmica florestal ocorre em diferentes intensidades, e com muita variação dependendo do fragmento florestal estudado. Esta variação se deve a diferentes fatores bióticos e abióticos que ocorrem no meio, e resultam em diferentes condições de crescimento, mortalidade e ingresso (Sanquetta et al. 2003; Schaaf et al. 2005; Moscovich, 2006; Figueiredo Filho et al. 2010 e Figueiredo Filho et al. 2016).

A Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela presença da espécie *Araucaria angustifolia* que em associação à outras espécies desta fitofisionomia, formam um mosaico. No dossel da floresta encontram-se as copas das Araucárias em formato de cálice, representando as espécies clímax da região, compondo as últimas etapas do desenvolvimento de sucessão ecológica. As espécies clímax apresentam longevidade, e são adaptadas a ambientes estáveis, crescem e se reproduzem de maneira mais lenta comparadas a espécies pioneiras ou secundárias. São muito eficientes em captar recursos, como água, luz e nutrientes. São altamente competitivas, e regularmente superam outras espécies em ambientes onde os recursos estão em equilíbrio. Vale ressaltar que cada espécie tem a sua atuação fisiológica diferente, e apresentam diferentes maneiras de crescimento (Venturin, & Nogueira. 2001).

As espécies secundárias são aquelas que dominam os estágios intermediários da sucessão ecológica, entre as espécies clímax, e espécies pioneiras, e apresentam características que as tornam adaptadas a ambientes parcialmente estáveis, apresentam crescimento rápido, são razoavelmente capazes de competir por recursos, porém são superadas pelas espécies clímax em estágios mais avançados. Elas têm uma longevidade moderada e podem germinar na sombra ou na luz, e contribuem para a transição entre as comunidades pioneiras e clímax. (Kageyama & Castro 1989).

As espécies pioneiras são as primeiras a colonizar o ambiente, possuem características adaptativas que lhes permitem sobreviver em diversas condições e assim iniciar o processo de

sucessão ecológica, são detentoras de um rápido crescimento, possuem alta taxa de reprodução, ciclo de vida curto, e exigem poucos nutrientes do solo (Pinheiro & Carmo 1993).

Tendo em vista os processos de dinâmica em uma floresta, é possível tentar prever o comportamento desta no futuro. Para uma floresta inequiânea, esse processo é limitado a algumas variáveis, devido à grande variação de idade e espécies. Uma variável que pode ser usada para realizar a prognose é o diâmetro dividido em classes dentro de uma distribuição de frequências. Desta forma com medições periódicas, é possível tentar prever como a estrutura da floresta muda ao longo do tempo. Os modelos de distribuição diamétrica utilizando a cadeia de Markov mostram bons resultados para florestas nativas, como pode-se observar em trabalhos de Stepka et al., 2010, Ebling et al., 2012, Dalla Lana et al., 2015, Colpini et al., 2017 e Soares et al., 2022).

O segundo capítulo terá como objetivo estudar o ingresso e mortalidade da floresta, avaliar os grupos ecológicos das espécies, em clímax, secundárias e pioneiras, assim como elaborar a prognose da estrutura diamétrica pela matriz de transição.

## **7.2. Metodologia**

Foi efetuada a classificação das espécies encontradas nas unidades amostrais referente aos seus grupos sucessionais, sendo elas separadas em três grupos: Espécies pioneiras, que se estabelecem em áreas abertas, mostrando tolerância à plena luz, e colonizam rapidamente a área. Espécies secundárias: se estabelecem em áreas parcialmente colonizadas com necessidades de luz e sombra moderadas, e espécies climáceas, que se estabelecem em estágios mais avançados da sucessão.

Com os dados obtidos no inventário periódico dos anos de 2012, 2017 e 2022, foi feita uma tabela com dados preliminares o monitoramento das espécies ingressas em 2017 e 2022 com mais de 5 cm de diâmetro a altura do peito, assim com as árvores que morreram. A classificação foi feita de acordo com Carvalho (2008) e em dados de literatura ecológica sobre as espécies em lugares próximos a região, como Santos et al. (2021), Gomes (2016), Loregian et al. (2012), Biolchi (2023).

A mortalidade e ingresso nos diferentes gradientes de altitude foi analisada e quantificada pela taxa de ingresso, mortalidade e área basal entre os períodos de medição de acordo com a classe de altitude de cada parcela, foi considerada uma planta ingressa aquela que

apresentou  $DAP \geq 5$  cm em cada intervalo de medição, já a mortalidade foi calculada pela proporção de árvores mortas em relação ao número de vivas no período anterior.

Foram calculadas as taxas de mortalidade e recrutamento, as taxas de ganho e perda de área basal baseando-se no número de indivíduos por meio dos modelos algébricos (Lieberman et al., 1985; Primack et al., 1985; Sheil e May, 1996), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Fórmulas utilizadas para análise da dinâmica florestal.

Estimador	Fórmula
Taxa de mortalidade anual (M)	$M = \left(1 - \left(\frac{(No - m)}{No}\right)\right) \frac{1}{t} * 100$
Taxa de recrutamento anual (R)	$R = \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{r}{Nt}\right)}{t}\right) * 100$
Taxa de perda em área basal (P)	$P = \left(1 - \left(\frac{Go - (Gm + Gd)}{Go}\right)\right) \frac{1}{t} * 100$
Taxa de ganho em área basal (G)	$G = \left(1 - (1 - (Gr + Gg)Gt)\right) \frac{1}{t} * 100$

Onde M = taxa de mortalidade anual; R = taxa de recrutamento anual; P = taxa de perda em área basal anual; G = taxa de ganho em área basal anual; t = intervalo de tempo entre inventários; No = número inicial de árvores; Nt = número final de árvores depois de t; m = número de árvores mortas; r = número de árvores recrutadas; Go = área basal inicial; Gt = área basal final depois de t; Gm = área basal das árvores mortas; Gd = perda em área basal (redução diamétrica e perda parcial de troncos); Gr = área basal de árvores recrutadas; Gg = ganho em área basal (crescimento das árvores).

Fonte: Autor, 2025.

O uso da matriz de transição na prognose diamétrica de uma floresta é uma técnica eficaz para prever como a estrutura de uma floresta muda ao longo do tempo referente ao diâmetro das árvores. Azevedo et al (1995), discutiram que a probabilidade de transição de cada intervalo de medição é obtida, dividindo o número de árvores que morreram, mudaram de classe ou permaneceram na mesma classe pelo número de árvores naquela classe no início do período de crescimento, sendo assim, a distribuição diamétrica a ser projetada do t0 para o t+1 e a situação no t+1 podem ser determinadas pela situação no tempo t e pelo ingresso ocorrido no intervalo de tempo em que o modelo foi usado na sua forma matricial, representando:

$$G = \begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \\ \vdots \\ i_n \\ m_1 \end{matrix} \begin{vmatrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_3 & b_1 & a_n \\ m_1 & m_1 & m_1 & m_1 & m_1 & \dots & m_1 \end{vmatrix}$$

Em que:

G = matriz de probabilidade de transição;

$I_n$  = I-ésima classe de diâmetro;

$a_i$  = Probabilidades de uma árvore viva permanecer na mesma classe diamétrica

$b_i$  = Probabilidade de mudar para a classe diamétrica subsequente

$c_i$  = Probabilidade de mudar duas classes de dimétricas.

$m_i$  = Probabilidade das árvores morrerem no período estudado

A estrutura diamétrica da floresta ao tempo futuro é o resultado da multiplicação da matriz de probabilidade de transição pelo número de árvores do período atual mais o número de árvores ingressas:

$$Y_{t+dt} = G \cdot Y_{it} + I_{it}$$

Em que:

$Y_{t+dt}$  = número de árvores projetadas;

G = probabilidade de transição por classe diamétrica;

$Y_{it}$  = número de árvores por classe de diâmetro no período atual

$I_{it}$  = número de árvores ingressas ou recrutadas

A forma matricial da expressão é:

$$\begin{matrix} Y_{1t+dt} \\ Y_{2t+dt} \\ Y_{3t+dt} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt+dt} \end{matrix} = \begin{matrix} a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ b_2 & a_2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ c_3 & b_3 & a_3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & c_4 & b_4 & a_4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & c_5 & b_5 & a_5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_3 & b_1 & a_n \\ m_1 & m_1 & m_1 & m_1 & m_1 & \dots & m_1 \end{matrix} X \begin{matrix} Y_{1t} \\ Y_{2t} \\ Y_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{nt} \end{matrix} + \begin{matrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_{nt} \end{matrix}$$

A prognose foi realizada em períodos equivalentes de cinco anos, com a primeira medição feita em 2012, a segunda em 2017 e a terceira em 2022. Com as medições realizadas em 2012 e 2017 foi realizada a prognose para o ano de 2022 e com as medições realizadas a campo, o resultado da prognose foi comparado ao resultado observado a campo, e com o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov foi verificado se o modelo é aderente a floresta em questão (Massey Jr, 1951). As projeções foram realizadas para os dados da área total e para cada classe de altitude já detalhada.

### 7.3. Resultados

#### 7.3.1. Ingresso e Mortalidade

No remanescente estudado foram encontradas 33 espécies pertencentes à 16 famílias, a família com maior número de espécies foi Myrtaceae (10), seguida por Lauraceae (4) e Solanaceae (4). Na área total foram amostrados 1412 indivíduos em 6800 m<sup>2</sup>, sendo 2076 indivíduos por hectare em 2012, em 2017 foram amostrados 1526 indivíduos (2244 ind./ha) e em 2022, 1511 indivíduos (2222 ind./ha). Nas 12 unidades amostrais da classe de altitude 3, foram amostrados 429 indivíduos em 2012 (1775 ind./ha), 458 indivíduos em 2017 (1908 ind./ha) e 451 em 2022 (1879 ind./ha). Nas 15 unidades amostrais da classe de altitude 2 foram amostrados 597 indivíduos (1990 ind./ha) em 2012, 636 indivíduos (2120 ind./ha) em 2017 e 647 indivíduos (2156 ind/ha) em 2022. E por último nas sete unidades amostrais da classe de altitude 1 foram amostrados 389 indivíduos (2778 ind./ha) em 2012, 432 indivíduos (3085 ind./ha) em 2017 e 413 indivíduos (2950 ind./ ha) em 2022.

Em relação aos grupos sucessionais, *Dicksonia sellowiana*, *Myrcia tenella* e *Solanum variabile*, que foram classificadas como estágio sucessional indeterminado (Tabela 4). A classificação da *Dicksonia sellowiana* (xaxim) quanto ao seu estágio sucessional não é consensual na literatura científica. Alguns estudos indicam que ela pode estar presente em diferentes estágios sucessionais, desde áreas em regeneração até florestas maduras. O estudo de Schorn & Galvão (2006), menciona a presença de *Dicksonia sellowiana* em diferentes estágios sucessionais, sem classificá-la especificamente como pioneira ou secundária tardia. Dessa forma, a classificação do xaxim em um estágio sucessional específico pode variar conforme o contexto ecológico e as características da floresta em estudo.

Tabela 4. Espécies arbóreas encontradas em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista alto-montana, distribuídas em suas respectivas famílias botânicas e estágios sucessionais

Famílias	Espécies	Estágio Sucessional
Anacardiaceae	<i>Schinus polygamus</i> (Cav.) Cabrera	P
Aquifoliaceae	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	S
	<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	C
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	S
Asteraceae	<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G. Barroso	P
	<i>Vernonanthura bicolor</i> (Spreng.) H. Rob.	P
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	S
Cunoniaceae	<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl ex Ser.	C
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	I
Fabaceae	<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	P
Lauraceae	<i>Cinnamomum amoenum</i> (Nees) Kosterm.	S
	<i>Ocotea porosa</i> (Nees) Barroso	C
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	S
	<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	C
Myrtaceae	<i>Eugenia hiemalis</i> Cambess.	C
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	C
	<i>Myrceugenia euosma</i> (O. Berg) D. Legrand	S
	<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O. Berg	S
	<i>Myrceugenia oxysepala</i> (Burret) D. Legrand	S
	<i>Myrceugenia regnelliana</i> (O. Berg) D. Legrand	C
	<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess	S
	<i>Myrcia palustris</i> DC.	S
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg	I
<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Schott	C	
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br.	C
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	C
Salicaceae	<i>Xylosma tweediana</i> (Clos) Eicher	C
Solanaceae	<i>Solanum compressum</i> L. B. Sm. & Downs	P
	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	P
	<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	P
	<i>Solanum variabile</i> Mart.	I
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	S
Winteraceae	<i>Drimys angustifolia</i> Miers	S

Onde: P = Pioneira, S = Secundária, C = Clímax, I = Indeterminada

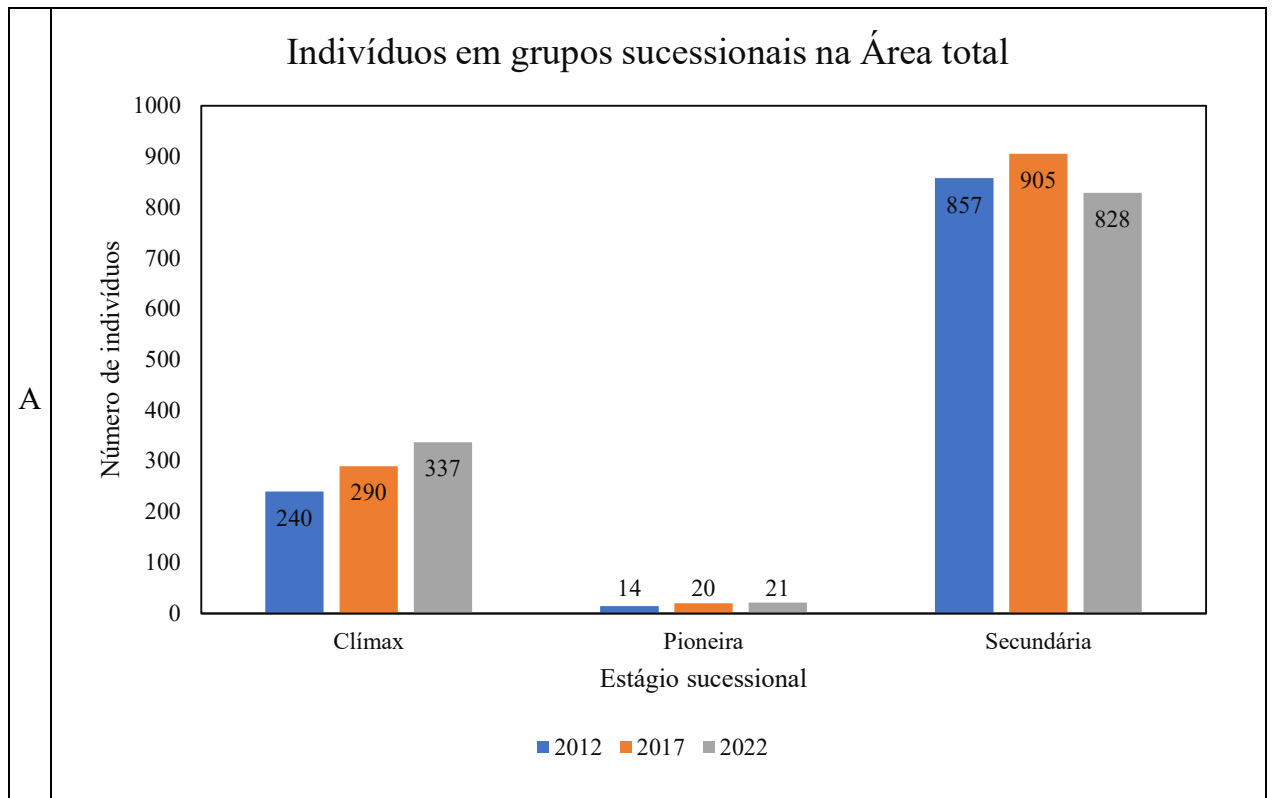
Fonte: Autor, 2025.

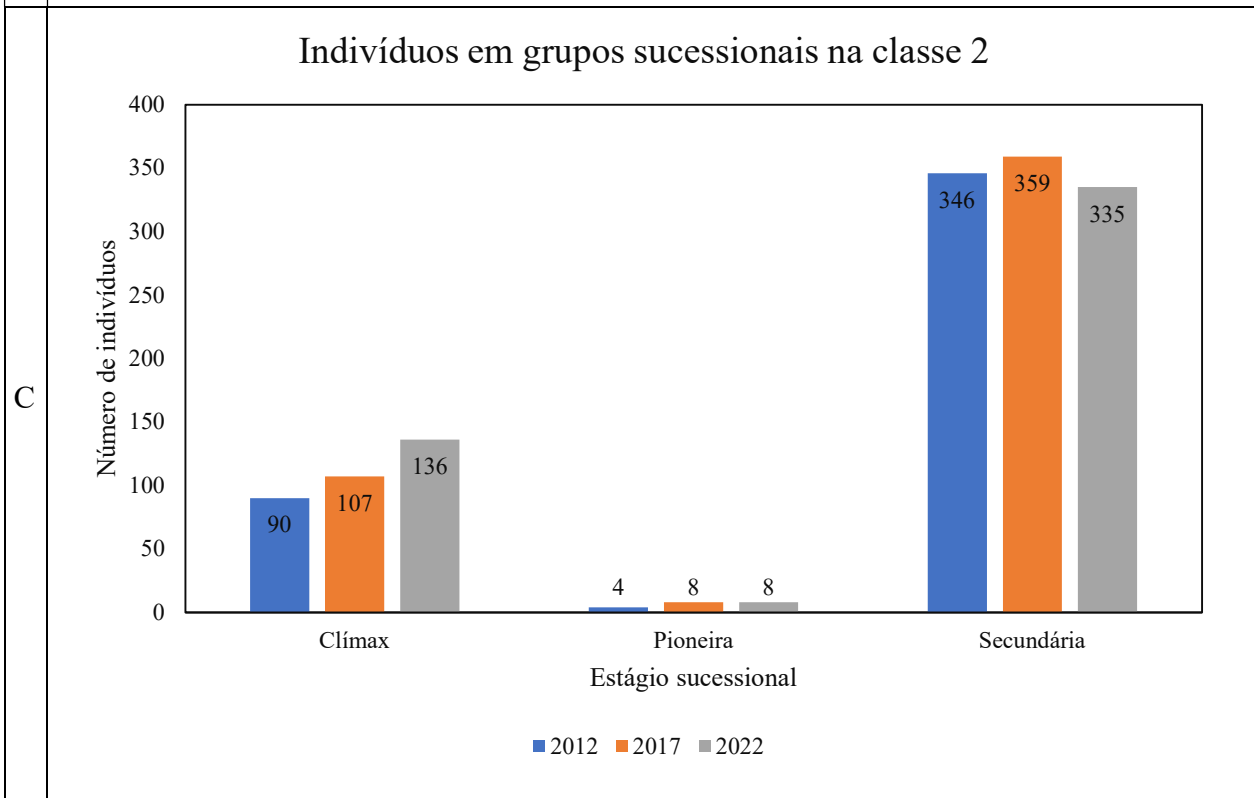
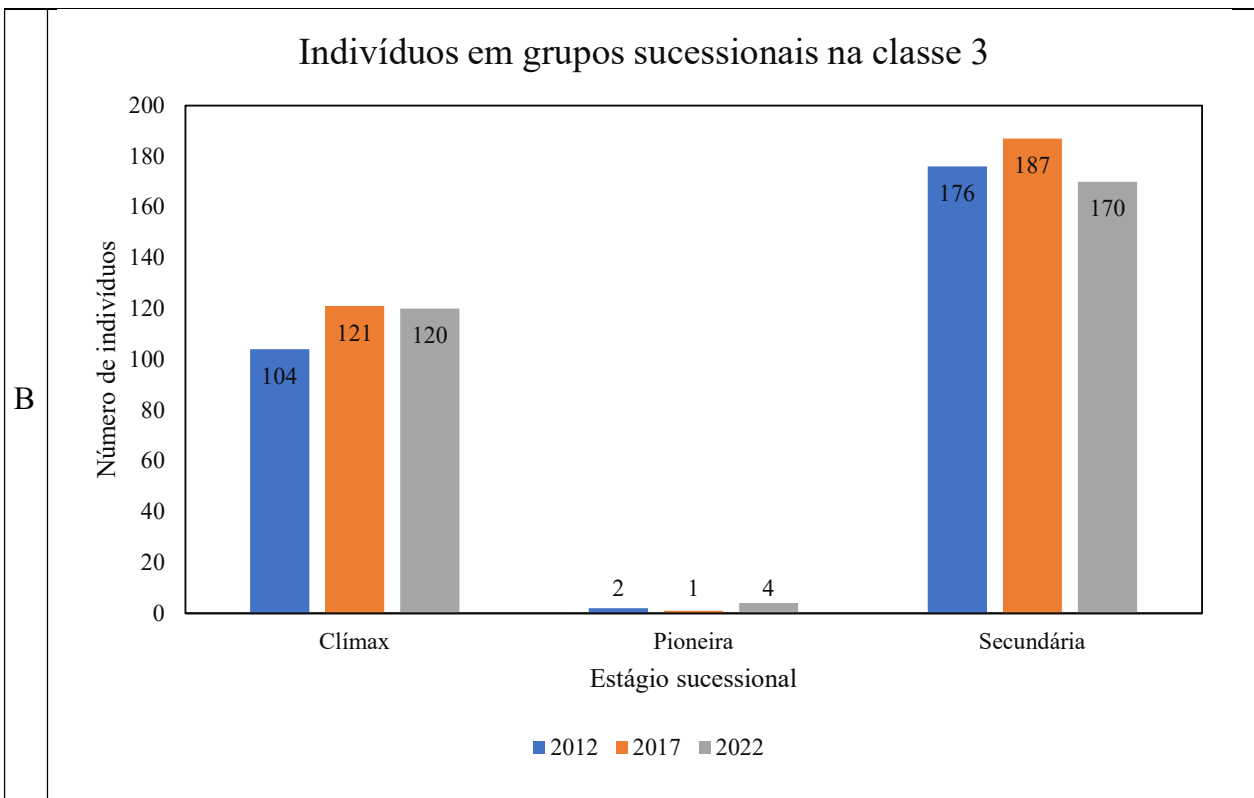
A Figura 14 demonstra os gráficos dos indivíduos na área total e classes de altitude, na área total foram mensurados 14 indivíduos em estágio sucessional pioneiro, 20 em 2017 e 21

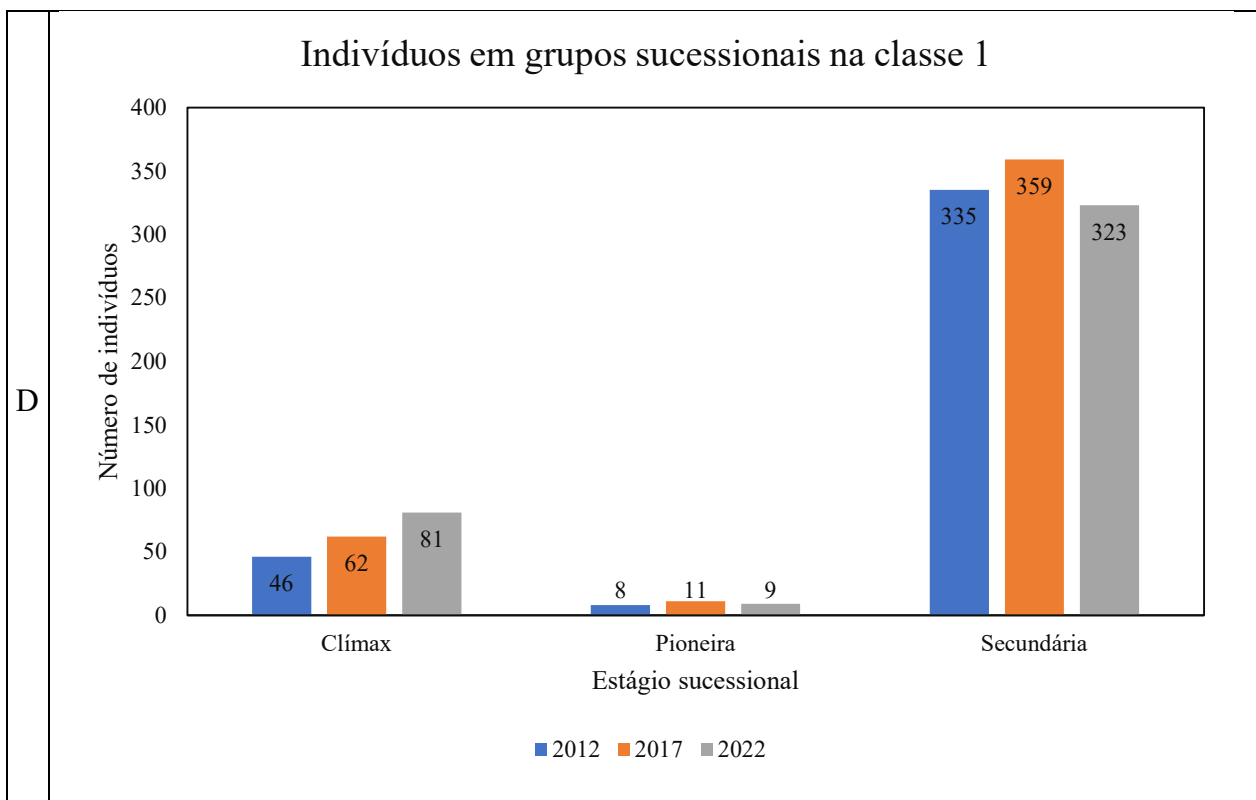
em 2022, estes pertencentes as espécies: *Solanum compressum* L.B. Sm. & Downs, *Solanum mauritianum* Scop. *Solanum pseudoquina* A. St.- Hil. *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera *Baccharis dentata* (Vell.) G. Barroso e *Vernonanthura dicolor* (Spreng.) H.Rob. Os indivíduos pertencentes ao estágio sucessional clímax, eram 240 em 2012, 290 em 2017 e 337 em 2022. E As secundárias eram 857 indivíduos em 2012, e passaram a ser 828 em 2022.

Nas unidades amostrais em classe de altitude 3, seguiu o mesmo âmbito da área total, aumentando a quantidade de indivíduos clímax com o passar dos anos de 104 para 120, secundárias de 176 indivíduos e 170, as espécies pioneiras eram 2 em 2012 e 4 em 2022.

Figura 14. Gráficos do Número de Indivíduos nos respectivos estágios sucessionais nos três anos de medição, na Área total (A), na classe de altitude 3 (B) e na classe de altitude 2 (C) e na classe de altitude 1 (D).







Fonte: Autor, 2025.

Nas unidades amostrais em classe de altitude 1 e 2, continuaram o mesmo aspecto, aumentando a quantidade de indivíduos clímax com o passar dos anos de 90 para 136 na classe 2 e 46 para 81 na classe 1, secundárias de 346 indivíduos e 335 na classe 2 e 335 para 323 na classe 1, as espécies pioneiras foram de quatro para oito na classe 2 e de oito para nove na classe 1.

As análises da mortalidade e ingresso foram feitas por espécie, para a totalidade da floresta e para as classes de altitude, para os períodos 2012-2017 e 2017-2022. Na Tabela 5 estão descritas as taxas de mortalidade e ingresso ocorrentes no período 2012-2017 com o número de árvores mortas e ingressas por hectare, bem como as taxas de mortalidade e ingresso ocorridas neste período e também as taxas anuais médias como pode-se ver nas Tabelas 6 a 12.

Tabela 5. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a área total

Espécies	N/ha 2012	N/ha 2017	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	41,2	47,1	3,34	0,72	0,22	0,04
<i>Baccharis dentata</i>	2,9	2,9	12,94	12,94	1,80	1,80
<i>Cinnamomum amoenum</i>	139,7	136,8	0,43	0,86	0,02	0,04
<i>Clethra scabra Pers.</i>	1,5	2,9	12,94	0,00	23,16	0,00
<i>Dicksonia sellowiana.</i>	430,9	447,1	1,28	0,55	0,05	0,02
<i>Drimys angustifolia</i>	511,8	555,9	2,98	1,36	0,62	0,27
<i>Eugenia hiemalis</i>	61,8	60,3	2,03	2,50	1,02	1,28
<i>Eugenia uniflora</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ilex dumosa</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ilex paraguariensis</i>	133,8	210,3	8,84	0,22	3,72	0,07
<i>Mimosa scabrella</i>	7,4	8,8	3,58	0,00	0,19	0,00
<i>Myrceugenia euosma</i>	425,0	438,2	1,81	1,21	0,24	0,16
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	41,2	42,6	0,70	0,00	0,19	0,00
<i>Myrceugenia oxysepala</i>	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia laruotteana</i>	7,4	4,4	0,00	9,71	0,00	2,95
<i>Myrcia palustris</i>	35,3	42,6	5,38	1,73	2,83	0,81
<i>Myrciaria tenella</i>	1,5	2,9	12,94	0,00	2,40	0,00
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	2,9	2,9	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrsine coriacea.</i>	13,2	14,7	4,36	2,33	0,36	0,18
<i>Ocotea porosa</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	54,4	54,4	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Persea willdenovii</i>	20,6	19,1	0,00	1,47	0,00	0,08
<i>Prunus myrtifolia.</i>	104,4	98,5	0,60	1,75	0,10	0,31
<i>Schinus polygamus</i>	2,9	2,9	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Solanum compressum</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Solanum mauritianum</i>	1,5	4,4	7,79	100,00	3,72	3,72
<i>Solanum pseudoquina</i>	5,9	5,9	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Solanum variable</i>	10,3	7,4	4,36	10,59	2,45	7,35
<i>Styrax leprosus</i>	1,5	2,9	12,94	0,00	16,01	0,00
<i>Vernonanthura bicolor</i>	0,0	2,9	100,00	0,00	0,00	0,00
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	16,2	16,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Xylosma tweediana</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 6. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a área total

Espécies	N/ha 2017	N/ha 2022	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	47,1	50,0	2,47	1,28	0,15	0,07
<i>Baccharis dentata</i>	2,9	10,3	32,24	12,94	6,78	1,13
<i>Cinnamomum amoenum</i>	136,8	119,1	0,00	2,73	0,00	0,11
<i>Clethra scabra Pers.</i>	2,9	2,9	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dicksonia sellowiana.</i>	447,1	476,5	1,92	0,67	0,07	0,02
<i>Drimys angustifolia</i>	555,9	494,1	0,66	2,98	0,11	0,54
<i>Eugenia hiemalis</i>	60,3	55,9	1,08	2,57	0,54	1,35
<i>Eugenia uniflora</i>	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ilex dumosa</i>	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ilex paraguariensis</i>	210,3	291,2	6,83	0,57	2,52	0,17
<i>Mimosa scabrella</i>	8,8	5,9	0,00	7,79	0,00	0,29
<i>Myrceugenia euosma</i>	438,2	413,2	1,39	2,54	0,17	0,33
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	42,6	39,7	0,75	2,16	0,18	0,53
<i>Myrceugenia oxypala</i>	1,5	2,9	0,00	100,00	0,00	18,66
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia laruotteana</i>	4,4	2,9	0,00	7,79	0,00	2,20
<i>Myrcia palustris</i>	42,6	38,2	2,42	5,38	1,11	2,59
<i>Myrciaria tenella</i>	2,9	0,0	0,00	100,00	0,00	3,55
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	2,9	2,9	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrsine coriacea.</i>	14,7	13,2	2,33	6,89	0,16	0,47
<i>Ocotea porosa</i>	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	54,4	48,5	0,00	1,68	0,00	0,15
<i>Persea willdenovii</i>	19,1	16,2	0,00	3,29	0,00	0,15
<i>Prunus myrtifolia.</i>	98,5	95,6	0,62	1,22	0,10	0,21
<i>Schinus polygamus</i>	2,9	1,5	0,00	12,94	0,00	4,21
<i>Solanum compressum</i>	1,5	0,0	0,00	100,00	0,00	20,00
<i>Solanum mauritianum</i>	4,4	2,9	0,00	7,79	0,00	5,16
<i>Solanum pseudoquina</i>	5,9	4,4	100,00	100,00	6,39	8,52
<i>Solanum variable</i>	7,4	1,5	0,00	27,52	0,00	10,43
<i>Styrax leprosus</i>	2,9	4,4	7,79	0,00	6,37	0,00
<i>Vernonanthura bicolor</i>	2,9	5,9	12,94	0,00	3,26	0,00
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	16,2	14,7	0,00	1,89	0,00	0,05
<i>Xylosma tweediana</i>	0,0	1,5	100,00	0,00	0,00	0,00

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 7. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 3.

Espécies	N/ha 2012	N/ha 2017	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	12,5	16,7	5,59	0,00	0,26	0,00
<i>Baccharis dentata</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,14
<i>Cinnamomum amoenum</i>	95,8	95,8	0,89	0,89	0,02	0,00
<i>Clethra scabra</i>	0,0	4,2	100,00	0,00	0,05	0,00
<i>Dicksonia sellowiana</i>	570,8	591,7	1,30	0,59	0,04	0,08
<i>Drimys angustifolia</i>	208,3	245,8	4,86	1,65	0,67	0,20
<i>Eugenia hiemalis</i> .	75,0	79,2	2,20	0,00	1,11	0,00
<i>Ilex paraguariensis</i>	183,3	245,8	6,13	0,46	2,14	0,72
<i>Mimosa scabrella</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrceugenia euosma</i>	275,0	262,5	0,97	1,89	0,09	0,09
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	8,3	8,3	0,00	0,00	0,00	6,92
<i>Myrceugenia oxysepala</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	0,0	4,2	100,00	0,00	0,05	0,00
<i>Myrcia laruotteana</i>	8,3	8,3	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia palustris</i>	70,8	83,3	4,36	1,21	1,98	1,43
<i>Myrciaria tenella</i>	4,2	8,3	12,94	0,00	2,40	0,00
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	8,3	8,3	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrsine coriaceae</i>	20,8	25,0	7,79	4,36	0,47	0,21
<i>Ocotea pulchella</i>	50,0	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Persea willdenovii</i>	25,0	25,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Prunus myrtifolia</i> .	108,3	104,2	0,81	1,59	0,12	0,00
<i>Solanum mauritianum</i>	4,2	0,0	0,00	100,00	0,00	0,00
<i>Solanum variabile</i> .	25,0	20,8	4,36	7,79	3,08	0,00
<i>Styrax leprosus</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,05
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	12,5	12,5	0,00	0,00	0,00	0,00

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025

As espécies *Eugenia uniflora* L. *Ilex dumosa* Reissek, *Myrceugenia regnelliana* (O.Berg) D.Legrand & Kausel, *Ocotea porosa* (Nees) Barroso, *Solanum compressum* L.B. Sm. & Downs, *Vernonanthura bicolor* (Spreng.) H.Rob, não existiam no remanescente no ano de 2012, e apareceram no ano de 2017, apresentando então uma taxa de ingresso de 100% e 0% de mortalidade até 2022.

Tabela 8. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 3.

Espécies	N/ha 2017	N/ha 2022	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	16,7	16,7	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Baccharis dentata</i>	0,0	12,5	100,00	0,00	0,14	0,00
<i>Cinnamomum amoenum</i>	95,8	91,7	0,00	0,89	0,00	0,02
<i>Clethra scabra</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Dicksonia sellowiana</i>	591,7	650,0	2,42	0,57	0,08	0,02
<i>Drimys angustifolia</i>	245,8	229,2	1,50	2,87	0,20	0,39
<i>Eugenia hiemalis</i>	79,2	70,8	0,00	3,38	0,00	1,61
<i>Ilex paraguariensis</i>	245,8	266,7	2,64	1,04	0,72	0,27
<i>Mimosa scabrella</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrceugenia euosma</i>	262,5	216,7	1,18	4,90	0,09	0,44
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	8,3	12,5	7,79	0,00	6,92	0,00
<i>Myrceugenia oxysepala</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	4,2	4,2	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrcia laruotteana</i>	8,3	4,2	0,00	12,94	0,00	2,54
<i>Myrcia palustris</i>	83,3	75,0	3,58	5,59	1,43	2,38
<i>Myrciaria tenella</i>	8,3	0,0	0,00	100,00	0,00	3,55
<i>Myrrhinium atropurpureum</i>	8,3	8,3	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Myrsine coriaceae</i>	25,0	29,2	3,04	0,00	0,21	0,00
<i>Ocotea pulchella</i>	50,0	50,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Persea willdenovii</i>	25,0	20,8	0,00	3,58	0,00	0,18
<i>Prunus myrtifolia</i>	104,2	91,7	0,00	2,52	0,00	0,36
<i>Solanum mauritianum</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Solanum variabile</i>	20,8	4,2	0,00	27,52	0,00	10,43
<i>Styrax leprosus</i>	0,0	4,2	100,00	0,00	0,05	0,00
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	12,5	8,3	0,00	7,79	0,00	0,19

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

*Baccharis dentata* (Vell.) G. Barroso teve a mesma taxa de ingresso e mortalidade entre 2012 e 2017 (12,94%), porém apresentou 32,24% de ingresso em 2022.

As espécies mais abundantes foram *Drimys angustifolia* Miers que apresentou uma taxa de ingresso de 2,98%, mortalidade 1,36%, ganho basal 0,62% e perda basal 0,27%. *Dicksonia sellowiana* Hook. Apresentou a taxa de ingresso de 1,28%, mortalidade de 1,36%, taxa de ganho basal de 0,32% e taxa de perda basal de 0,27%. *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand com 1,81% de ingresso, 1,21% de mortalidade, 0,24% de ganho basal e 0,16% de perda basal, no período de 2012 a 2017. As três espécies apresentaram maiores taxa de ingresso

do que mortalidade e maiores taxa de ganho basal do que perda, o que se repetiu para o período de 2017 a 2022.

A espécie de interesse *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze apresentou as taxas de ganho e ingresso maiores que de perda e mortalidade, assim como a espécie *Ilex paraguariensis*, nos dois períodos de medição.

Nas Tabelas 7 e 8, são apresentadas as informações de taxa de ingresso, mortalidade, ganho e perda de área basal para a classe de altitude 3 nos períodos de 2012 a 2017 e 2017 a 2022. As espécies *Clethra scabra* Pers. e *Myrceugenia regnelliana* (O.Berg) D.Legrand & Kausel, não existiam nas parcelas de classe de altitude baixa no ano de 2012, e apareceram no ano de 2017, apresentando então uma taxa de ingresso de 100% e 0% de mortalidade até 2022. E no período de 2017 a 2022 espécie *Myrciaria tenella* (DC.) O. Berg também sumiu nas unidades amostrais de classe de altitude 3.

As espécies mais abundantes foram *Dicksonia sellowiana* Hook que apresentou a taxa de ingresso de 1,30%, mortalidade de 0,59%, taxa de ganho basal de 0,04% e taxa de perda basal de 0,08%. *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand com 0,97% de ingresso, 1,89% de mortalidade, 0,09% de ganho basal e 0,09% de perda basal, no período de 2012 a 2017. *Drimys angustifolia* Miers que apresentou uma taxa de ingresso de 4,86%, mortalidade 1,65%, ganho basal 0,67% e perda basal 0,20%. As três espécies apresentaram maiores taxa de ingresso do que mortalidade e maiores taxa de ganho basal do que perda, o que se repetiu para o período de 2017 a 2022.

A espécie de interesse *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze apresentou as taxas de ganho e ingresso maiores que de perda e de mortalidade, seguindo o padrão da área total. A espécie *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., apresentou taxa de ingresso maior que de mortalidade para os períodos de medição.

Nas Tabelas 9 e 10, são apresentadas as informações de taxa de ingresso, mortalidade, ganho e perda de área basal para a classe de altitude 2 para os períodos de 2012 a 2017 e 2017 a 2022. *Ocotea porosa* (Nees) Barroso *Vernonanthura dicolor* (Spreng.) H.Rob., não existiam nas parcelas de classe média de altitude no ano de 2012, e apareceram no ano de 2017, apresentando então uma taxa de ingresso de 100% e 0% de mortalidade. E no período de 2017 a 2022 as espécies *Baccharis dentata* (Vell.) G. Barroso e *Myrceugenia oxysepala* (Burret) D.Legrand & Kausel também surgiram nas parcelas de classe de altitude 2.

Tabela 9. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 2.

Espécies	N/ha 2012	N/ha 2017	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	40,0	43,3	3,29	1,73	0,2268	0,1134
<i>Baccharis dentata</i>	6,7	3,3	0,00	12,94	0,0000	1,7963
<i>Cinnamomum amoenum</i>	176,7	170,0	0,40	1,16	0,0183	0,0548
<i>Clethra scabra</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Dicksonia sellowiana</i>	520,0	540,0	1,27	0,52	0,0513	0,0205
<i>Drimys angustifolia</i>	506,7	510,0	2,18	2,06	0,3684	0,3454
<i>Eugenia hiemalis</i>	50,0	43,3	0,00	2,82	0,0000	1,3108
<i>Ilex paraguariensis</i>	93,3	163,3	10,59	0,00	4,8113	0,0000
<i>Mimosa scabrella</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Myrceugenia euosma</i>	286,7	333,3	3,43	0,47	0,5024	0,0628
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	50,0	53,3	1,28	0,00	0,3314	0,0000
<i>Myrceugenia oxypala</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Myrcia laruotteana</i>	10,0	3,3	0,00	19,73	0,0000	6,9189
<i>Myrcia palustris</i>	23,3	20,0	0,00	3,04	0,0000	2,2092
<i>Myrsine coriacea</i>	10,0	10,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Ocotea porosa</i>	0,0	3,3	100,00	0,00	0,0460	0,0000
<i>Ocotea pulchella</i>	53,3	53,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Persea willdenovii</i>	26,7	23,3	0,00	2,64	0,0000	0,1294
<i>Prunus myrtifolia</i>	93,3	86,7	0,78	2,24	0,1481	0,4443
<i>Schinus polygamus</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Solanum mauritianum</i>	0,0	10,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Solanum pseudoquina</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Solanum variabile</i>	3,3	0,0	0,00	100,00	0,0000	11,943
<i>Styrax leprosus</i>	3,3	6,7	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Vernonanthura bicolor</i>	0,0	6,7	100,00	0,00	0,0920	0,0000
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	26,7	26,7	2,64	0,00	0,0807	0,0000

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 10. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 2.

Espécies	N/ha 2017	N/ha 2022	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Araucaria angustifolia</i>	43,3	53,3	5,59	1,59	0,3578	0,0895
<i>Baccharis dentata</i>	3,3	3,3	100,00	100,00	1,1899	1,1899
<i>Cinnamomum amoenum</i>	170,0	143,3	0,00	3,35	0,0000	0,1409
<i>Clethra scabra</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Dicksonia sellowiana</i>	540,0	560,0	1,47	0,75	0,0563	0,0282
<i>Drimys angustifolia</i>	510,0	426,7	0,31	3,81	0,0425	0,5738
<i>Eugenia hiemalis</i>	43,3	43,3	1,59	1,59	0,8137	0,8137
<i>Ilex paraguariensis</i>	163,3	270,0	9,94	0,41	4,0022	0,1213
<i>Mimosa scabrella</i>	3,3	0,0	0,00	100,00	0,0000	2,1053
<i>Myrceugenia euosma</i>	333,3	363,3	2,92	1,23	0,4039	0,1616
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	53,3	50,0	0,00	1,28	0,0000	0,3270
<i>Myrceugenia oxypala</i>	0,0	3,3	100,00	0,00	0,0460	0,0000
<i>Myrcia laruotteana</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Myrcia palustris</i>	20,0	16,7	0,00	3,58	0,0000	2,2814
<i>Myrsine coriaceae</i>	10,0	3,3	0,00	19,73	0,0000	1,4961
<i>Ocotea porosa</i>	3,3	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Ocotea pulchella</i>	53,3	46,7	0,00	2,64	0,0000	0,2665
<i>Persea willdenovii</i>	23,3	20,0	0,00	3,04	0,0000	0,1332
<i>Prunus myrtifolia</i>	86,7	86,7	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Schinus polygamus</i>	3,3	0,0	0,00	100,00	0,0000	5,9383
<i>Solanum mauritianum</i>	10,0	6,7	0,00	7,79	0,0000	5,1634
<i>Solanum pseudoquina</i>	0,0	3,3	0,00	0,00	0,0000	0,0460
<i>Solanum variabile</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Styrax leprosus</i>	6,7	6,7	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Vernonanthura bicolor</i>	6,7	13,3	12,94	0,00	3,2612	0,0000
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	26,7	26,7	0,00	2,64	0,0000	0,0715

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

As espécies mais abundantes foram *Dicksonia sellowiana* Hook que apresentou a taxa de ingresso de 1,27%, mortalidade de 0,52%, taxa de ganho basal de 0,05% e taxa de perda

basal de 0,02%. *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand com 3,43% de ingresso, 0,47% de mortalidade, 0,50% de ganho basal e 0,06% de perda basal, no período de 2012 a 2017. *Drimys angustifolia* Miers que apresentou uma taxa de ingresso de 2,18%, mortalidade 2,06%, ganho basal 0,36% e perda basal 0,34%. As três espécies apresentaram maiores taxa de ingresso do que mortalidade e maiores taxa de ganho basal do que perda, o que se repetiu para o período de 2017 a 2022, com exceção de *Drimys angustifolia* que teve uma taxa de ingresso de 0,31% e de mortalidade de 3,81%.

A espécie de maior de interesse comercial, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, apresentou as taxas de ganho e ingresso maiores que de perda e de mortalidade, seguindo o padrão da área total e da das parcelas em classe 3. A espécie *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., apresentou taxa de ingresso maior que de mortalidade para os períodos de medição com 10,59% e 0% de mortalidade em 2012 a 2017, e no período de 2017 a 2022 a taxa de ingresso foi de 9,94% e 0,41% de mortalidade.

Nas Tabelas 11 e 12, são apresentadas as informações de taxa de ingresso, mortalidade, ganho e perda de área basal para a classe de altitude 1 para os períodos de 2012 a 2017 e 2017 a 2022. *Baccharis dentata* (Vell.) G. Barroso, *Eugenia uniflora*, *L. Ilex dumosa* Reissek, *Myrcia palustris* DC., *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera, *Solanum compressum* L.B. Sm. & Downs, não existiam nas parcelas de classe alta de altitude no ano de 2012, e apareceram no ano de 2017, apresentando então uma taxa de ingresso de 100% e 0% de mortalidade. E no período de 2017 a 2022 as espécies *Baccharis dentata* (Vell.) G. Barroso e *Myrceugenia oxysepala* (Burret) D.Legrand & Kausel também surgiram nas unidades amostrais de classe de altitude 1.

As espécies mais abundantes foram *Drimys angustifolia* Miers que apresentou uma taxa de ingresso de 3,07%, mortalidade 0,55%, ganho basal 1,06% e perda basal 0,18%. *Myrceugenia euosma* (O. Berg) D. Legrand com 1,06% de ingresso, 1,35% de mortalidade, 0,16% de ganho basal e 0,21% de perda basal, no período de 2012 a 2017. As duas espécies apresentaram maiores taxa de ingresso do que mortalidade e maiores taxa de ganho basal do que perda, o que se repetiu para o período de 2017 a 2022.

Tabela 11. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2012-2017 para a classe de altitude 1.

Espécies	N/ha 2012	N/ha 2017	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Drimys angustifolia</i> <i>Miers</i>	1042,9	1185,7	3,07	0,55	1,0593	0,1765
<i>Myrceugenia</i> <i>euosma</i>	978,6	964,3	1,06	1,35	0,1655	0,2128
<i>Ilex paraguariensis</i> <i>Cinnamomum</i> <i>amoenum</i>	135,7	250,0	11,50	0,00	6,6974	0,0000
<i>Prunus myrtifolia.</i>	135,7	135,7	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i>	121,4	114,3	0,00	1,21	0,0000	0,0460
<i>Myrceugenia</i> <i>myrcioides</i>	92,9	107,1	2,82	0,00	0,2035	0,0000
<i>Eugenia hiemalis</i>	78,6	78,6	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Ocotea pulchella</i>	64,3	64,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Solanum</i> <i>pseudoquina</i>	64,3	64,3	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Mimosa scabrella</i>	28,6	28,6	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Schinus polygamus</i>	21,4	28,6	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Myrsine coriaceae</i>	7,1	7,1	100,00	0,00	15,8453	0,0000
<i>Baccharis dentata</i>	7,1	7,1	0,00	0,00	0,0000	0,0000
<i>Eugenia uniflora L.</i>	0,0	7,1	100,00	0,00	0,0460	0,0000
<i>Ilex dumosa</i>	0,0	7,1	100,00	0,00	0,0460	0,0000
<i>Myrcia palustris</i>	0,0	21,4	100,00	0,00	0,1380	0,0000
<i>Solanum</i> <i>compressum</i>	0,0	7,1	100,00	0,00	0,0460	0,0000
<i>Xylosma tweediana</i>	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0000	0,0000

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze apresentou as taxas de ganho e ingresso maiores que de perda e de mortalidade, seguindo o padrão das outras classes de altitude sendo a quinta espécie mais abundante. A espécie *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., foi a terceira mais abundante e apresentou taxa de ingresso de 11,50% e 0% de mortalidade em 2012 a 2017, e no período de 2017 a 2022 a taxa de ingresso foi de 7,96% e 0,58% de mortalidade.

Tabela 12. Informações de ingresso e mortalidade observadas no período de 2017-2022 para a classe de altitude 1.

Espécies	N/ha 2017	N/ha 2022	Taxa ing % anual	Taxa mort % anual	TG % anual	TP % anual
<i>Drimys angustifolia</i> <i>Miers</i>	1185,7	1092,9	0,66	2,27	0,1632	0,5877
<i>Myrceugenia</i> <i>euosma</i>	964,3	857,1	0,17	2,49	0,0250	0,4000
<i>Ilex paraguariensis</i> <i>Cinnamomum</i> <i>amoenum</i>	250,0	378,6	7,96	0,58	4,5398	0,2522
<i>Prunus myrtifolia.</i> <i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i>	135,7	114,3	0,00	3,38	0,0000	0,2408
<i>Myrceugenia</i> <i>myrcioides</i>	114,3	121,4	2,47	1,28	0,4319	0,2160
<i>Eugenia hiemalis</i> <i>Ocotea pulchella</i>	107,1	100,0	0,00	1,37	0,0000	0,0911
<i>Solanum</i> <i>pseudoquina</i>	78,6	64,3	0,00	3,93	0,0000	0,8128
<i>Mimosa scabrella</i> <i>Schinus polygamus</i>	64,3	57,1	0,00	4,90	0,0000	3,2344
<i>Myrsine coriaceae</i> <i>Baccharis dentata</i>	64,3	50,0	0,00	4,90	0,0000	0,4057
<i>Eugenia uniflora L.</i> <i>Ilex dumosa</i>	28,6	14,3	100,00	100,00	4,2583	8,5166
<i>Myrcia palustris</i> <i>Solanum</i> <i>compressum</i>	28,6	21,4	0,00	5,59	0,0000	0,1727
<i>Xylosma tweediana</i>	7,1	7,1	0,00	0,00	0,0000	0,0000
	7,1	21,4	19,73	0,00	45,1604	0,0000
	7,1	7,1	0,00	0,00	0,0000	0,0000
	7,1	7,1	0,00	0,00	0,0000	0,0000
	21,4	21,4	0,00	0,00	0,0000	0,0000
	7,1	0,0	0,00	100,00	0,0000	20,0018
	0,0	7,1	100,00	0,00	0,0460	0,0000

Onde: TG% = Taxa de ganho de área basal em % anual e TP% = Taxa de perda de área basal em % anual.

Fonte: Autor, 2025.

### 7.3.2. Prognose da estrutura diamétrica

Na Tabela 13 observa-se a matriz de probabilidade de transição construída em função das medições de 2012 e 2017. A diagonal principal da matriz, representa a probabilidade de árvores que estão em uma classe de DAP no período inicial e permaneceu na mesma classe de DAP no período final do período de medição. A diagonal secundária representa a probabilidade das árvores que existiam em uma classe de DAP no período inicial se moverem para a classe seguinte no período final, as mortas representam a probabilidade de árvores que morreram no fim do período de medição.

Para a realização da prognose da estrutura diamétrica multiplicou-se a matriz de probabilidade obtida pelo vetor do número de árvores existentes no ano de 2017. O resultado então foi somado ao número de árvores ingressas por classe de DAP, gerando o valor de indivíduos por hectare estimado para 2022. Com este resultado obtido, foi feito o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov (Tabela 14), e este não se mostrou aderente a distribuição diamétrica observada na medição de 2022 para a área amostrada a 99% de probabilidade para a área total e para a classe de altitude 1 (Tabelas 15 e 16), ou seja, a matriz de transição não se mostrou eficaz. Já para a área de altitude de classe 3 (Tabelas 17 e 18) e 2 (Tabelas 19 e 20) a matriz de transição foi aderente, e conseguiu prognosticar as classes diamétricas a 99% de probabilidade.

Tabela 13. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a área total amostrada

Centro de Classe 2012											
Classe 2017	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5
7,5	0,81	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	0,12	0,80	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0
17,5	0	0,13	0,72	0,07	0	0	0	0	0	0	0
22,5	0	0	0,16	0,73	0,05	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0,14	0,75	0,04	0	0	0	0	0
32,5	0	0	0	0	0,18	0,64	0,07	0	0	0	0
37,5	0	0	0	0	0	0,28	0,72	0	0	0	0
42,5	0	0	0	0	0	0	0,21	0,46	0,17	0	0
47,5	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0,50	0	0
52,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0,75	0
57,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	1,00
<b>Mortas</b>	0,06	0,05	0,09	0,05	0,02	0,04	0	0,15	0	0	0
	Probabilidade da árvore permanecer na mesma classe de DAP;										
	Probabilidade da árvore avançar para a classe de DAP seguinte;										
	Probabilidade da árvore morrer;										
	Probabilidade da árvore retornar uma classe de DAP;										

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 14. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da área total

Classe DAP	N/ha 2022 calc	N/ha 2022 obs	N e	No	(o-e)
7,5	880,2	839,7	880,2	839,7	-40,5
12,5	475,2	410,3	1355,4	1250,0	-105,4
17,5	244,6	258,8	1600,0	1508,8	-91,1
22,5	235,8	226,5	1835,7	1735,3	-100,5
27,5	231,9	257,4	2067,7	1992,6	-75,0
32,5	118,3	113,2	2186,0	2105,9	-80,1
37,5	68,3	61,8	2254,3	2167,6	-86,7
42,5	23,2	25,0	2277,5	2192,6	-84,8
47,5	16,0	14,7	2293,5	2207,4	-86,1
52,5	13,1	8,8	2306,6	2216,2	-90,4
57,5	5,5	4,4	2312,1	2220,6	-91,5
62,5		1,5	2312,1	2222,1	-90,0
<b>Total</b>	<b>2312,1</b>	<b>2222,1</b>			
Dcalc	0,0474				
Dn 99%	0,0346				

Onde: No (Observado) = a fração acumulada dos valores observados. Ne (Esperado) = A função de distribuição acumulada teórica.

Fonte: Autor, 2025

Tabela 15. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 3.

Centro de Classe 2012											
Classe 2017	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5
7,5	0,78	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	0,13	0,87	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
17,5	0	0,08	0,78	0,09	0	0	0	0	0	0	0
22,5	0	0	0,11	0,70	0,04	0	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0,16	0,71	0,00	0	0	0	0	0
32,5	0	0	0	0	0,23	0,59	0,06	0	0	0	0
37,5	0	0	0	0	0	0,32	0,82	0	0	0	0
42,5	0	0	0	0	0	0	0,12	0,29	0,14	0	0
47,5	0	0	0	0	0	0	0	0,57	0,57	0	0
52,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,67	0
57,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	1,00
<b>morta</b>	0,09	0,05	0,11	0,05	0,02	0,09	0	0,14	0	0	0
	Probabilidade da árvore permanecer na mesma classe de DAP;										
	Probabilidade da árvore avançar para a classe de DAP seguinte										
	Probabilidade da árvore morrer										
	Probabilidade da árvore retornar uma classe de DAP										

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 16. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 3 de altitude.

Classe DAP	N/ha 2022 calc	N/ha 2022 obs	N e	No	(o-e)
7,5	534,7	570,8	534,7	570,8	36,1
12,5	351,8	262,5	886,5	833,3	-53,2
17,5	174,2	204,2	1060,7	1037,5	-23,2
22,5	157,4	179,2	1218,1	1216,7	-1,5
27,5	253,8	308,3	1472,0	1525,0	53,0
32,5	167,1	166,7	1639,1	1691,7	52,6
37,5	119,8	100,0	1758,9	1791,7	32,8
42,5	21,0	25,0	1779,9	1816,7	36,8
47,5	31,0	33,3	1810,8	1850,0	39,2
52,5	20,6	16,7	1831,5	1866,7	35,2
57,5	13,9	8,3	1845,3	1875,0	29,7
<b>Total</b>	<b>1845,3</b>	<b>1875,0</b>			
Dcalc	0,0283				
Dn 99%	0,0376				

Onde: No (Observado) = a fração acumulada dos valores observados. Ne (Esperado) = A função de distribuição acumulada teórica.

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 17. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 2.

Centro de Classe 2012										
Classe 2017	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5
7,5	0,81	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0
12,5	0,11	0,73	0,04	0	0	0	0	0	0	0
17,5	0	0,18	0,68	0,08	0	0	0	0	0	0
22,5	0	0	0,19	0,73	0,07	0	0	0	0	0
27,5	0	0	0	0,14	0,77	0,04	0	0	0	0
32,5	0	0	0	0	0,14	0,65	0,10	0	0	0
37,5	0	0	0	0	0	0,31	0,60	0	0	0
42,5	0	0	0	0	0	0	0,30	0,80	0,20	0
47,5	0	0	0	0	0	0	0	0,20	0,40	0
52,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,40	1,00
<b>morta</b>	0,08	0,06	0,09	0,05	0,02	0	0	0	0	0
	Probabilidade de a árvore permanecer na mesma classe de DAP;									
	Probabilidade de a árvore avançar para a classe de DAP seguinte;									
	Probabilidade de a árvore morrer;									
	Probabilidade de a árvore retornar uma classe de DAP.									

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 18. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 2 de altitude

Classe	N/ha 2022 calc	N/ha 2022 obs	N e	No	(o-e)
7,5	683,3	686,7	683,3	686,7	3,4
12,5	395,4	370,0	1078,7	1056,7	-22,0
17,5	308,1	286,7	1386,8	1343,3	-43,5
22,5	332,3	326,7	1719,1	1670,0	-49,1
27,5	266,5	276,7	1985,6	1946,7	-39,0
32,5	108,2	110,0	2093,8	2056,7	-37,2
37,5	58,8	50,0	2152,6	2106,7	-45,9
42,5	37,3	33,3	2189,9	2140,0	-49,9
47,5	9,3	6,7	2199,3	2146,7	-52,6
52,5	14,0	6,7	2213,3	2153,3	-59,9
<b>Total</b>	<b>2213,3</b>	<b>2153,3</b>			
Dcalc	0,0278				
Dn 99%	0,0351				

Onde: No (Observado) = a fração acumulada dos valores observados. Ne (Esperado) = A função de distribuição acumulada teórica.

Fonte: Autor, 2025

Tabela 19. Matriz de Probabilidade de transição com intervalo de 5 anos para a classe de altitude 1.

		Centro de Classe 2012							
Classe 2017		7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5
7,5		0,84	0	0	0	0	0	0	0
12,5		0,14	0,86	0,05	0	0	0	0	0
17,5		0	0,09	0,76	0	0	0	0	0
22,5		0	0	0,14	0,92	0,00	0	0	0
27,5		0	0	0	0,08	0,87	0,20	0	0
32,5		0	0	0	0	0,13	0,80	0	0
37,5		0	0	0	0	0	0,00	0,50	0
42,5		0	0	0	0	0	0	0,50	0,00
<b>morta</b>		0,03	0,04	0,05	0	0	0	0	1,00
		Probabilidade da árvore permanecer na mesma classe de DAP;							
		Probabilidade da árvore avançar para a classe de DAP seguinte							
		Probabilidade da árvore morrer							
		Probabilidade da árvore retornar uma classe de DAP							

Fonte: Autor, 2025

Tabela 20. Quantidade de indivíduos por hectare, e valores estimados para 2022 pelo método da matriz de transição, e cálculos de estatística da classe 1 de altitude

Classe	N/ha 2022 calc	N/ha 2022 obs	N e	No	(o-e)
7,5	1414,2	1628,6	1414,2	1628,6	214,4
12,5	830,7	750,0	2245,0	2378,6	133,6
17,5	190,7	292,9	2435,7	2671,4	235,8
22,5	117,1	92,9	2552,8	2764,3	211,5
27,5	109,8	128,6	2662,6	2892,9	230,3
32,5	48,6	28,6	2711,1	2921,4	210,3
37,5	3,6	21,4	2714,7	2942,9	228,1
42,5	3,6	7,1	2718,3	2950,0	231,7
Total	2718,3	2950,0			
Dcalc	0,0799				
Dn 99%	0,0300				

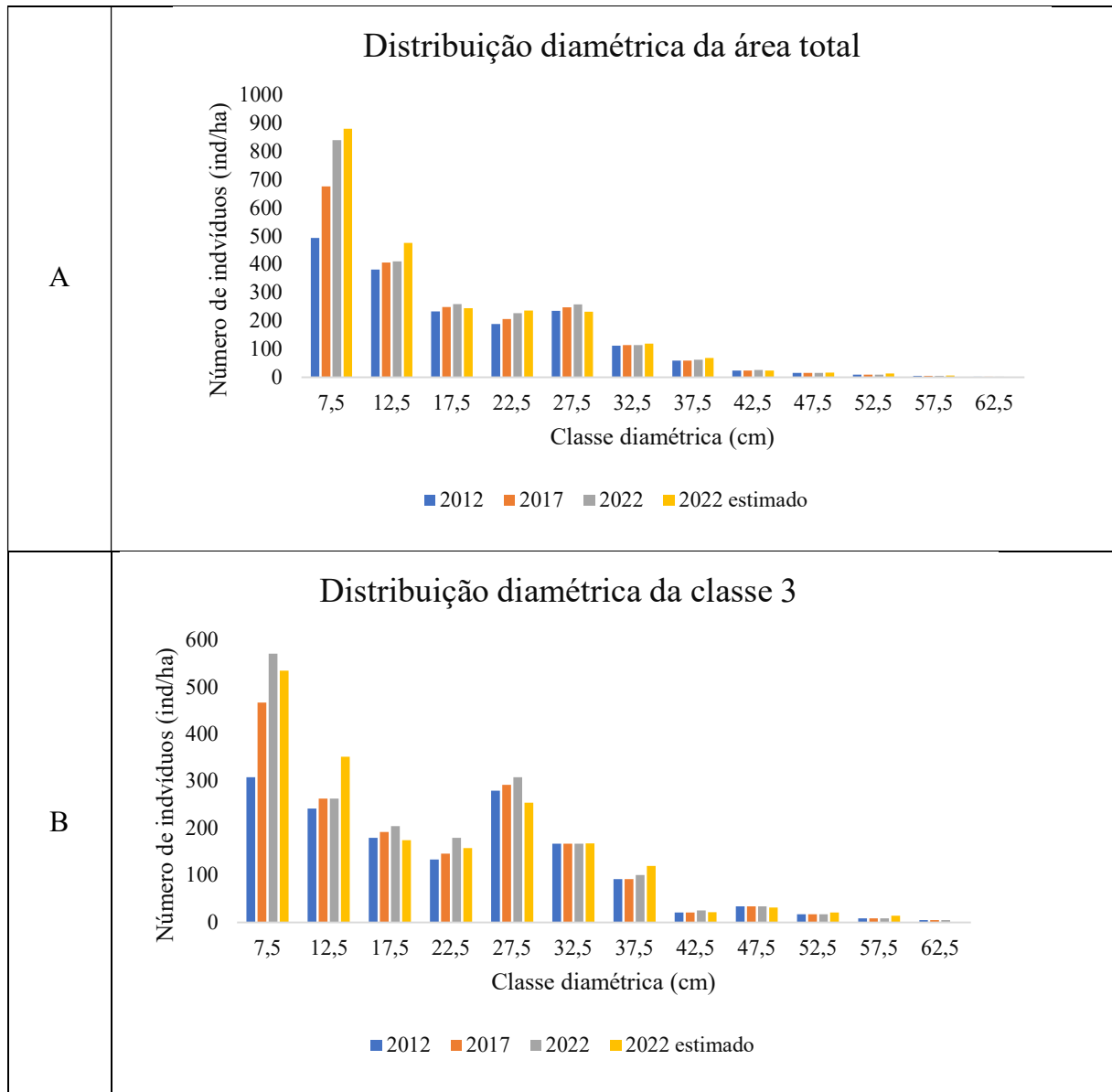
Onde: No (Observado) = a fração acumulada dos valores observados. Ne (Esperado) = A função de distribuição acumulada teórica.

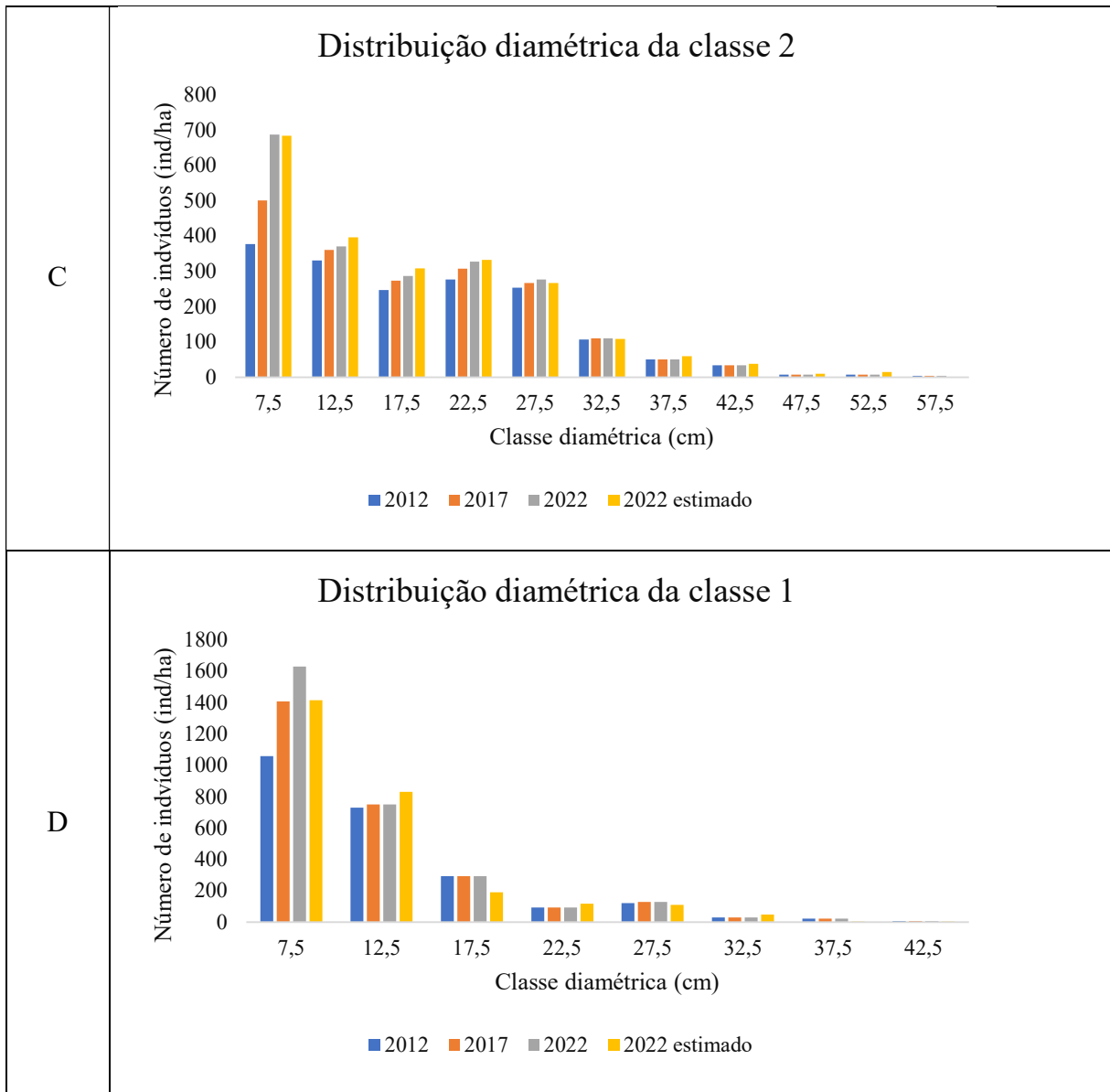
Fonte: Autor, 2025.

Nas Tabelas 14 e 20, o Dcalculado foi maior que o Dn 99%, mostrando que a matriz não foi aderente a 99% de probabilidade. Já nas Tabelas 16 e 18, o Dcalculado foi menor que o Dn 99%, mostrando que a matriz de transição foi aderente nessa classe.

Na Figura 15, são mostrados os gráficos de distribuição diamétrica para a área total, e classes de altitude, nos anos de 2012, 2017, 2022 e em 2022 estimado pela matriz de transição.

Figura 15. Gráficos da distribuição diamétrica nos anos de 2012, 2017, 2022 e 2022 estimado pela matriz de transição, onde: A = Área total; B = Classe de altitude 3; C = Classe de altitude 2; D = Classe de altitude 1.





Fonte: Autor, 2025

#### 7.4. Discussão

O remanescente florestal estudado apresentou uma riqueza de 33 espécies pertencentes a 16 famílias, sendo Myrtaceae a mais representativa (10 espécies), seguida por Lauraceae e Solanaceae (4 espécies cada). Esse padrão é semelhante ao encontrado em outros estudos em Florestas Ombrófilas Mistas, nos quais Myrtaceae costuma ser dominante devido à sua plasticidade ecológica e adaptação a diferentes estágios sucessionais. Estudos como o de Seger et al., 2005; Kozera et al., 2006; Lingner et al., 2007; Higuchi et al., 2012a; Higuchi et al., 2012b; Silva et al., 2012; Cordeiro et al., 2013; Higuchi et al., 2013; Ferreira, et al., 2013; Silva

et al., 2013) identificaram Myrtaceae como uma das famílias mais abundantes em remanescentes do sul do Brasil.

A densidade de indivíduos variou ao longo dos anos, passando de 2076 ind/ha em 2012 para 2244 ind/ha em 2017 e 2222 ind/ha em 2022. Esse crescimento reflete um processo de sucessão ecológica e estabilização da comunidade vegetal. Estudos similares, como o de Gouveia et al. (2011), indicam que o aumento na densidade pode estar associado ao crescimento de espécies secundárias e clímax, indicando maior maturidade florestal.

A divisão por classes altitudinais revelou diferenças na densidade e composição: classe de altitude 3: aumento de indivíduos de 1775 ind/ha em 2012 para 1879 ind/ha em 2022. Classe de altitude 2: crescimento de 1990 ind/ha para 2156 ind/ha no mesmo período. Classe de altitude 1: maior flutuação, indo de 2778 ind/ha em 2012 para 3085 ind/ha em 2017, reduzindo para 2950 ind/ha em 2022.

A alta densidade na classe altitudinal 1 pode estar relacionada a condições edáficas e climáticas, como menor temperatura e maior umidade. Estudos de Scheer, Mocoichinski e Roderjan (2011), e Caglioni et al. (2018), também demonstraram que florestas em maiores altitudes tendem a apresentar maior densidade devido à menor incidência de espécies pioneiras e maior presença de clímax.

A análise dos grupos sucessionais mostrou um aumento de indivíduos clímax de 240 em 2012 para 337 em 2022, e uma leve redução nos secundários (de 857 para 828). Esse padrão também foi observado nas diferentes altitudes: Classe 3: indivíduos clímax passaram de 104 para 120, enquanto secundários diminuíram de 176 para 170. Classe 2: clímax de 90 para 136, secundários de 346 para 335. Classe 1: clímax de 46 para 81, secundários de 335 para 323. A tendência de aumento do grupo clímax sugere um avanço na sucessão ecológica e na estabilidade da floresta. O aumento de espécies clímax em uma floresta é um indicativo de que o ecossistema está avançando em sua sucessão ecológica rumo a um estado de maior estabilidade. As espécies clímax são aquelas que dominam as etapas finais da sucessão ecológica, caracterizando comunidades maduras e estáveis segundo Almeida (2016).

As taxas de mortalidade e ingresso por hectare foram analisadas nos períodos de 2012-2017 e 2017-2022. Esses valores são cruciais para entender a dinâmica florestal e indicam que a comunidade vegetal está passando por uma renovação gradual, sem eventos de mortalidade em massa, e demonstrando uma evolução sucessional. Segundo estudos de Swaine et al. (1987) e Laurance et al. (2006), florestas mais maduras, aparentam uma estabilidade maior nas taxas

de ingresso e mortalidade, o que sugere a floresta da área em estudo esteja ainda entrando nesse processo, de se tornar uma floresta clímax.

Os dados indicam que espécies como *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* apresentaram taxas de ingresso superiores às de mortalidade, o que sugere um balanço positivo para essas espécies. Outras espécies, como *Myrceugenia euosma* e *Dicksonia sellowiana*, também demonstraram padrões semelhantes, contribuindo para o aumento da densidade florestal. Em contrapartida, espécies como *Myrcia laruotteana* e *Solanum variable* registraram taxas de mortalidade superiores às de ingresso, sugerindo possíveis limitações ambientais ou competição ecológica elevada.

No período de 2012 a 2017, observou-se um aumento significativo na taxa de ingresso de espécies como *Baccharis dentata*, *Ilex paraguariensis* e *Dicksonia sellowiana*, indicando um aumento da capacidade regenerativa da floresta. Contudo, algumas espécies, como *Solanum mauritianum* e *Solanum variable*, apresentaram mortalidade elevada, refletindo condições adversas ou ciclo de vida reduzido.

Os dados estratificados por classes de altitude revelam diferenças significativas nas taxas de mortalidade e ingresso. Lieberman et al. (1996) apontaram que variáveis como disponibilidade de água, temperatura e incidência de luz influenciam diretamente a sobrevivência e estabelecimento de espécies arbóreas.

Nas classes de altitude mais baixas (3 e 2), espécies como *Drimys angustifolia* e *Ilex paraguariensis* demonstraram altas taxas de ingresso, enquanto *Solanum variable* e *Myrceugenia euosma* apresentaram altos índices de mortalidade. É possível que fatores como competição por recursos e incidência de patógenos influenciem esses resultados.

Em altitudes mais elevadas (1 e 2), espécies como *Araucaria angustifolia* e *Dicksonia sellowiana* demonstraram balanços positivos, enquanto outras espécies apresentaram maiores taxas de mortalidade, possivelmente devido às condições climáticas mais extremas.

A matriz de transição diamétrica é um método amplamente utilizado para modelar a dinâmica de crescimento de florestas, permitindo prever a distribuição futura das classes diamétricas das árvores. Esse método tem sido estudado por diversos autores, como Usher (1966), Vanclay (1994) e Alder (1995), sendo aplicado em diferentes contextos florestais.

Os resultados indicaram que, para a área total e para a classe de altitude 1, a matriz de transição não foi aderente. Isso sugere que a modelagem por meio da matriz de transição pode ser insuficiente para representar adequadamente a dinâmica diamétrica nessas condições. Trabalhos como o de Stepka, (2008), Teixeira, (2007) e Almeida, (2021), tiveram sucesso na

prognose da distribuição diamétrica pelo método da Cadeia de Markov. Possivelmente devido à complexidade dos fatores ecológicos envolvidos, como competição, mortalidade e recrutamento, conforme discutido por Vanclay (1994). Estudos futuros podem revelar resultados diferentes, conforme a floresta for entrando em estabilidade ecológica.

Por outro lado, nas classes de altitude 2 e 3, a matriz de transição mostrou-se aderente aos dados observados, indicando uma boa capacidade de previsão da distribuição diamétrica. Isso pode estar relacionado a uma menor variabilidade ambiental e a um crescimento mais previsível das árvores nessas áreas, o que é consistente com os achados de Alder (1995) sobre o comportamento das florestas tropicais manejadas.

A matriz de transição é usada para modelar mudanças entre diferentes estados ao longo do tempo. Ela mostra a probabilidade de um sistema passar de um estado para outro em um determinado período. A matriz assume que as probabilidades não mudam com o tempo, no entanto, no mundo real, isso raramente acontece. Se aplicarmos a matriz por muitos anos seguidos, pequenas diferenças podem se amplificar, tornando as previsões menos realistas. No trabalho de Stepka (2008), os dados se mostraram mais constantes, tanto no ingresso, quanto na mortalidade, tornando assim os dados mais aderentes à matriz. Já nos dados coletados neste trabalho, houve uma maior divergência no número de ingresso e mortalidade com o passar dos anos, tornando então a matriz não aderente à área total e na classe de altitude 1.

Também é importante levar em consideração a propriedade de distribuição estacionária de uma cadeia de Markov, esta que representa a proporção de tempo que um sistema passa em cada estado quando o processo atinge um equilíbrio, ou seja, quando as probabilidades deixam de mudar com o tempo, como exemplo o último estágio matriz é a classe de 57,5 cm, nenhum indivíduo passou dessa classe diamétrica, e a matriz não prever a probabilidade de um indivíduo evoluir para uma classe acima.

O uso da matriz de transição é uma ferramenta poderosa na silvicultura, permitindo estimativas da composição futura das florestas e subsidiando decisões de manejo. No entanto, a eficiência do modelo depende de diversos fatores, incluindo a precisão das estimativas de transição, a influência de distúrbios naturais e antrópicos, e a estrutura etária da floresta (Olier & Larson, 1996). Estudos adicionais podem incluir refinamentos na matriz, considerando variáveis como crescimento individual, variabilidade espacial e influência de fatores climáticos.

## 7.5. Conclusão

O estudo demonstrou que a Floresta Ombrófila Mista do remanescente analisado segue um padrão de sucessão ecológica consistente, com o aumento progressivo de espécies clímax e estabilidade da densidade de indivíduos. Comparando com outros estudos, os resultados são coerentes com dinâmicas observadas em regiões similares, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo para avaliar impactos ambientais e flutuações futuras na composição da vegetação.

Referente a dinâmica da floresta, é influenciada por fatores ambientais e estruturais, que determinam o comportamento das espécies ao longo do tempo. Algumas espécies apresentam crescimento sustentável, enquanto outras demonstram vulnerabilidade a condições adversas.

O aumento da taxa de ingresso de algumas espécies pode estar relacionado a mudanças nas condições ambientais, enquanto a mortalidade elevada de outras pode ser atribuída à competição ou à sucessão ecológica da floresta.

A matriz de transição não obteve sucesso para efetuar a prognose da distribuição diamétrica para a área total e classe de altitude 1, porém se mostrou eficaz nas classes de altitude 2 e 3.

Dessa forma, os dados obtidos reforçam a importância de estratégias de conservação e manejo para garantir a manutenção da biodiversidade e da dinâmica ecológica da floresta. As espécies de interesse econômico e ecológico, como *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis*, podem se beneficiar de programas de monitoramento e manejo sustentável, garantindo sua permanência e expansão dentro do ecossistema.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho se mostra de grande relevância ao contribuir para o avanço do conhecimento relacionado ao manejo florestal sustentável, especialmente em um contexto de crescente demanda por práticas que aliem produção e conservação ambiental. O manejo florestal sustentável é fundamental para garantir a manutenção dos recursos naturais a longo prazo, permitindo a utilização racional da biodiversidade florestal sem comprometer sua regeneração e integridade ecológica.

A aplicação da prognose da distribuição diamétrica se destaca como uma ferramenta essencial no planejamento do manejo florestal sustentável, pois permite antecipar o

comportamento futuro das florestas em termos de estrutura e produção. Essa capacidade de previsão fornece subsídios importantes para a tomada de decisões, como o momento ideal para intervenções silviculturais, definição de ciclos de corte e estimativas de volume explorável, garantindo um equilíbrio entre exploração e regeneração.

Estudos futuros poderão aprimorar o presente trabalho ao aplicar a prognose de forma mais direcionada, considerando grupos específicos como espécies de interesse econômico ou famílias botânicas predominantes. Essa abordagem mais refinada permitiria um planejamento mais eficiente e sustentável, adaptado às características ecológicas e ao valor comercial das espécies, ampliando as possibilidades de conservação e uso racional dos recursos florestais.

Por fim, destaca-se a discrepância observada na prognose mesmo em áreas com mudanças sutis de relevo, o que evidencia a complexidade dos fatores ambientais que influenciam o crescimento e a distribuição das espécies, que muitas vezes estão no seu limite de altitude de ocorrência natural, como *Araucaria angustifolia* e *Dicksonia sellowiana*. Tal variação em curto espaço geográfico ressalta a necessidade de considerar as particularidades locais em modelos de prognose, reforçando a importância de estudos detalhados e regionalizados para uma gestão florestal mais precisa e eficaz.

Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo podem servir como subsídio técnico e científico para a formulação e revisão de políticas públicas e legislações voltadas ao manejo sustentável da Mata Atlântica. Ao oferecer informações consistentes sobre a dinâmica estrutural da floresta e o potencial de produção sustentável, o presente trabalho contribui para a construção de diretrizes que promovam a conservação, aliada ao uso racional dos recursos florestais desse bioma tão ameaçado.

## **9. REFERÊNCIAS**

ALDER, D. Growth modeling for mixed tropical forests. Tropical Forestry Papers, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, **University of Oxford**, n. 30, 1995.

ALDER, D.; SYNNOTT, T. J. Permanent sample plot techniques for Mixed Tropical Forest. Tropical Forestry papers nº 25. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. **University of Oxford**. 124 p. 1992.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Editus, 2016.

ALMEIDA, B. L. NICOLETTI, M. F., STEPKA, T. F., RODE R, A. B. R., OLIVEIRA, M. L. Efeito da exploração de impacto Reduzido na Florística, estrutura e prognose diamétrica Na Floresta Nacional Do Tapajós, Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. Agosto 22;12(8):82-92. 2021.

ARCE, J. E.; PIZATTO, W.; SANQUETTA, C. R.; WENDLING, J. L. G.; MAESTRI, R. Utilização das matrizes de transição na avaliação e simulação precoces do crescimento de povoamentos de *Pinus taeda* L. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 27, n.1/2, p. 83-98, 2001.

AUSTREGÉSILO, S. L., FERREIRA, R. L. C., SILVA, J. A. A., SOUZA, A. L., MEUNIER, I. M. J., SANTOS, E. S: Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

AZEVEDO, C. P., SOUZA, A. L., JESUS, R. M. Predição do ingresso total de um povoamento. **Revista Árvore**, v.19, n.1 p.50-64, 1995.

BARROS, J. C., DE SOUZA, H. J., BARREIRA, S. Prognose de crescimento diamétrico de uma área restaurada no Cerrado. **Research, Society and Development**, 10(6), e48510615949-e48510615949. 2021

BERNARDO, E. M. **Processos Markovianos de decisão**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências Tecnológicas, 2000.

BIOLCHI, G. **Estrutura e classificação de florestas de *Araucaria angustifolia*, de crescimento antigo e secundárias, em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2023.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Iowa: Wm. C. Brown Company, 1984. 226 p.

BUONGIORNO, J.; MICHIE, B. R. A matrix model of uneven-aged forest management. **Forest Science**, Washington, v. 26, n. 4, p. 609-625, Dec. 1980.

CAGLIONI, E., UHLMANN, A., CURCIO, G.R., RAMOS, M.R., BONNET, A. and JUNCKES, A. R. **Altitude e solos determinam variações abruptas da vegetação em gradiente altitudinal de Mata Atlântica. Rodriguésia**, 69, pp.2055-2068. 2018

CARVALHO, J. O. P. **Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal**. In: SIMPÓSIO SILVICULTURA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: Contribuições do Projeto EMBRAPA, p. 174-179. 1999.

CARVALHO, P, E, R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. – Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.: il. Color (35p. com 140 fotografias), 4 mapas.

CARVALHO, A. N. De. **Environmental impacts of community forest management in the tapajós national forest**. *Agroecossistemas*, 11(1), 169–182. 2019

COLPINI, C.; SILVA, V. M.; SOARES, T. S. **Prognose da estrutura diamétrica e da produção de uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional**. *Advances in Forestry Science*, v. 4, n. 3, p. 147-150, 2017.

CORDEIRO, J.; RODERJAN, C.V.; CURCIO, G.R. **Espécies lenhosas de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na região Centro-Sul e análise florística entre áreas florestais no Paraná**. *Ambiência*, Guarapuava, v. 9, n. 3, p. 563-588, Set.-Dez., 2013.

CRUZ, M. J. C., SILVA, A. C. D., HIGUCHI, P., HASSAN, V. O. C., RAUPP, V. G., FORTKAMP, G. Sucessão florestal inicial em áreas Alto-Montanas no Planalto Sul Catarinense. **Ciência Florestal**, 34(1), e71849. 2024.

CUBAS, R. **Florística, estrutura e dinâmica em uma Floresta Ombrófila Mista no norte do estado de Santa Catarina**. Irati, 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –

Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. 2011

CUBAS, R., WATZLAWICK, L. F., FIGUEIREDO FILHO, A. Incremento, ingresso, mortalidade em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Três Barras-SC. **Ciência Florestal**, 26, 889-900. 2016

CUNHA, U. S., MACHADO, S. A., FIGUEIREDO FILHO, A., SANQUETTA, C. R.: Predição da estrutura diamétrica de espécies comerciais de terra firme da Amazônia por meio de matriz de transição. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 109-122. 2002.

DALLA LANA M., PÉLLICO NETTO S., CORTE A. P. D., SANQUETTA C. R., EBLING A. A. Prognose da estrutura diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta e Ambiente**. ;22(1):71-8. 2015

DAVIS, L. S., JOHNSON, K. N. **Forest management**. New York: McGraw-Hill, 1986. 790p.

DUARTE, E.; MARCON, A. K.; BLUM, C. T.; HIGUCHI, P.; SANTOS, T. L.; CHAGAS, K. P. T.; GALVÃO, F. Crescimento e fenologia reprodutiva de *Araucaria angustifolia* no entorno de um reservatório hidrelétrico no Paraná. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.7, p.10-26, 2022.

EBLING, A. A.; WATZLAWICK, L.F.; RODRIGUES, A. L.; LONGHI, S. J.; LONGHI, R. V.; ABRÃO, S. F. Acuracidade da distribuição diamétrica entre métodos de projeção em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1020-1026, 2012.

EMÍDIO, K. D. S., RODRÍGUES, C. D. S., AZEVEDO, C. P., & ROSSI, L. M. B.. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, 43, 193–201. 2015.

FIGUEIREDO FILHO, A., DIAS, A. N., STEPKA, T. F., SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG.** Viçosa, 208f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 1997.

FERREIRA. P. I., GOMES. J. P., BATISTA. F., BERNARDI. A. P., COSTA. N. C. F., BORTOLUZZI. R. L. C., and MANTOVANI. A. Espécies potenciais para recuperação de áreas de preservação permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 173-182, abr.-jun, 2013.

FOCKINK, G. D., ZANGALLI, C., DE OLIVEIRA, E., KANIESKI, M. R. Espécies prioritárias para restauração da Floresta Ombrófila Mista Montana e Altomontana na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. **Advances in Forestry Science**, 7(1), 911-923. 2020.

FRITZSONS, E., MANTOVANI, L. E., WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia** 18 (2016).

GOMES, M. S. **Dinâmica e estratégias de projeção da estrutura diamétrica de Floresta Ombrófila Mista no planalto norte catarinense.** Irati, 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste.

GOMES, J. P. **Padrões florístico-estruturais, ecologia e conservação de Myrtaceae arbóreas e arbusti vas na Floresta Ombrófila Mista.** Tese (Doutorado) – PPGEF, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC, 2016.

GOUVEIA, D., SOARES, M., SILVA, W.D., MAZZEI, L. RUSCHEL, A., **Avaliação do crescimento de espécies florestais por grupo ecológico em áreas exploradas na Flona do Tapajós.** 2011

HESS, A. F., CALGAROTTO, A. R., PINHEIRO, R., & WANGINIYAK, T. C. R. Proposta de manejo de *Araucaria angustifolia* utilizando o quociente de Liocourt e análise de incremento, em propriedade rural no Município de Lages, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 30(64), 337–345. 2010.

GUIMARÃES, D.P. FONSECA, C.E.L. **Consideracoes preliminares sobre o uso de quebra-ventos nos cerrados**. Embrapa. 1990

HIGUCHI, N. **O uso da cadeia de Markov para projetar a distribuição de frequência (diâmetro e mortalidade) em uma Floresta Tropical Úmida de Terra Firme**. In: ENCONTRO SOBRE SILVICULTURA E MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA, 1987, Manaus, Anais... Manaus: INPA/IBDF, 1987, p. 118.

HIGUCHI, P., SILVA, A. C. D., FERREIRA, T. D. S., SOUZA, S. T. D., GOMES, J. P., SILVA, K. M. D. PAULINO, P. D. S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 79-90, jan.-mar. 2012a.

HIGUCHI, P., SILVA, A. C. D., FERREIRA, T. D. S., SOUZA, S. T. D., GOMES, J. P., SILVA, K. M. D. Floristic composition and phytogeography of the tree component of *Araucaria* Forest fragments in southern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 2, p. 145-157, abr.-jun. 2012b.

HIGUCHI, P., SILVA, A. C. D., ALMEIDA, J. A. D., BORTOLUZZI, R. L. D. C., MANTOVANI, A., FERREIRA, T. D. S., SILVA, K. M. D. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Paineira, SC. **Ciência Florestal**, 23(1), 153-164. 2013.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, n.1, Rio de Janeiro, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro. 2ª Edição. 2012.

IMAGUIRE, N. Contribuição ao estudo florístico e ecológico da fazenda experimental do setor de ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná 3. **Fatores da instalação e adaptação nas diversas comunidades vegetais**. Acta Biológica Paranaense, v. 8, 1979.

KAGEYAMA, P. Y., CASTRO, C. D. A. **Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas**. IPEF, Piracicaba, 41(42), 83-93. 1989.

KLAUBERG, C. et al. **Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense**. Biotemas, v. 23, n. 1, p. 35-47. 2010.

KOZERA, C. et al. **Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, Curitiba, PR, BR**. Floresta, Curitiba, v. 36, n. 2, p. 225-237, 2006.

LEXERØ, D.; EID, T. **Recruitment Models for Norway Spruce, Scots Pine, Birch and Other Broad leaves in Young Growth Forests in Norway**. Silva Fennica, v. 39, n. 3. p. 391 - 406. 2005.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest Inventory**. München: BVL Verlagsgesellschaft, v.2, 1973.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R., & HARTSHORN, G. S.. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, Hoboken, v. 73, n. 3, p. 915-924, 1985.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R. and HARTSHORN, G.S. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology**, pp.137-152. 1996

LINGNER D. V., OLIVEIRA, Y. M. M., ROSOT, N. C., & DLUGOSZ, F. L. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta com Araucária no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 55, p. 55-66, jul.-dez. 2007.

LONGHI, S.J., BRENA, D.A., GOMES, J.F., NARVAES, I.D.S., BERGER, G. SOLIGO, A.J. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, 16(2), pp.113-125. 2006

LOREGIAN, Al. C.; SILVA, B. B.; ZANIN, E. M.; DECIAN, V. S.; HENKE-OLIVEIRA, C.; BUDKE, J. C. Padrões espaciais e ecológicos de espécies arbóreas refletem a estrutura em mosaicos de uma floresta subtropical. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 593-606, 2012

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: José Olympio, 1968.

MACHADO, S.A.; BARTOSZEK, A.C.P.S.; OLIVEIRA, E.B. de. Estudo da estrutura diamétrica para a *Araucaria angustifolia* em florestas naturais na região sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 26, n. 1/2, p. 59-70, dez. 1998.

MARTINS, F. R. **Fitossociologia de florestas no Brasil**: um histórico bibliográfico. Pesquisas -série Botânica, São Leopoldo, n. 40, p. 103-164, 1989.

MARTINS, L. H. B. **Atributos edáficos do gradiente de declividade em Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, no planalto catarinense**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, 2015.

MASSEY Jr, F. J. **The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit**. **Journal of the American statistical Association**, 46(253), pp.68-78. 1951.

MAZZAFERO, E. E., VEIGA, J. E. **Determinantes da Recuperação da Mata Atlântica no Estado de São Paulo**. 1–354. 2003.

MELO, R. R., STANGERLIN, D. M., DEL MENEZZI, C. H., GATTO, D. A., CALEGARI, L. Caracterização física e mecânica da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 5(1), 67-73. 2010

MENDONÇA, A. C. A., **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

MANTOVANI, M. **Caracterização de populações naturais de xaxim (*Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no estado de Santa Catarina** (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.). 2004.

MONTAGNA, T., FERREIRA, D. K., STEINER, F., FERNANDES, C. D., BITTENCOURT, R., DA SILVA, J. Z, DOS REIS, M. S. **A importância das unidades de conservação na manutenção da diversidade genética de xaxim *Dicksonia sellowiana* no Estado de Santa Catarina**. Biodiversidade Brasileira, 2(2), 26-32. 2012

MONTEIRA, F. G., GUIMARÃES, F. A. R., & FIGUEIREDO FILHO, A. Diameter Distribution Projectios in Mixed Ombrophylous Forest in the Center-South Region of Paraná, Brazil. **Floresta**, 52, 242–251. 2022.

MORETTO, S.P. BRANDT, M. Desmatamento e monocultivos de espécies florestais exóticas na Floresta Ombrófila Mista no Oeste catarinense. **Revista Cadernos do Ceom**, 36(59), pp.144-156. 2023.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

MUELLER D. D.; ELLENBERG, H. **Ains and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

NASCIMENTO, A. R. T., LONGHI, S. J., BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119. 2001.

NEGRINI, M., AGUIAR, M. D., VIEIRA, C. T., SILVA, A. C., & HIGUCHI, P. Dispersão, Distribuição Espacial e Estratificação Vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Árvore**, 36(5), 919–929. 2012.

OLIVER, C.D.; LARSON, B.C. **Forest stand dynamics**. Update edition. New York : John Wiley & Sons, 1996.

OLIVEIRA, G. L., STEPKA, T. F., NICOLETTI, M. F., FREDERICO, M. R. Caracterização e modelagem biométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em floresta ombrófila mista alto-montana. **Scientia Forestalis**, 52, 2024.

OLIVEIRA, F.C.; SOUSA, V.F.; OLIVEIRA JUNIOR. J.O.L. **Estratégias de desenvolvimento Rural e Alternativas Tecnológicas para a Agricultura Familiar na Região Meio-norte**. Embrapa. Teresina, PI. Editora Erlândio Santos de Resende. 2008.

OLIVEIRA, A.N.; AMARAL, I.L. Florística e fitossociologia de uma floresta de vertente na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 34, p. 21-34, 2004.

PILLAR, V. D. Descrição de comunidades vegetais. **Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Botânica**, 1996.

PINHEIRO, A. L., CARMO, A. P. T. D. **Contribuição ao estudo tecnológico da canela-azeitona, *Rapanea ferrugínea* (Ruiz e Pav.) Mez**, uma espécie pioneira: I-características anatômicas da madeira. 1993

PRIMACK, R. B. et al. **Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, East Malaysia**. Ecology, Washington, v. 66, n. 2, p. 577-588, 1985.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal**. San José, C.R.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997.

PULZ, F. A. **Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras - Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras. MG. Lavras, 1998.**

REIS, L. P, SOUZA, A. L. DE., REIS, P. C. M. R, MAZZEI, L., BINOTI, D. H. B., LEITE, H. G. Prognose da distribuição diamétrica na Amazônia utilizando redes neurais artificiais e autômatos celulares. **Revista Floresta**, 48(1), 93-102.. 2018

RICKEN, P., MATTOS, P.P., BRAZ, M.E., HESS, A.F., NAKAJIMA, N.Y. AND HOSOKAWA, R.T. Growth models for *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in different ecological gradients in the State of Santa Catarina. **Floresta**, 52(4). 2022

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos.** Curitiba, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.

RODE, R., FIGUEIREDO FILHO, A., GALVÃO, F., MACHADO, S. A. **Estrutura horizontal da comunidade arbórea sob um povoamento com *Araucaria angustifolia* e uma Floresta Ombrófila Mista.** Pesquisa Florestal Brasileira, 30(64), 347-347. 2010.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, n. 24, p. 75-92, jan/jun 2002.

ROIK, M. **Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná.** 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati-PR, 2012

SILVA, A. C. D., HIGUCHI, P., AGUIAR, M. D. D., NEGRINI, M., FERT, J., & HESS, A. F. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, jan.-mar. 2012.

SEGER, C. D., DLUGOSZ, F. L., KURASZ, G., MARTINEZ, D. T., RONCONI, E., MELO, L. D., RODERJAN, C. V. Levantamento florístico e análise fitossociológica de um remanescente de floresta ombrófila mista localizado no município de Pinhais, Paraná-Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 291-302, mai.-ago. 2005.

SANQUETTA, C. R. **Análise da Estrutura Vertical de Florestas Através do Diagrama h-M**. **Ciência Florestal**, UFSM- RS, v. 5, n.1, p. 55-68, 1995.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. 49 p. (Série Didática, n. 08). Curitiba, FUPEF. 1996.

SANQUETTA, C. R., CÔRTE, A. P. D., EISFELD, R. L. Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia*) no estado do Paraná, Brasil. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2003.

SANQUETTA, C. R. **Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das florestas de araucária**. Data de publicação, 10 de agosto de 2005.

SANQUETTA, C. R., CUNHA, U. S., WATZLAWICK, L. F, CAMPOS, M. L. B. Projeção da distribuição diamétrica de fragmentos de florestas semidecíduas com matriz de transição. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 3, n.1, Jan/Jun 2001.

LIMA, C. L.; CRUZ, A. P.; NUNES, A. S. Dinâmica do componente arbóreo e regenerante em uma floresta nebulosa no Planalto Sul Catarinense. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 3, p. 1086-1104, 2021.

SAWCZUK, A. R.; **Florística e estrutura horizontal no período 2002-2008 de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Estado do Paraná**, 2009. 139 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2009.

SCHAAF, L. B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná.** Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M., OLIVEIRA-FILHO, A. T. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Revista Cerne**, 2(1), 112-137. 1996

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A., MELLO, J. M. de. **Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural.** In: Manejo Florestal (J.R.S. SCOLFORO, org). UFLA/FAEPE, 1998, Lavras, p. 189-246.

SILVA JÚNIOR, M. C. RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Análise da flora arbórea de matas de Galeria no Distrito Federal.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. p.142-191.

SCHEER, M.B., MOCOCHINSKI, A.Y. RODERJAN, C.V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 25, pp.735-750. 2011

SILVA, J. N. M. **The behavior of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging.** 1989. 302 f. Thesis (Ph.D.) – Oxford University, Oxford, 1989.

SILVA, R. N., ALBUQUERQUE, L. S., MOREIRA, W. A. B, MENEZES, R. S. C. A. **Relação entre o Relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil.** *Geo UERJ* 34 (2019).

SOARES, T., DO CARMO, D.F.S., CRUZ, E.S. PINHEIRO, M.M. **Prognose por classe diamétrica em uma floresta estacional decidual em Jataí, GO.** In 9º Congresso Florestal Brasileiro (Vol. 1, No. 1, pp. 317-320). 2022

STEPKA, T. F. **Modelagem da Dinâmica e Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de Matriz de Transição e Razão de Movimentação**. Irati. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste. 2008.

STEPKA, T. F., DIAS, A. N., FIGUEIREDO FILHO, A., MACHADO, S. A., SAWCZUK, A. R. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 327-335, nov./dez. 2010.

STEPKA. T.F., FARIAS. K.J. Assortment downgrade correction for clear cut of *Pinus taeda* L. with use of transition matrix. **Revista Floresta**. Outubro 1;51(4). 2021.

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

TERESCZUCH, S. M., MAC DONAGH, P. M., OLIVEIRA, A. J., RIVERO, L. E., BULFE, N. M. L. Predicción de la estructura diamétrica de especies comerciales de un bosque subtropical por método de matrices de transición. **Revista Floresta**, Curitiba PR, v.37. n.1. jan/abril. 2007.p 71-82.

USHER, M. B. **A Matrix approach to the management of renewable resources, with special reference to selection forests**. Journal of Applied Ecology, Oxford, v. 3, p. 355-367, 1966.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield. Applications to Mixed Tropical Forests**. CAB INTERNATIONAL. Wallingford, 1994, UK. 312 p.

VALÉRIO, Á. F. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, município de Irati, PR–Brasil. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 6, n. 2, p. 137-147, 2008.

VELOSO, H.P.; GÓES FILHO, L. **Fitogeografia Brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical**. In: PROJETO RADAMBRASIL, 1982, Salvador. (Bol. Técnico. Série vegetação, 1).

VENTURIN, N., NOGUEIRA, M. I. A. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, 7(2), 43-52, 2001

VILLANOVA, P. H., TORRES, C. M. M. E., JACOVINE, L. A. G., SOARES, C. P. B., SILVA, L. F. D., SCHETTINI, B. L. S., ROCHA, S. J. S. S. D. Prognose da distribuição diamétrica e do estoque de carbono por Cadeia de Markov em uma floresta secundária da Mata Atlântica **Revista Árvore**, 42, e420208. 2018

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of Ecology**, Hoboken, v. 84, n. 1, p. 91-100, 1996.

TEIXEIRA, L.M., CHAMBERS, J.Q., SILVA, A.R., LIMA, A.J.N., CARNEIRO, V.M.C., SANTOS, J.D., HIGUCHI, N. Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov. **Acta Amazonica**, 37, pp.377-384. 2007.

WATZLAWICK, L. F. et al. Aspectos florístico e estrutural de um fragmento de floresta com Araucária utilizado para o pastoreio de bovinos. **Ciência & Natura**, Santa Maria, v. 24, p. 77-90, 2002.