

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

HUGA GÉSSICA BENTO DE OLIVEIRA

PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE *Cupressus lusitanica* P. MILLER
SUBMETIDO A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO

LAGES – SC
2024

HUGA GÉSSICA BENTO DE OLIVEIRA

PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE *Cupressus lusitanica* P. MILLER

SUBMETIDO A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ensino em Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti

Co-orientador: Dr. Mário Dobner Jr.

LAGES – SC

2024

HUGA GÉSSICA BENTO DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE *Cupressus lusitanica* P. MILLER
SUBMETIDO A DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Florestal pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ensino em Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti
Co-orientador: Dr. Mário Dobner Jr.

BANCA EXAMINADORA

Membros:

Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Thiago Floriani Stepka
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Hassan Camil David
Universidade Federal do Paraná

Lages – SC, 27 de fevereiro de 2024

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

Bento de Oliveira, Huga Géssica
PRODUÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE Cupressus
lusitanica P. MILLER SUBMETIDO A DIFERENTES
ESTRATÉGIAS DE MANEJO / Huga Géssica Bento de Oliveira. --
2024.

115 p.

Orientador: Marcos Felipe Nicoletti
Coorientador: Mário Dobner Jr.
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2024.

1. Cipreste. 2. Manejo florestal. 3. Desbastes. 4. Rentabilidade
Florestal. 5. Espécies potenciais florestais. I. Nicoletti, Marcos
Felipe . II. Dobner Jr., Mário . III. Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Titulo.

A minha mãe, Maria Luiza, afilhada Manuela,
irmãs Nara e Aline, meu noivo Izael e todos as
(os) amigas (os) que tanto me apoiaram, com
muito amor, dedico!

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão a Deus pelo dom da vida e à presença dos anjos que, ao longo da minha jornada, estiveram ao meu lado, iluminando meus caminhos.

À minha mãe, Maria Luiza, dedico meu agradecimento especial. Seu amor incondicional, dedicação e sabedoria sempre foram minha bússola em meio às adversidades da vida. Seu sorriso constante e apoio me ensinaram a força da resiliência e a importância do conhecimento, que é um tesouro que ninguém pode nos tirar.

Ao professor Marcos Felipe Nicoletti, meu orientador, expresso minha mais profunda gratidão. Sua paciência, confiança e orientações foram fundamentais para que eu pudesse realizar este trabalho e me aprimorar como profissional. Sua simplicidade e motivação foram fontes de inspiração, serei eternamente grata.

A todas as amizades que construí ao longo desta jornada – Camila Corrêa, Ângela dos Santos, Matheus Zanghelini, Larissa Américo, Marcela Monteiro, Kalline Szenczack, Joanice Silva, Ada Cantini, Cássia Ribeiro, Samuel Barros, Paula Barbosa e tantos outros - meu sincero agradecimento. Cada um de vocês teve um papel fundamental no meu desenvolvimento pessoal e profissional, e guardo com imenso carinho todas as memórias compartilhadas e aprendizados trocados.

À minha irmã, Nara Luiza, e à minha amiga de infância, Aline Rêgo, agradeço o companheirismo, parceria e força ao longo desta caminhada.

Ao meu noivo, Izael Borges, meu muito obrigada por seu apoio. Sua presença ao meu lado tornou os momentos difíceis mais leves e os momentos felizes ainda mais especiais.

À todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica e profissional, expresso minha gratidão por compartilharem seu conhecimento e experiência, inspirando-me a buscar sempre o melhor.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), sou grata por ser o meio pelo qual hoje posso expressar este agradecimento. Sua estrutura de qualidade e profissionais dedicados tornaram possível minha jornada acadêmica e profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), meu agradecimento pela bolsa recebida, que foi fundamental para o desenvolvimento desta pesquisa.

À empresa Florestal Gateados Ltda., em nome do Dr. Mário Dobner Jr., expresso minha gratidão pela disponibilidade da área de estudo e suporte oferecido para a realização da pesquisa. Esta colaboração foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

À todos, meu mais profundo obrigado. Cada gesto de apoio, cada palavra de encorajamento, conselho e cada momento compartilhado foram essenciais para minha jornada.

RESUMO

As florestas plantadas desempenham um papel crucial na redução da pressão sobre as florestas nativas, ao mesmo tempo em que fornecem matéria-prima essencial para vários setores industriais. Nesse contexto, é fundamental avaliar o potencial de espécies alternativas para garantir a sustentabilidade do setor florestal, que depende da produção contínua. Uma dessas potenciais espécies é o *Cupressus lusitanica* P. Miller, conhecido como cipreste, uma conífera nativa da América Central. A madeira do cipreste apresenta propriedades promissoras, mesmo sem um programa específico de melhoramento genético. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a produtividade de plantios experimentais de *C. lusitanica* com 16 anos de idade, sujeitos a diferentes intensidades de desbaste. O estudo foi conduzido em uma área de 3 hectares no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, onde o *C. lusitanica* foi plantado em 2006, com um espaçamento de 2,5 x 2,5 metros. A área possui um clima subtropical úmido, com estações bem definidas e ocorrência de geadas, e o solo é classificado como Nitossolo Háplico. Em 2015, foi instalada a avaliação experimental e no mesmo ano houve poda no povoamento, realizada até 3 metros de altura em todos os indivíduos. O ensaio foi avaliado em delineamento de blocos ao acaso e três tratamentos de manejo: sem desbaste (Testemunha), desbaste com remoção de 2 concorrentes das árvores dominantes (Comercial) e desbaste mantendo apenas as dominantes (Extremo), distribuídos em 3 blocos, ou seja, 3 repetições. Os indivíduos foram então mensurados anualmente, desde o ano de 2015 a 2022. Os dados coletados foram processados e analisados, primeiramente com ajustes de modelos hipsométricos para predição de alturas faltantes, posteriormente com a determinação de variáveis individuais e de povoamento, além disso, realizou análise estatística incluindo teste de normalidade – Teste de Shapiro-Wilk, análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de médias dos tratamentos. O processamento e análise dos dados foram realizados no ambiente RStudio e Microsoft Excel. O estudo foi estruturado em três capítulos para abordar diferentes aspectos da pesquisa. O I Capítulo focou na caracterização biométrica dos diferentes cenários, detalhando o crescimento e a produtividade das árvores. O II Capítulo analisou a distribuição diamétrica em cada cenário, utilizando funções de densidade de probabilidade que melhor representem o povoamento ao longo dos anos. Por fim, o III capítulo abordou a avaliação econômica dos cenários. Os resultados revelaram que o crescimento da espécie é altamente influenciado pela qualidade do local de plantio, e apenas o desbaste mais intenso demonstrou impacto significativo e relevante no crescimento das árvores. A análise da distribuição diamétrica indicou que desbastes mais intensos resultaram em um crescimento mais expressivo em termos

de diâmetro e altura das árvores, sugerindo que a redução da competição entre elas, alcançada por meio dos desbastes, é crucial para estimular seu crescimento. Além disso, as funções de densidade de probabilidade foram eficazes na descrição da distribuição diamétrica das árvores, com a função Weibull-3p mostrando-se a mais apropriada na maioria dos cenários. A análise econômica, por sua vez, revelou valores positivos de Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Presente Líquido (VPL), acompanhados de Taxas Internas de Retorno (TIR) favoráveis. Isso indica que, sob as condições atuais de plantio, os investimentos são lucrativos. Os resultados ressaltam o potencial de investimento na espécie e, além disso, reforça a necessidade de avaliação dos métodos de manejo e qualidade genética das árvores para aumentar ainda mais a rentabilidade e a viabilidade econômica do cultivo da espécie. Recomenda-se, portanto, com base nos resultados apresentados, direcionar o cultivo de *C. lusitanica* para locais de maior capacidade produtiva, além de investir em melhoramento genético. Essas estratégias são eficazes para ampliar a produção e fortalecer o setor florestal brasileiro, posicionando a espécie como uma alternativa promissora para o desenvolvimento econômico sustentável.

Palavras-chave: Cipreste; Manejo florestal; Desbastes; Rentabilidade Florestal; Espécies potenciais florestais.

ABSTRACT

As planted forests play a crucial role in reducing pressure on native forests while providing essential raw materials for various industrial sectors. In this context, it is essential to assess the potential of alternative species to ensure the sustainability of the forestry sector, which relies on continuous production. One such potential species is *Cupressus lusitanica* P. Miller, known as cypress, a conifer native to Central America. The wood of cypress presents promising properties, even without a specific genetic improvement program. Thus, this study aimed to evaluate the productivity of experimental plantations of *C. lusitanica* at 16 years of age, subjected to different thinning intensities. The study was conducted in a 3-hectare area in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina, where *C. lusitanica* was planted in 2006, with a spacing of 2.5 x 2.5 meters. The area has a humid subtropical climate, with well-defined seasons and occurrences of frosts, and the soil is classified as Haplic Nitosol. In 2015, the experimental evaluation was installed, and in the same year, there was pruning in the stand, performed up to 3 meters in height in all individuals. The trial was evaluated in a randomized block design with three management treatments: no thinning (Control), thinning with removal of 2 competitors from dominant trees (Commercial), and thinning leaving only dominant trees (Extreme), distributed in 3 blocks, i.e., 3 replications. The individuals were then measured annually from 2015 to 2022. The collected data were processed and analyzed, initially with adjustments of hypsometric models for predicting missing heights, subsequently with the determination of individual and stand variables, and also, statistical analysis including normality test - Shapiro-Wilk test, analysis of variance (ANOVA), and Tukey test for comparison of treatment means. Data processing and analysis were performed in the RStudio and Microsoft Excel environments. The study was structured into three chapters to address different aspects of the research. Chapter I focused on the biometric characterization of different scenarios, detailing the growth and productivity of trees. Chapter II analyzed the diameter distribution in each scenario, using probability density functions that best represent the stand over the years. Finally, Chapter III addressed the economic evaluation of the scenarios. The results revealed that the species' growth is highly influenced by the planting site's quality, and only the most intense thinning showed a significant and relevant impact on tree growth. The analysis of diameter distribution indicated that more intense thinnings resulted in more expressive growth in terms of tree diameter and height, suggesting that reducing competition among them, achieved through thinnings, is crucial to stimulate their growth. In addition, probability density functions were effective in describing the diameter distribution of trees, with

the Weibull-3p function proving to be the most appropriate in most scenarios. Economic analysis, in turn, revealed positive values of Equivalent Annual Value (EAV) and Net Present Value (NPV), accompanied by favorable Internal Rates of Return (IRR). This indicates that, under current planting conditions, investments are profitable. The results highlight the investment potential in the species and, furthermore, reinforce the need to assess management methods and tree genetic quality to further increase profitability and economic viability of cultivating the species. It is recommended, therefore, based on the results presented, to direct the cultivation of *C. lusitanica* to locations with higher productivity capacity, in addition to investing in genetic improvement. These strategies are effective in expanding production and strengthening the Brazilian forestry sector, positioning the species as a promising alternative for sustainable economic development.

Keywords: Cypress; Forest management; Thinnings; Forest profitability; Potential forest species.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição de pesquisas relacionadas a palavra-chave <i>Cupressus lusitanica</i> , disponível na plataforma Scopus.....	25
Figura 2. As trinta palavras de maior ocorrência agrupada por <i>clusters</i> (diferentes cores) nos estudos científicos constantes na plataforma Scopus com a palavra-chave <i>Cupressus lusitanica</i>	25
Figura 3. Produção científica pelos 10 autores com maior números de estudos publicados que possuem palavras-chave <i>Cupressus lusitanica + management forest</i> disponível na plataforma Scopus.	26
Figura 4. As vinte palavras de maior ocorrência agrupada por <i>clusters</i> (diferentes cores) nos estudos científicos constantes na plataforma Scopus com a palavra-chave <i>Cupressus lusitanica + management forest</i>	27
Figura 5. Classe de caracterização ecológica dos indivíduos arbóreos de um povoamento segundo Kraft (1884).	30
Figura 6. Plantio experimental de <i>C. lusitanica</i> em diferentes regimes de desbaste.....	42
Figura 7. Distribuição de resíduos dos modelos hipsométricos testados para <i>C. lusitanica</i>	46
Figura 8. Estatística descrita em <i>box-plot</i> relacionado aos dados de <i>d</i> de <i>C. lusitanica</i> , localizado em Campo Belo do Sul – SC, frente a diferentes regimes de desbastes pelo alto	47
Figura 9. Desenvolvimento da variável diâmetro de <i>C. lusitanica</i> em diferentes regimes de desbastes ao longo de um período de 8 anos em Campo Belo do Sul, SC.....	49
Figura 10. Diâmetro dominante de <i>Cupressus lusitanica</i> em regimes de desbastes na região de Campo Belo do Sul, SC.....	50
Figura 11. Densidade do desenvolvimento da variável diâmetro ao longo de um período de 8 anos de <i>C. lusitanica</i> em diferentes regimes de desbaste na região de Campo Belo do Sul, SC.....	53
Figura 12. Estatística descrita em <i>box-plot</i> relacionado aos dados de <i>h</i> de <i>C. lusitanica</i> , localizado em Campo Belo do Sul – SC, frente a diferentes regimes de desbastes pelo alto.	55
Figura 13. Desenvolvimento da variável altura de <i>C. lusitanica</i> em diferentes regimes de desbastes ao longo de um período de 8 anos na região de Campo Belo do Sul, SC.	57
Figura 14. Altura dominante de <i>Cupressus lusitanica</i> em regimes de desbastes na região de Campo Belo do Sul, SC.....	58
Figura 15. Densidade do desenvolvimento da variável altura ao longo de um período de 8 anos em povoamento de <i>C. lusitanica</i> em avaliação sobre diferentes regimes de desbastes, localizado na região de Campo Belo do Sul, SC.....	59
Figura 16. Relação h/d em diferentes regimentos de desbaste pelo alto em povoamento de <i>Cupressus lusitanica</i> , localizado no município de Campo Belo do Sul, SC.	61
Figura 17. Distribuição de frequência do diâmetro (cm) e altura de <i>Cupressus lusitanica</i> com 16 anos em regime sem desbaste - Testemunha (A), desbaste Comercial (B) e desbaste Extremo (C).....	62
Figura 18. Curva de produção e incrementos anuais, médio e corrente, de <i>Cupressus lusitanica</i> em diferentes regimes de desbastes	67
Figura 19. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 9 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	79

Figura 20. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 10 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	79
Figura 21. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 11 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	80
Figura 22. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 12 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	80
Figura 23. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 13 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	81
Figura 24. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 14 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	81
Figura 25. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 15 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	82
Figura 26. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i> aos 16 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.....	82
Figura 27. Comportamento das funções de densidade de probabilidade ao descrever o desenvolvimento do diâmetro de <i>Cupressus lusitanica</i> , ao longo de um período de 8 anos de coleta de dados, do povoamento localizado no município de Campo Belo do Sul-SC.....	88
Figura 28. Impacto do desbaste por alto na qualidade e diversificação de produtos em plantio de <i>Cupressus lusitanica</i>	99
Figura 29. Valor presente líquido dos cenários de desbastes avaliados para a espécie de <i>Cupressus lusitanica</i>	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização da densidade de plantio de <i>Cupressus lusitanica</i> por regime de desbaste, localizado no município de Campo Belo do Sul – SC.....	42
Tabela 2. Caracterização e qualidade do sítio de plantio de <i>Cupressus lusitanica</i> , aos 16 anos de idade, em função dos blocos e, respectivos, tratamentos.....	43
Tabela 3. Modelos de relação hipsométrica avaliados para predição de altura de <i>Cupressus lusitanica</i>	44
Tabela 4. Coeficientes e desempenho dos modelos para estimativa da altura de <i>C. lusitanica</i> em diferentes regimes de desbastes.....	45
Tabela 5. Variáveis dendrométricas de diferentes regimes de desbastes em povoamento de <i>Cupressus lusitanica</i> aos 16 anos de idade, localizado em Campo Belo do Sul, Santa Catarina.....	54
Tabela 6. Comparação entre tratamentos através da altura média e altura dominante de <i>Cupressus lusitanica</i> aos 16 anos em Campo Belo do Sul, Santa Catarina.	60
Tabela 7. Variáveis de povoamento e individuais por regime de desbaste aos 16 anos de <i>Cupressus lusitanica</i>	64
Tabela 8. Distribuições densidade probabilística ajustadas para <i>Cupressus lusitanica</i>	72
Tabela 9. Fórmulas para determinação da média e desvio padrão por distribuição de probabilidade.	73
Tabela 10. Estatística descritiva da variável diâmetro de <i>Cupressus lusitanica</i> em diferentes idades e intensidades de desbastes.....	74
Tabela 11. Estatística descritiva da variável altura de <i>Cupressus lusitanica</i> em diferentes idades e intensidades de desbastes.....	74
Tabela 12. Coeficientes ajustados para as funções de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por ano e regime de desbaste para <i>C. lusitanica</i> cultivado em Campo Belo do Sul, SC. (Continua)	75
Tabela 13. Teste de Kolmogorov-Sminorv (D_{calc} e D_n) para as diferentes distribuições probabilísticas em diferentes regimes de desbastes e idades para <i>C. lusitanica</i> . 84	
Tabela 14. Medidas de posição e dispersão dos dados estimados pelas diferentes funções de densidade de probabilidade nos diferentes regimes de desbastes e idades aplicados em povoamento de <i>Cupressus lusitanica</i> , localizado em Campo Belo do Sul - SC. (Continua)	86
Tabela 15. Sortimentos de <i>Pinus</i> sp. comercializados na região de Curitibanos – SC.	94
Tabela 16. Cenários para avaliação econômica de <i>Cupressus lusitanica</i> frente a diferentes cenários de desbastes, considerando a idade de 16 anos.	94
Tabela 17. Custos e ano de ocorrência para o estabelecimento e condução de povoamento de <i>Cupressus lusitanica</i>	95
Tabela 18. Valores de toras por produto de <i>Pinus</i> sp comercializadas em Curitibanos - SC. .96	
Tabela 19. Resultados dos indicadores econômicos, VAE e TIR, para <i>Cupressus lusitanica</i> , avaliando cenário de corte raso aos 16 anos para diferentes regimes de desbastes.	100
Tabela 20. Estimativa da produção ($m^3 ha^{-1}$) de <i>Cupressus lusitanica</i> a partir do IMA para duas idades, 25 e 30 anos, comparativamente ao estudo desenvolvido por Topanotti (2020) para a mesma espécie.	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 OBJETIVO GERAL.....	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3 HIPÓTESES.....	22
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO	23
4.2 <i>Cupressus lusitanica</i> P. Miller: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL PRODUTIVO	24
4.3 MANEJO FLORESTAL	28
4.3.1 Desbaste	29
4.4 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	32
4.4.1 Crescimento e produção florestal.....	33
4.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS FLORESTAIS	35
5 CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E INCREMENTO DE <i>Cupressus lusitanica</i> Mill SUBMETIDO A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTES	38
5.1 INTRODUÇÃO.....	39
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	41
5.2.1 Caracterização da área de estudo	41
5.2.2 Mensuração florestal	41
5.2.3 Processamento e Análise de dados	43
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.3.1 Ajuste de modelo hipsométrico	45
5.3.2 Desenvolvimento em diâmetro.....	46
5.3.3 Desenvolvimento em altura.....	54
5.3.4 Relação h/d	60
5.3.5 Caracterização das classes diamétricas e de altura dos tratamentos.....	61
5.3.6 Produção e produtividade florestal.....	64
5.4 CONCLUSÃO.....	68

6 CAPÍTULO II – DISTRIBUIÇÃO DE DENSIDADE PROBABILÍSTICA PARA DIÂMETRO DE <i>Cupressus lusitanica</i> SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES DE MANEJO FLORESTAL	69
6.1 INTRODUÇÃO.....	70
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	71
6.2.1 Caracterização da área de estudo e mensuração florestal	71
6.2.2 Processamento e Análise de dados	71
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
6.3.1 Descrição dos tratamentos	74
6.3.2 Funções de densidade de probabilidade	75
6.4 CONCLUSÃO.....	89
7 CAPÍTULO III: ANÁLISE ECONÔMICA DE <i>Cupressus lusitanica</i> Mill SUBMETIDO A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTES	91
7.1 INTRODUÇÃO.....	92
7.2 MATERIAL E MÉTODOS	93
7.2.1 Caracterização da área de estudo e mensuração florestal	93
7.2.2 Análise econômica.....	93
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98
7.4 CONCLUSÃO.....	104
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

1 INTRODUÇÃO

As florestas plantadas brasileiras contam com 9,93 milhões de hectares plantados e se encontram na 22^a posição das atividades econômicas do país e contribui com cerca de 7,5% ao PIB brasileiro. A importância do setor foi evidenciada no recente cenário pandêmico, em que diferentemente de outros setores que sofreram recessão, este mesmo adotando medidas restritivas, teve aumento de ganhos, alcançando no ano de 2020 produção estimada de R\$ 116,6 bilhões, cerca de 17,6% em relação ao ano anterior (IBA, 2022; IBA, 2023).

As características singulares em virtude da maior abundância em recursos, torna o setor florestal brasileiro em um dos mais produtivos do mundo. Os plantios com o gênero *Eucalyptus* correspondem a 76% do total cultivado no país, seguido por *Pinus* com 20% e outras espécies representando apenas 4%, tais como teca, acácia, paricá e seringueira. *Pinus* apresentou grande estabilidade em área plantada ao longo da década de 2010, fazendo com que grande parte da área cultivada se concentrasse na região sul do país (87%), por apresentar áreas mais favoráveis ao cultivo de espécies do gênero (ACR, 2022).

O cultivo predominante de *Pinus* na região sul do Brasil se deve principalmente às condições climáticas e geográficas favoráveis da região, que proporcionam um ambiente propício para o desenvolvimento de espécies deste gênero. As áreas do sul oferecem um clima subtropical úmido, com invernos relativamente frios e verões quentes, ideais para o crescimento rápido do *Pinus*. Além disso, a topografia variada e os solos adequados contribuem para o sucesso do cultivo, tornando a região uma escolha preferencial para o estabelecimento de plantações comerciais desta e outras coníferas.

É complexa a estrutura produtiva do setor, em razão da extensão das florestas nativas, o destaque das indústrias de papel e celulose a nível mundial, a produtividade das florestas de pinus e eucalipto e, ainda, em função da relação entre os produtores dos insumos e equipamentos básicos para produção dos produtos florestais e as empresas produtoras (Sampaio e Mazzochin, 2010). Além disso, é crescente a demanda por madeira para diferentes finalidades, seja para serraria, laminação, carvão, celulose.

Impulsionar o potencial de diferentes gêneros e espécies corrobora com a multiplicidade de produtos e alcance a diferentes nichos de mercado. Diante da necessidade de avanços tecnológicos, o potencial de introdução de outras espécies visando a multiplicidade de produtos e competitividade no mercado, surge a madeira de cupressus, conhecida popularmente, também, por pinheirinho.

Cupressus lusitanica P. Miller trata-se de uma gimnosperma nativa da América Central. Ela apresenta características atrativas ao setor de celulose e em uso sólido demonstra bom rendimento no processo de desdobro (Vivian et al., 2020; Cunha et al., 2016). Além disso, a espécie possui potencial de cultivo apontado para a região sul do país (Pereira e Higa, 2003).

A espécie apresenta crescimento vigoroso, caracterizado por uma produtividade média que pode atingir até $30\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$. Além disso, sua capacidade de adaptação é notável, sendo capaz de se desenvolver mesmo em solos rasos, onde seu crescimento pode superar o do *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. No entanto, para a produção de madeira serrada, é crucial realizar a desrama artificial desde os estágios iniciais do seu desenvolvimento, aproximadamente aos dois anos de idade, especialmente em plantios puros, devido à natureza muito nodosa de sua madeira (Pereira e Higa, 2003).

Entre as atividades ligadas à condução da floresta encontra-se o desbaste. O desbaste pelo alto é uma técnica crucial dentro das práticas de manejo florestal. Segundo Dobner e Huss (2015), este método, que envolve o corte das árvores do estrato médio a superior do povoamento, desempenha um papel fundamental na promoção do crescimento das árvores dominantes e codominantes que são essenciais para a sustentabilidade do povoamento até o final da rotação. Ao abrir o estrato superior, o desbaste pelo alto permite que as árvores dos estratos inferiores alcancem seu potencial comercial.

Este tipo de desbaste demanda uma cuidadosa seleção das árvores com maior potencial futuro, identificando-as como dominantes e de boa qualidade. A remoção das árvores concorrentes permite que as árvores selecionadas desenvolvam suas copas sem restrições de espaço, criando aberturas no dossel do povoamento que podem ser otimizadas para beneficiar o crescimento das árvores remanescentes.

Quando o objetivo da produção florestal é madeira serrada ou laminada, a aplicação de desbaste e desrama acabam por ser uma das técnicas silviculturais essenciais para aumentar a qualidade da madeira (Monte et al., 2009). A implementação de desbastes pode, devido à sua influência, resultar na redução da produção global, contudo, tem como principal objetivo aumentar a eficiência comercial dos produtos selecionados, ao promover o crescimento das árvores individuais (Schneider, 1993). A aplicação ou não de desbaste pode resultar volume em menores ou maiores quantidade fustes, desde que aplicado no momento e intensidade correta, pois em caso contrário pode acarretar tendência de crescimento que não garante máxima em ganho econômico aos produtores de florestas, conforme a finalidade do plantio.

A determinação do potencial produtivo de uma floresta é realizada a partir da avaliação da produção e produtividade de povoamentos, por meio de inventários florestais. O inventário

pode ser conceituado como a avaliação quantitativa e, por vezes, qualitativa dos recursos de uma floresta (Floriano, 2021). A depender do tipo de inventário são obtidos dados apropriados a estimativa de diferentes variáveis de interesse da floresta, de modo que seja permitido análises quanto ao crescimento e produção, ou seja, a prognose florestal.

Estas avaliações são primordiais para tomadas de decisões relacionadas ao momento e necessidade de intervenções (poda, desbastes). Com elas é possível o planejamento estratégico em prol do aumento da qualidade dos produtos comercializados e facilitação da comercialização, visto que se conhece o quantitativo produzido e os mercados a serem alcançados. Ressalta-se que são diversos os métodos para realizar estas análises, assim como, o nível de detalhamento desejado, sendo as mais comuns e divulgados o incremento, a distribuição de frequência diamétrica e a modelagem do crescimento e produção.

A análise de incremento permite identificar a idade de rotação técnica, ou seja, o momento em que a produtividade máxima da floresta é atingida (Floriano, 2021). A distribuição diamétrica é avaliada em função do diâmetro e permite descrever a estrutura de um povoamento ou de uma espécie (Scolforo, 2006).

Conhecer a estrutura da floresta e seu ritmo de crescimento é eficaz para a determinação do seu manejo (Lima e Leão, 2013). Além dos aspectos relacionados à silvicultura nos projetos de florestamento, é fundamental conduzir simultaneamente uma análise econômica. De acordo com Lopes (1990), a utilização de critérios econômicos na área florestal é indispensável para orientar a tomada de decisão em relação aos projetos e/ou alternativas de manejo a serem adotados. O autor destaca que decisões importantes, como a determinação da idade econômica de corte, o espaçamento entre as árvores, adubação, época e a intensidade dos tratos silviculturais, bem como a escolha da espécie, podem ser tomadas de forma mais segura quando embasadas em simulações utilizando critérios técnico-econômicos.

Nesse contexto, diversos estudos têm sido realizados para analisar a viabilidade econômica de projetos florestais. Segundo Silva e Fontes (2005), os critérios mais comumente utilizados para avaliação de projetos levam em consideração a variação do capital ao longo do tempo. Dessa forma, os principais critérios empregados para análise da viabilidade econômica incluem o valor presente líquido (VPL), a razão benefício/custo (B/C), a taxa interna de retorno (TIR), o valor esperado da terra (VET) e o custo médio de produção (CMPr).

A implantação de florestas de rápido crescimento tem sido uma alternativa notável para investimento. No entanto, devido ao considerável montante de capital necessário e ao longo período de imobilização desse capital, a tomada de decisão nos empreendimentos florestais torna-se mais complexa (Pedroso Filho et al., 2018). Logo, avaliar o crescimento da espécie

frente a diferentes cenários produtivos torna-se primordial ao desenvolvimento do potencial de cultivo dela, haja vista que programas de melhoramento ainda não foram implementados no Brasil.

Neste sentido, este estudo visa suprir a demanda por informações quanto a espécies potenciais florestais, ao passo que avalia, detalhadamente, *C. lusitanica*, quanto ao seu crescimento e viabilidade econômica em diferentes cenários de manejo, utilizando-se de métodos e metodologias amplamente difundidas no setor.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e retorno econômico de plantios de *Cupressus lusitanica*, submetidos a diferentes regimes de desbastes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar a eficiência dos diferentes regimes de desbaste na promoção do crescimento das árvores remanescente de *C. lusitanica*;
- II. Comparar o crescimento e a produção de *C. lusitanica* sujeitas a desbastes por alto e sem a intervenção de manejo.
- III. Analisar a eficácia de diferentes modelos de densidade de probabilidade na predição do desenvolvimento do diâmetro das árvores em resposta a diferentes regimes de manejo;
- IV. Investigar a influência dos desbastes por alto na qualidade da madeira produzida por *C. lusitanica*, frente aos diferentes produtos comercializados resultantes;
- V. Avaliar o desempenho econômico das estratégias de manejo adotadas para *C. lusitanica*, considerando os custos associados aos diferentes regimes de desbaste e seu impacto no retorno financeiro do plantio.

3 HIPÓTESES

- I. O cultivo de *C. lusitanica* é indicado para o Brasil, especialmente quando submetido a um manejo adequado que promova o desenvolvimento individual das árvores.
- II. *C. lusitanica* apresenta potencial de produtividade equiparado às espécies mais cultivadas no Brasil, como *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp;
- III. O manejo mais adequado para favorecer o desenvolvimento de *C. lusitanica* é aquele que prevê a remoção de duas árvores concorrentes por árvore potencial;
- IV. Existe uma relação positiva entre o crescimento individual das árvores de *C. lusitanica* e o desempenho econômico dos plantios, indicando que o maior crescimento individual está associado a maiores retornos financeiros;
- V. A viabilidade econômica do cultivo de *C. lusitanica* é influenciada positivamente pelo manejo adequado do povoamento, frente a utilização de desbaste pelo alto com a remoção de duas concorrentes dos indivíduos dominantes.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

O setor florestal brasileiro contribuiu de 2010 a 2021 com valor adicionado a economia brasileiro em média de 1,2% e, ainda, este por sua vez, representou incremento ao Produto Interno Bruto (PIB) de 20,5% (IBÁ, 2023). A competitividade dos plantios ocorre em razão das condições edafoclimáticas e do avanço tecnológico dos equipamentos, melhoramento genético, técnicas silviculturais e de manejo (ACR, 2022).

A cadeia produtiva ligada a florestas plantadas está entre as 50 atividades que mais representam a economia do país, ficando na 22º posição, graças a conexão com a ciência, interação direta com novos desenvolvimentos e padrões de consumo (IBÁ, 2022).

Os plantios florestais comerciais podem apresentar, em decorrência de diversos fatores, custos inferiores e maior rentabilidade que o resultante do cultivo de culturas agrícolas, mesmo que com maior rotatividade (em torno de 7 anos para *Eucalyptus* e a partir de 13 anos para *Pinus*). Eles são atrativos em decorrência de fazer uso de solos empobrecidos, que possuem baixa aptidão agronômica, e em razão de sua estrutura verticalizada ou polos industriais que viabilizam a rápida incorporação do que se é produzido (Moreira e Oliveira, 2017).

De todos os segmentos do setor, o de celulose e papel é o que mais se destaca por contribuir de forma proeminente com o desenvolvimento do Brasil, fazendo com que o Brasil esteja no topo dos maiores exportadores de celulose do mundo, tendo exportado cerca de US\$ 1,9 bilhão a mais que o segundo colocado (Valverde et al., 2012; IBÁ, 2022). No entanto, a participação da madeira serrada e compensada, assim como outros tipos de madeira, teve aumento nas exportações, impulsionado principalmente pela pandemia e o novo formato home office (IBÁ, 2023).

Entre as espécies cultivadas no território brasileiro, eucalipto abrange 75,8% de área, enquanto 19,4% são de pinus, com o restante abrangendo múltiplas espécies, tais como, seringueira, acácia, teca e paricá (IBÁ, 2023). Deste modo, ambas as espécies representam as matérias-primas principais do setor.

Há relatos de que o eucalipto foi introduzido no Brasil por volta de 1825 e os estudos iniciados em 1904 por Edmundo Navarro de Andrade, considerado pai da silvicultura no Brasil, logo, há grande gama de pesquisas desenvolvidas e em desenvolvimento. De forma ampla, espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido preferencialmente cultivadas em decorrência do rápido crescimento, capacidade de adaptação as diversas condições edafoclimáticas e pelo potencial

econômico em função da alta produtividade da madeira, menores custos e maiores taxas de retorno (Pinto Júnior et al., 2014).

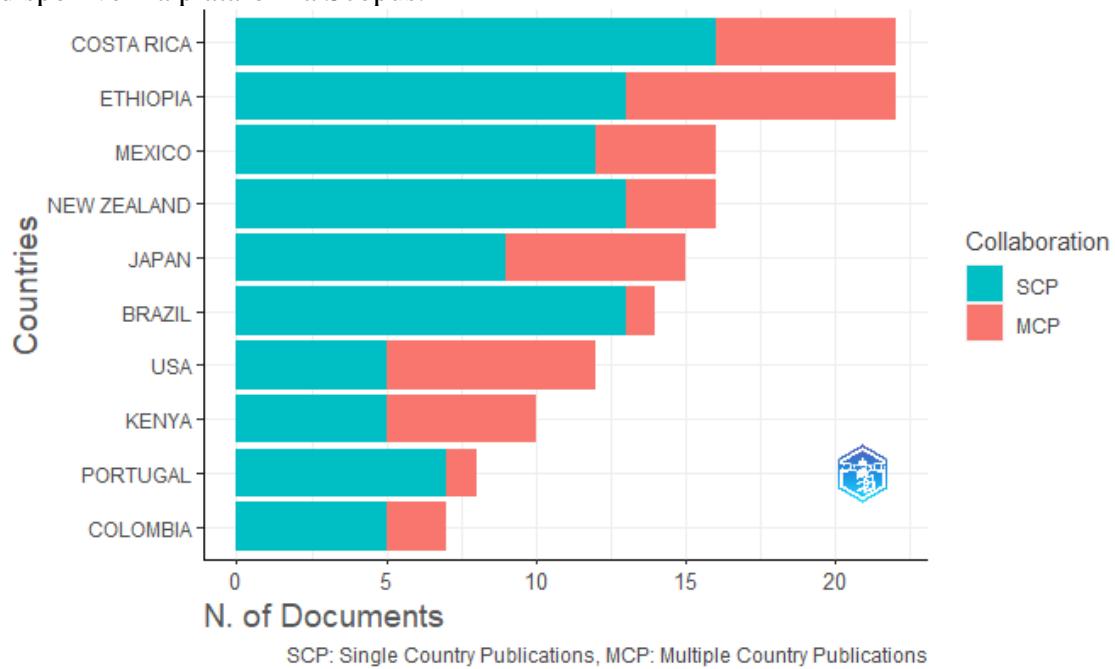
Enquanto isso, sendo o segundo gênero mais cultivado, as florestas de *Pinus* foram impulsionadas por um incentivo fiscal nas décadas de 1970 e 1980, o Fundo de Investimento Setorial (FISET), que tinha por objetivo promover investimentos em plantações florestais de modo a aumentar a produção doméstica de papel, principalmente, e dinamizar a economia nacional com valor agregado do pequeno produtor aos vários segmentos industriais, como da laminação, chapas, geração de energia (Touto e Hoeflich, 2008). Além disso, o cultivo da espécie foi incentivado pelo governo na década de 50 em razão da necessidade de substituir a madeira de araucária, que passava por esgotamento de estoques, e acabar com o corte de outras espécies nativas (Dossa et al., 2002).

Destaca-se que ambas as espécies são importantes para o setor, principalmente, visto o desenvolvimento tecnológico. No entanto, é importante ampliar o uso da madeira em diferentes setores produtivos, de modo que elas também sejam norteadas por uma demanda viável economicamente, com capacidade para incitar e manter o aumento da oferta no setor florestal e, ainda, contribuir com a reversão de mudanças climáticas (MAPA, 2024). Neste sentido, desenvolver pesquisas com espécies potenciais a produção no Brasil acaba por ser um diferencial a contribuir com o fortalecimento do setor e a variabilidade de produtos, visto a pluralidade de espécies florestais e características físico-químicas destas.

4.2 *Cupressus lusitanica* P. MILLER: CARACTERIZAÇÃO E POTENCIAL PRODUTIVO

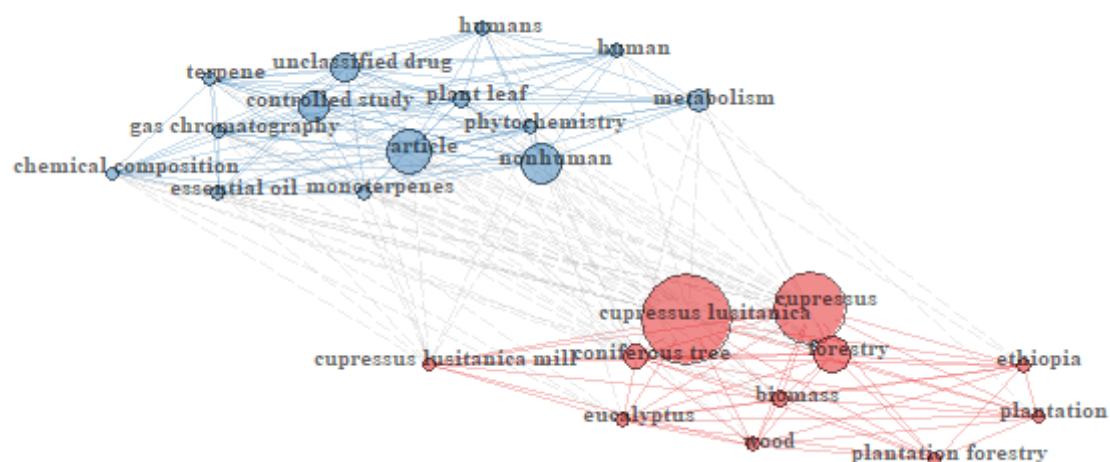
Em busca no acervo da Scopus, verificou-se 282 trabalhos científicos relacionados a palavra-chave *Cupressus lusitanica*, os quais foram desenvolvidos na Costa Rica, Etiópia, Mexico, ficando o Brasil na 6^a posição entre os 10 primeiros (Figura 1). Estes estudos são datados do período de 1953 a 2024, e, por meio do pacote bibliometrix observou-se que as palavras de maior ocorrência estão apresentadas na Figura 2. Os trabalhos abordados são do tipo revisão bibliográfica, capítulos de livros, documentos de conferências, artigos.

Figura 1. Distribuição de pesquisas relacionadas a palavra-chave *Cupressus lusitanica*, disponível na plataforma Scopus.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 2. As trinta palavras de maior ocorrência agrupada por *clusters* (diferentes cores) nos estudos científicos constantes na plataforma Scopus com a palavra-chave *Cupressus lusitanica*.

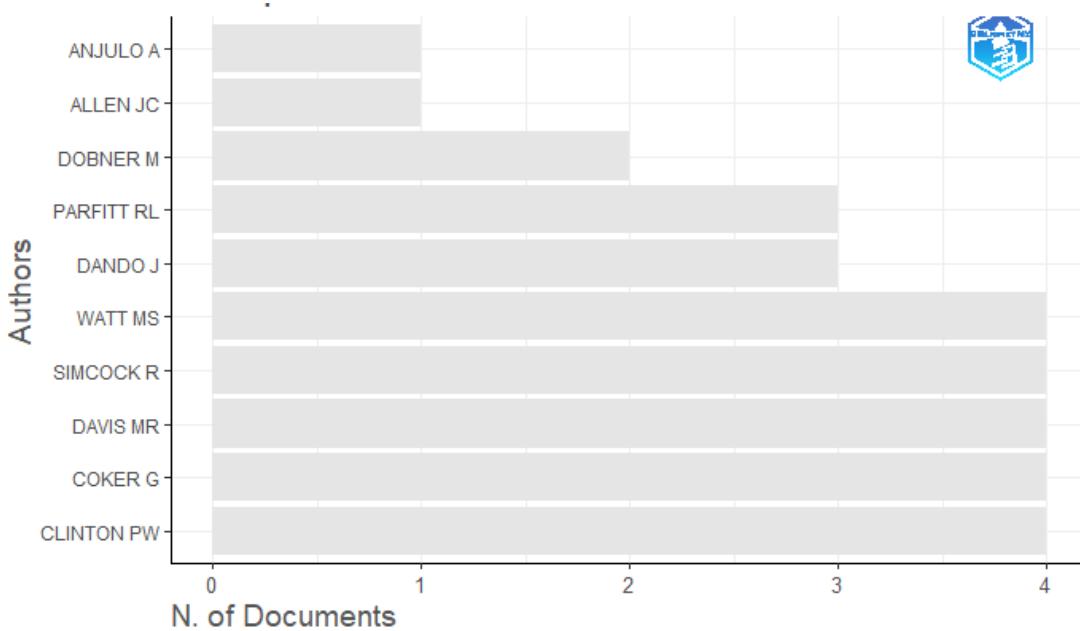


Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Nela constata o agrupamento em *clusters*, que representa através das diferentes cores a maior facilidade que possuem de serem citadas juntas e, ainda, quanto maior a circunferência maior a quantidade de ocorrência nos trabalhos avaliados. A partir da figura é possível observar que boa parte das pesquisas desenvolvidas possuem relação com o cultivo integrado com outras espécies, análises de biomassa, componentes químicos, metabolismo e óleo essencial.

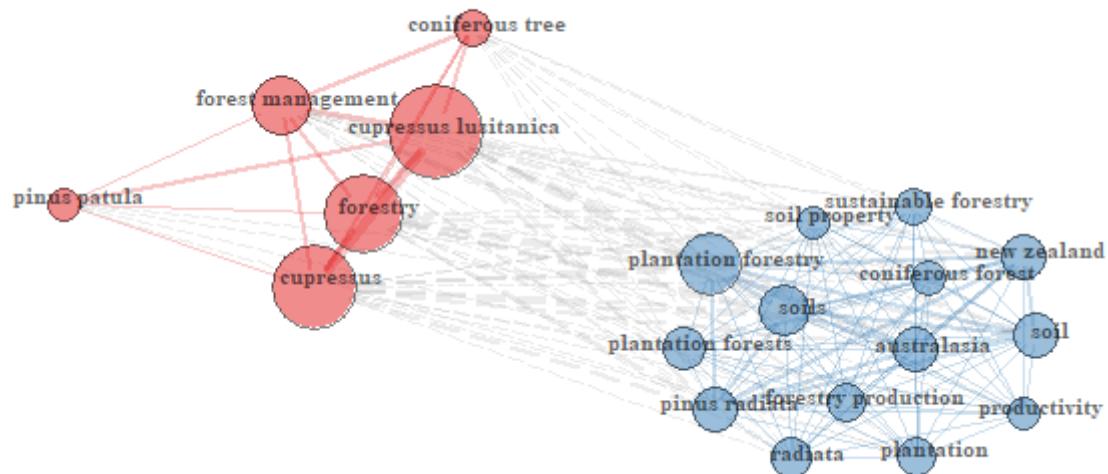
Ao adicionar a palavra-chave forest management (*Cupressus lusitanica* + manejo florestal) os estudos se restringem a 20, com 95% deles sendo artigos científicos e 5% capítulos de livros. Os 10 autores de maior relevância em função do quantitativo de publicações constam na Figura 3 e, ainda, as palavras de maior ocorrência nestes estudos estão apresentadas na Figura 4. Estes 20 estudos estão em grande parte relacionados ao rendimento e qualidade da madeira, sequestro de carbono, fertilidade do solo e potencial de regeneração da espécie em seus ambientes nativos, cultivo integrado e o crescimento da espécie. Ressalta-se que apenas dois destes foram desenvolvidos no Brasil, que por sua vez avaliaram o potencial de crescimento da espécie frente ao manejo e cultivo integrado. Diante disto, verifica-se que são poucas as pesquisas relacionadas a espécie voltadas a práticas silviculturais e de manejo e, ainda, quanto ao seu cultivo no Brasil.

Figura 3. Produção científica pelos 10 autores com maior números de estudos publicados que possuem palavras-chave *Cupressus lusitanica* + management forest disponível na plataforma Scopus.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 4. As vinte palavras de maior ocorrência agrupada por *clusters* (diferentes cores) nos estudos científicos constantes na plataforma Scopus com a palavra-chave *Cupressus lusitanica + management forest*.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Cupressus lusitanica Mill conhecida por cipreste, cedrinho, é uma gimnosperma monoica da Família Cupressaceae, nativa da América Central. A espécie se desenvolve em seu local de origem em altitude entre 1.000 m e 2.500 m, com precipitação bem distribuída durante todo o ano, em cerca de 2.000 mm a 4.000 mm, e temperatura média de 12°C, deste modo, no Brasil o seu cultivo é indicado para a região sul (Shimizu et al., 2006).

A madeira da espécie apresenta baixo índice de contração, estabilidade dimensional semelhante a *Pinus elliottii* Engelm e *Pinus taeda* L., sendo considerada leve (densidade de 0,415 g cm⁻³) (Pereira e Higa, 2003). Ela possui elevado teor de lignina, densidade baixa, baixo índice de contração volumétrica, é relativamente homogênea quanto a variação de suas características ao longo do seu tronco, apresenta altos teores de extractivos totais (Vivian et al., 2020; Pereira e Higa, 2003).

Sua produção ainda pode ser indicada para polpa celulósica, pois apresenta indicadores de qualidade de polpa celulósica superiores aos do gênero *Pinus*, mesmo com menor quantidade de traqueídeos e sem a existência de programa de melhoramento (Vivian et al., 2020).

Na produção de madeira serrada, a espécie apresenta bom rendimento líquido no processo de desdobro tangencial, com 43,2% para classes de 20 a 27 cm e de 45,2% para classes acima de 27,1 cm (Cunha et al., 2016).

Além disso, apesar de não ideal, o cultivo pode ser realizado em solos erodidos, rasos, áreas próximas de encostas, algumas regiões bioclimáticas do Paraná e Santa Catarina que

esteja acima de 800 e 600 metros de altitude, respectivamente (Pereira e Higa, 2003). A madeira do *C. lusitanica*, de qualidade comparada à de teca, tem indicação de uso para a construção naval, estruturas de ambientes externos, móveis finos, peças torneadas, dentre muitas outras finalidades (Shimizu et al., 2006).

Na Costa Rica, apesar de não ser também local de origem da espécie, já foram identificados 28 agentes causais de danos a espécie, dos quais 50% são insetos, 39% patógenos e 11% são vertebrados (Arguedas, 2008). Estes podem resultar em danos as sementes, plântulas, folhas, ramos, fuste e raiz que podendo representar em ameaça a sobrevivência de indivíduos da espécie em todas as idades. Neste sentido, ressalta a inexistência de estudos nesta vertente realizados no Brasil.

No Brasil, Dobner Jr. (2021) indicou que *C. lusitanica* representa oportunidade no setor florestal, ao passo que promove diferenciação de nichos de mercado que possuem demanda por madeira sólida. O autor apontou potencial de cultivo da espécie na região sul do Brasil, visto que se espera máxima de produtividade, entre 16 e 18 anos de idade, de 6 a $31\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}\text{ ano}^{-1}$. Além disso, em períodos de produção de 25 a 35 anos podem ser constatadas árvores dominantes com diâmetro à altura de 1,30 m do solo (d) de 50 cm, a depender do material genético, qualidade do sítio e práticas de manejo adotadas na condução do plantio.

Ao avaliar o plantio da espécie no Brasil sobre cobertura de *P. taeda*, Topanotti (2020) constatou que esta situação desencadeou efeito negativo no crescimento em diâmetro, no entanto, não foi afetado em altura, volume e área de copa.

Frente as mudanças climáticas a espécie apresenta grande potencial no acúmulo de carbono. Mada et al. (2022) observaram que o potencial de sequestro de carbono (t ha^{-1}) e biomassa média (t) foram superiores que para eucalipto e pinus. Logo, a espécie se destaca diante de gêneros que são altamente desenvolvidos tecnologicamente.

4.3 MANEJO FLORESTAL

Em sentido amplo o conceito de manejo florestal corresponde ao conjunto de medidas e técnicas adotadas em relação a um povoamento, que visa a otimização de bens e/ou serviços, assim como, conduzir a floresta aos objetivos de uma organização (Rosot, 2007; Scolforo, 1998).

Classicamente, é definido como a “aplicação de métodos empresariais e princípios técnicos na operação de uma propriedade florestal”, estando estes princípios atrelados a

silvicultura que, por sua vez, trata-se da ciência aplicada ao estabelecimento, condução e colheita de árvores, com conceito ampliado para além das florestas plantadas, mas nativas também (Silva, 1996).

Em relação as florestas plantadas, entende-se por manejo florestal “tanto o estudo, como a concepção, a prática de regimes integrados de espaçamento inicial, tratos culturais, prescrições de poda e de desbaste, e idade de rotação/corte final ou corte raso” (Ahrens, 1987).

O objetivo do manejo é a determinação dos regimes a serem adotados na condução de um plantio, tais como escolha e procedência da espécie, arranjoamento, tratamentos silviculturais, desbastes e podas (Scolforo, 1998).

4.3.1 Desbaste

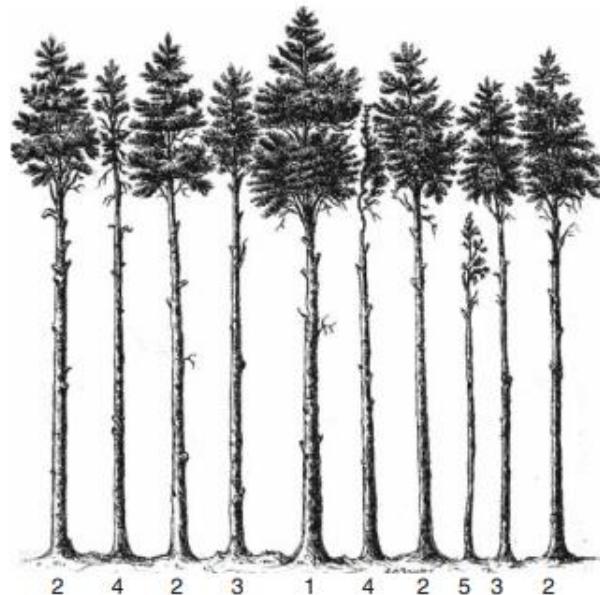
O desbaste corresponde ao corte de alguns indivíduos do povoamento em um determinado momento, que tem por finalidade melhorar o padrão da floresta remanescente, visto que se retira árvores de menor porte, defeituosas, reduz a competição, aumenta a proteção contra pragas e doenças ao passo que diminui o estresse das árvores, evita mortalidade (Scolforo, 1998). Dentre as finalidades do uso da técnica está: aumentar a produção de madeira comercializável, direcionar o incremento para as árvores com maiores diâmetros e elevar a rentabilidade do plantio (Barbosa et al., 2015).

Quando aplicado na época e intensidade correta o desbaste pode resultar na manutenção, como também, no aumento das taxas referentes ao crescimento das árvores remanescentes (Schumacher e Vieira, 2016). Este por consequência poderá refletir na produção e produtividade do povoamento.

A seleção das árvores geralmente deve considerar três fatores: condição da copa e posição relativa das árvores, condições fitossanitárias e características do tronco e sua qualidade (Ahrens, 1992). Neste sentido, cada caso deve ser particularizado e analisado de modo que os objetivos finais da produção florestal sejam atendidos.

As operações no povoamento devem considerar os aspectos biológicos dos indivíduos (Kraft, 1884 apud Pretzsch, 2009). Em função destes, o mesmo autor classificou os indivíduos arbóreos em 5 classes ecológicas (Figura 5).

Figura 5. Classe de caracterização ecológica dos indivíduos arbóreos de um povoamento segundo Kraft (1884).



Fonte: Pretzsch, 2009.

De acordo com o autor a classe 1 corresponde aos indivíduos predominantes, sendo eles os que possuem desenvolvimento superior. Classe 2, são árvores que representam o povoamento principal, conhecidas por dominantes, apresentam grande porte e possuem copa bem desenvolvida. A classe 3, codominantes, apresenta semelhança com a anterior em relação a copa, porém, com desenvolvimento relativamente baixo, com sinais de degeneração (brotos secos). A classe 4 se refere as árvores dominadas, elas possuem copa quase mortas ou com desenvolvimento em todos os sentidos restrito, apresentando formato unilateral. E a última classe, a 5, corresponde as árvores intermediárias, elas se encontram livres em relação ao dossel, apresentando restrição no desenvolvimento da copa. Logo, esta classificação se faz importante no momento de definir as intervenções por desbastes, visto que ela auxilia a compreender a resposta dos indivíduos remanescentes.

No processo de crescimento e desenvolvimento natural dos indivíduos que ocorre em função da umidade, disponibilidade de nutrientes e luz, desenvolve-se um processo chamado de competição, pelo qual alguns naturalmente irão superar o desenvolvimento de outros, ao passo que competem por esses fatores, que são determinantes ao crescimento (Ahrens, 1992). Logo, a remoção de árvores de um povoamento visa que seja disponibilizado aos indivíduos restantes condições ambientais que favoreçam seu bom desenvolvimento (Dobner Jr.; Huss, 2015; Ribeiro et al., 2012).

Os desbastes podem ser do tipo sistemático, seletivo ou misto (Oliveira, 1995). Sistemático quando se retira indivíduos do plantio em função da disposição no plantio com base em um esquema fixo. O seletivo adota-se por critério de corte as menores árvores, tanto em diâmetro como em altura. O desbaste misto corresponde a combinação dos dois anteriores, adotando-se inicialmente o sistemático e, por segunte, o seletivo. Neste sentido, o desbaste seletivo considera os aspectos ecológicos apontados nas classes supracitadas.

O desbaste seletivo pode ser aplicado de duas maneiras, por baixo ou por alto, conhecidos respectivamente, por método alemão e método francês (Ahrens, 1992). O autor ressalta que o método por baixo, deve considerar a remoção de árvores que naturalmente seriam eliminadas, ou seja, antecipação da mortalidade, visto que são removidos indivíduos menores e de menor vigor, visando com a eliminação destes que o crescimento seja acelerado e a qualidade do fuste das árvores remanescente melhore.

O desbaste seletivo por baixo envolve a remoção das árvores do plantio com base em critérios que geralmente consideram a qualidade inferior dos indivíduos. Essa técnica é amplamente utilizada, mas após a intervenção, ocorre uma retomada da competição entre os indivíduos em pouco tempo (Dobner Jr. e Huss, 2015).

Por outro lado, o método de desbaste por alto, conforme descrito por Ahrens (1992), consiste no corte de algumas árvores nos estratos de dominância ou codominância. Nesse caso, são removidas muitas árvores de grande porte (com troncos mais grossos e maior valor agregado). Apesar disso, muitos indivíduos dominantes e codominantes ainda permanecem, resultando em maiores receitas no momento do corte final.

O desbaste por alto se caracteriza pela retirada de árvores concorrentes de indivíduos potenciais, logo, resulta em abertura no dossel que otimiza espaço a ser utilizado pelas dominantes e demais árvores remanescentes (Dobner Jr. e Huss, 2015). Ainda de acordo com os autores os critérios para seleção das árvores a serem cortadas são: dominância, qualidade e distribuição, sendo o primeiro o mais importante.

Ressalta-se que os indivíduos potenciais apresentados pelos autores são as árvores dominantes que apresentam boa qualidade (apresentam copas frondosas, galhos de maiores diâmetros, podendo apresentar tortuosidade leve) e se encontram distribuídas de forma homogênea no povoamento. Enquanto as concorrentes são indivíduos que apresentam bom desenvolvimento, mas que em decorrência de alguma característica, foram descartados de serem considerados dominantes (Dobner Jr. e Huss, 2015).

Logo, a utilização do desbaste por alto além de favorecer os indivíduos superiores em critério de dominância, também permite aos que se encontram em estratos inferiores condições para que atinjam as características necessárias visando atribuição de valor comercial.

Ainda, os desbastes podem ser do tipo comercial e pré-comercial, em função dos aspectos econômicos envolvidos na operação (Spinelli, 2004). No primeiro o valor de receita obtido com a colheita é suficiente para cobrir os custos de operação. No segundo, seu objetivo é o de reduzir a competição priorizando atendimento, por meio do manejo do povoamento, dos propósitos da produção.

4.4 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO FLORESTAL

A avaliação da produção e produtividade de uma área florestada é realizada a partir de inventários, que fornece informações sobre variáveis individuais e de povoamento, dentre outras, ligadas a sobrevivência e qualidade dos indivíduos do plantio. Ele pode ser realizado com a mensuração de todos os indivíduos, conhecido por censo ou inventário 100%, ou por meio de técnicas e métodos amostrais (Machado, 1988).

A amostragem florestal tem por principal objetivo obter estimativas relacionadas aos parâmetros da população em função de uma amostra. Diferentemente, no censo são obtidos os parâmetros da população de modo que todas as informações coletas já se referem aos valores reais (Pellico Netto e Brena, 1997).

No inventário florestal se mensura informações básicas em campo, tais como diâmetro a altura do peito e a altura dos indivíduos. O d é mensurado por fita diamétrica ou suta, corresponde ao elemento de mais fácil mensuração em campo, seu agrupamento permite observar a distribuição diamétrica da floresta, sendo, assim essencial para avaliar o crescimento, além disso, serve para determinar a área seccional, que é a base para a determinação do volume e área basal (Soares et al., 2011).

A altura, obtida por medição ou estimativa, é importante para que seja possível determinar o volume das árvores e, relacionando com a idade, a qualidade do sítio (Soares et al., 2011). Desta forma, tais variáveis possibilitam multiplicidade nas análises dos povoamentos florestais.

4.4.1 Crescimento e produção florestal

O acompanhamento do crescimento das florestas é essencial para a estimativa da produção e produtividade. A produção se refere ao crescimento das árvores em tamanho, peso e volume. Ela é considerada o total do crescimento acumulado, enquanto o crescimento propriamente dito diz respeito a uma taxa em função de períodos (Burguer, 1980; Spathelf e Nutto, 2000). A produtividade tem intrínseca em sua definição além do conceito de produção, a relação direta com desempenho, aproveitamento, logo, corresponde ao quanto se é produzido em um determinado período, ou seja, a eficiência da produção.

De acordo com Borges (2013) as maneiras mais usais de expressar o crescimento é por meio do incremento médio anual (IMA), incremento corrente anual (ICA), incremento periódico (IP). O mesmo autor conceitua o ICA como o crescimento da variável dendrométricas ocorrido dentro de um ano, ou seja, a diferença na produção considerando este mesmo período (Eq. 1). O IMA se refere a razão entre a produção levando em consideração o ano 0 e a idade, seja da população ou do indivíduo avaliado (Eq. 2). Enquanto o IP é o crescimento ocorrido na variável de interesse em relação a um determinado período (Eq. 3).

$$ICA = Y_2 - Y_1 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$IMA = \frac{Y}{I} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$IP = \frac{Y_2 - Y_1}{t} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que Y_1 se refere à produção da variável no início do período e Y_2 no final do período, Y corresponde à produção da variável de interesse, I indica idade e t corresponde ao tempo compreendido entre Y_1 e Y_2 .

Por meio da análise de incrementos é possível indicar a idade de rotação técnica, momento em que ICA e IMA se encontram, indicando que a floresta atingiu a sua produtividade máxima naquelas condições (Floriano, 2021). Isto facilita a tomada de decisão sobre o momento mais indicado para a aplicação de desbastes ou corte raso, conforme a finalidade do plantio.

A distribuição diamétrica de um povoamento consiste na distribuição do número de árvores por hectare ou classe de diâmetro (Alves Júnior et al., 2009). A diferença entre a estrutura diamétrica de uma floresta plantada para uma floresta nativa se torna perceptível quando verificado o padrão de distribuição dos diâmetros. Em florestas nativas, de modo geral, e de modo singular as tropicais, se observa uma forma de curva em “J-invertido”, o que permite

constatar que se reduz o número de árvores à medida que aumenta o diâmetro, enquanto isso, as florestas plantadas apresentam curva que se assemelha a normal (Lima e Leão, 2013).

Com a análise da distribuição diamétrica, do ponto de vista da produção florestal, é possível verificar padrões de crescimento, como também, características do povoamento que possibilite projeções através do tempo, além da avaliação do comportamento quanto aos fatores associados, podendo relacionar com atividades ligadas a condução do crescimento e exploração comercial (Lima e Leão, 2013; Bartoszeck et al., 2004).

4.4.1.1 Funções de densidade probabilísticas

A estrutura horizontal de um povoamento pode ser conhecida através de funções de densidade de probabilidade. A modelagem destas permite realizar a prognose, além de conhecer práticas de manejo no povoamento, assim como, planejar intervenções ou a comercialização da madeira (Carvalho, 2020).

As distribuições de densidade probabilísticas estão entre as principais ferramentas utilizadas na atualidade para a realização da modelagem da estrutura de povoamentos florestais, tanto de florestas multiâneas como heterogêneas (Nascimento et al., 2012). Elas se referem a probabilidade que está associada a cada valor da variável de estudo, relativa ou absoluto, em vista às diferentes dimensões das árvores (Campos e Leite, 2013).

O uso de distribuições diamétricas são comuns em virtude da eficiência e simplicidade em refletir a estrutura de um povoamento. A variável diâmetro é fortemente correlacionada a outras importantes variáveis, tais como altura, volume, custos associados a conversão dos produtos e determinação do tipo (Stepka et al., 2011).

Por meio de funções de densidade probabilísticas (fdp's) é possível modelar a distribuição das variáveis de interesse. As funções mais comuns no setor florestal para determinar a probabilidade de ocorrência de um quantitativo de árvores em função de um limite inferior e superior são: Normal, Log-Normal, Beta, Weibull (Scolforo, 2006) e ainda a Gamma. Ressalta-se que a Weibull ainda apresenta variações quanto aos parâmetros.

Funções de densidade de probabilidade podem ser utilizadas para descrever a distribuição diamétrica de um povoamento, em virtude da probabilidade associada a cada valor, (Campos e Leite, 2017) e, com ela realizar projeções quanto ao crescimento da floresta. Dentre as principais utilizadas, cita-se Normal, também conhecida por função de Gauss, e ainda Log-normal, Gamma e Weibull.

Vários são os trabalhos que testaram o uso de fdp's e atestaram a confiabilidade da aplicação delas no setor florestal. Tal como observado com os trabalhos de Loureiro et al. (2013), Stepka et al., (2011), Jesus et al. (2017), Téo et al. (2012), Castro et al. (2017).

A utilização das funções de densidade probabilísticas permite representar a estrutura diamétrica dos povoamentos florestais, além disso, descrever a probabilidade de ocorrência de árvores em determinados intervalos de classes diamétricas (Scolforo, 2006). Além disso, Burkhart et al. (1981) as apontam como adequadas as distribuições para analisar desbastes, pois elas apresentam alto flexibilidade e permitem identificar os multiprodutos.

Ressalta-se que cada função apresenta suas estatísticas descritivas básicas, logo, a depender recomenda-se que sejam adotadas as que resultarem em melhor nível de aderência. Neste sentido, para verificar a qualidade do ajuste destas funções, testes que avaliam índices de aderência são aplicados. Eles consistem em avaliar a concordância entre a frequência observada e a estimada pela função em relação a um nível de probabilidade de erro (Netto, 2008). O teste de Kolmogorov-Sminov possui a capacidade de realizar tal comparação, ao passo que avalia a frequência estimada acumulada em função da observada acumulada.

A aplicação de funções de densidade de probabilidade que apresentam baixo nível de erro na estimativa é de grande valia para as empresas e profissionais do setor florestal, em virtude de ser uma informação a mais sobre o povoamento e, por sua vez, facilitar o planejamento e tomada de decisão relacionados ao manejo florestal (Téo et al., 2012).

4.5 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS FLORESTAIS

Os projetos florestais carecem ser avaliados quanto a análise econômica. Rezende e Oliveira (2008) indicam que antes que um projeto seja implementado é necessário testá-lo em relação a viabilidade econômica, que consiste em analisar se as receitas obtidas superam os custos necessários. A avaliação de projetos deve estar pautada na análise do fluxo de caixa do empreendimento, este por sua vez corresponde aos custos e receitas que ocorrem ao longo do projeto (Silva et al., 2005). Através desta análise pode-se inferir que se as receitas forem superiores aos custos, indica-se que o projeto possui viabilidade econômica, sendo o oposto verdadeiro.

O retorno econômico de um regime de manejo florestal, que visa a produção de madeira para um determinado fim, é influenciado por uma série de fatores: condição do sítio, logística do povoamento ao consumidor, preço da madeira, custo da terra, taxa de juros, os custos

necessários a implantação do plantio e a sua colheita, além dos necessários a administração e manutenção do povoamento (Gomes, 1999).

Folmann et al. (2014) indicam que a viabilidade de um projeto florestal sofre influência direta do sítio, pois reflete na produção madeireira do povoamento, ao passo que projetos com mesmo horizonte de planejamento, porém sítios distintos apresentam diferentes volumes de sortimento.

Um projeto será viável economicamente quando suas receitas superarem os seus custos. A avaliação sucede de um fluxo de caixa, ou seja, análise dos custos e receitas que ocorrem ao longo da duração do empreendimento (Silva et al., 2005). Os custos devem considerar os investimentos aplicados em todos os procedimentos ligados a implantação, manutenção, administração. As receitas devem considerar os valores de venda dos produtos resultantes do povoamento, logo, é essencial o conhecimento dos sortimentos.

Diversos são os métodos e critérios para avaliação de projetos florestais. De acordo com Leonel (2007) as ferramentas de análise partem de premissas que lhes conferem confiabilidade, no entanto, não permitem determinar a melhor a ser indicada para tomada de decisão. Apesar disso, ele indica que no setor florestal sejam utilizadas as que consideram a variação do capital ao longo do período.

Os critérios de avaliação econômica mais utilizados são: Valor Anual Equivalente (VAE), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL). De acordo com Oliveira et al. (2020) o VAE se trata de “um critério econômico que transforma o valor presente líquido em um fluxo anual e constante de receitas/custos, de duração igual ao horizonte do projeto”. A TIR corresponde a “taxa de desconto que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos”, ou seja, o percentual de retorno que um investimento retornará (Silva et al., 2005). Rezende e Oliveira (2008) apontam que este critério não deve ser utilizado para comparar projetos de diferentes tamanhos, naturezas e duração.

De acordo com Moreira et al. (2015) um projeto será viável economicamente quando a TIR for igual ou maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). A TMA é caracterizada como a taxa mínima que se espera de um investimento para que seja viável (Kassai et al., 2012). Logo, comparando mais um de projeto, a critério de decisão, ou seja, o de maior viabilidade econômica será o que tiver maior TIR e esta, por sua vez, for superior a TMA.

O Valor Presente Líquido (VPL) trata-se do lucro descapitalizado obtido com o projeto, ou seja, o montante obtido considerando o momento presente em que o investimento foi realizado (Zancanaro, 2019). Desta forma, quando apresentar valor negativo, indica que o projeto não gera lucro, resultando em prejuízo para o investidor. Se o valor for 0, aponta que as

receitas e os custos são iguais, indicando que o investimento não resulta em prejuízos, mas também não gera lucro.

Neste sentido, a análise econômica permite inferir sobre o período ótimo para maior retorno econômico, influenciando pelo manejo adotado. Tal como Dobner Jr e Quadros (2019) verificaram para *Pinus taeda* L., que mesmo com a idade ótima de corte indicada de 18-20 anos, prolongar o período de rotação possibilitaria maior retorno econômico para a cultura. Além disso, verificaram que independente da intensidade, o desbaste promoveu maior produção econômica. Diante disto, a avaliação do potencial de cultivo de uma nova espécie visando a diversificação do setor florestal, deve estar pautado no seu potencial de inclusão no mercado, ou seja, na capacidade de esta promover lucros, além da sua qualidade madeireira.

5 CAPÍTULO I: CARACTERIZAÇÃO DENDROMÉTRICA E INCREMENTO DE *Cupressus lusitanica* MILL SUBMETIDO A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTES

RESUMO

A produção das florestas plantadas são meio pelo qual houve redução da pressão exploratória sob a florestas nativas, visto que geram matéria-prima para diversos setores da indústria. Diante disto, avaliar o potencial de espécies alternativas é importante para a manutenção do setor que tem por base produtiva as florestas. Neste sentido, *Cupressus lusitanica* Mill., conífera nativa da América Central, conhecida por cipreste, surge como potencial a diversificação de produção da base florestal brasileira. O desenvolvimento da pesquisa teve por objetivo avaliar a produtividade de plantio experimental de *C. lusitanica* ao longo de 8 anos, no qual este foi submetido a diferentes intensidades de desbaste. A área de estudo encontra-se localizada no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, e se caracteriza pela presença de três blocos, avaliando três diferentes condições de desbastes: sem desbaste – Testemunha; com desbaste, realizado com a remoção de 2 concorrentes das árvores dominantes – Comercial; e desbaste mantendo no local apenas as dominantes – Extremo. Mensurou em campo o diâmetro de todos os indivíduos dos tratamentos e a altura de apenas alguns os quais foram utilizados para realização de modelo hipsométrico. As alturas foram estimadas pelo modelo da Linha Reta ajustado que resultou em R^2 de 58,71% e Syx de 2,01 m. A análise de dados foi realizada em software R e Microsoft Excel, pelo qual foram obtidos o diâmetro médio e dominante - d e $ddom$ cm, diâmetro quadrático – dg em cm, altura dominante e média - $hdom$ e h em m, h/d , área basal – G em m^2 , incremento médio anual – IMA, volume total e individual para cada tratamento. Os dados foram considerados normais pelo teste de Shapiro-Wilk. A análise de variância (Anova) constatou diferença significativa entre os tratamentos para a variável diâmetro e as médias foram comparadas através do teste de Tukey em nível de 5% de significância. A análise estatística das variáveis d , $ddom$, dg , h e $hdom$ constatou que o desbaste Extremo foi o único que se diferiu dos demais tratamentos. Além disto, o regime extremo ocasionou em maior $ddom$ 32,6 cm, enquanto os demais resultaram 25,7 cm e 26,7 cm, Comercial e Testemunha respectivamente. No último ano de análise, o tratamento Testemunha obteve a produção volumétrica mais alta, alcançando $171,5\ m^3\ ha^{-1}$, seguido pelo tratamento Comercial com $149,8\ m^3\ ha^{-1}$ e o tratamento Extremo com $139,3\ m^3\ ha^{-1}$. Além disso, apresentaram área basal para Testemunha, Comercial e Extremo, valores respectivamente, de $29,2\ m^2\ ha^{-1}$, $26,1\ m^2\ ha^{-1}$ e $19,1\ m^2\ ha^{-1}$. Embora o tratamento Testemunha tenha liderado em produção, o tratamento Extremo teve o maior Incremento Médio Anual (IMA) no último ano, atingindo $13,4\ m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$. Os resultados ressaltam a complexidade da dinâmica florestal e a importância de considerar a qualidade do sítio no momento de avaliação de um espécie potencial, visto que o desbaste pelo alto em menor intensidade não foi favorecido. Porém, a caracterização dos tratamentos indicou a necessidade do desenvolvimento de estratégias de manejo, melhoria genética e cultivo em sítios de melhor qualidade para a máxima expressão do potencial produtivo, principalmente, em comparação a espécies majoritariamente cultivadas no Brasil.

Palavras-chave: Cipreste, Manejo florestal, Dendrometria, Produtividade florestal.

ABSTRACT

The production of planted forests serves as a means to reduce the exploratory pressure on native forests, as they provide raw material for various industrial sectors. Therefore, assessing the potential of alternative species is important for maintaining the sector, which is based on forest production. In this context, *Cupressus lusitanica* Mill., a conifer native to Central America known as cypress, emerges as a potential for diversifying the production base of Brazilian forests. The aim of the research was to evaluate the productivity of an experimental plantation of *C. lusitanica* over 8 years, during which it was subjected to different thinning intensities. The study area is located in the municipality of Campo Belo do Sul, Santa Catarina, characterized by three blocks evaluating three different thinning conditions: no thinning - Control; thinning with the removal of 2 competitors from dominant trees - Commercial; and thinning leaving only dominant trees - Extreme. The diameter of all individuals in the treatments was measured in the field, and the height of only some individuals was used to create a height-diameter model. Heights were estimated using the adjusted Straight Line model, resulting in R^2 of 58.71% and Syx of 2,01 m. Data analysis was conducted using R software and Microsoft Excel, from which mean and dominant diameter (d and $ddom$ in cm), quadratic diameter (dg in cm), dominant and mean height ($hdom$ and h in m), h/d ratio, basal area (G in m^2), annual mean increment (IMA), and total and individual volume for each treatment were obtained. Data were considered normal according to the Shapiro-Wilk test. Analysis of variance (ANOVA) showed significant differences among treatments for the diameter variable, and means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. Statistical analysis of the variables d , $ddom$, dg , h , and $hdom$ found that Extreme thinning was the only treatment that differed from the others. Furthermore, the Extreme regime resulted in a larger $ddom$ of 32,6 cm, while the others yielded 25,7 cm and 26,7 cm for Commercial and Control, respectively. In the last year of analysis, the Control treatment had the highest volumetric production, reaching $171,5\ m^3\ ha^{-1}$, followed by the Commercial treatment with $149,8\ m^3\ ha^{-1}$ and the Extreme treatment with $139,3\ m^3\ ha^{-1}$. Additionally, basal area values for Control, Commercial, and Extreme were $29,2\ m^2\ ha^{-1}$, $26,1\ m^2\ ha^{-1}$, and $19,1\ m^2\ ha^{-1}$, respectively. Although the Control treatment led in production, the Extreme treatment had the highest Annual Mean Increment (IMA) in the last year, reaching $13,4\ m^3\ ha^{-1}\ year^{-1}$. The results highlight the complexity of forest dynamics and the importance of considering site quality when assessing the potential of a species, as lower-intensity thinning was not favored. However, treatment characterization indicated the need for the development of management strategies, genetic improvement, and cultivation in sites of better quality for maximum expression of productive potential, especially compared to species predominantly cultivated in Brazil.

Keywords: Cypress, Forest management, Dendrometry, Forest productivity.

5.1 INTRODUÇÃO

O setor florestal está constantemente em busca de melhorias de processos e da produção, em função disso, parte das empresas do ramo já implementaram programa de melhoramento genético, além de ações estratégicas voltadas a inovação e parcerias com universidades e startups (IBÁ, 2022). Tais medidas são voltadas a garantir a máxima excelência nos produtos,

tais como papel, toras, carvão, painéis de madeira, além da buscar por expansão à novos mercados.

A introdução de espécies exóticas trouxe grandes benefícios ao setor florestal brasileiro, principalmente por ser alternativa ao suprimento da demanda por matéria prima para as indústrias florestais. Dentre as espécies mais cultivadas no Brasil, encontram-se as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, em função do crescimento rápido e da qualidade da madeira. Neste sentido, *Cupressus lusitanica* P. Miller também surge como potencial visto a possibilidade de produtividade em torno de $30 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}$, e por poder ser cultivada em solos rasos e erodidos (Pereira e Higa, 2003).

A espécie tem potencial para a indústria florestal para diversos fins, como a produção de celulose, móveis, embalagens, utilização na construção civil (Shimizu et al., 1995). De acordo com Okino et al. (2008) a espécie tem sido cultivada em plantios experimentais no Brasil em regiões do Estado de Santa Catarina e Paraná, devido ao potencial de cultivo na região sul do Brasil. Ressalta-se que seu cultivo no país ainda é recente.

Compreender como uma espécie se desenvolve em função das condições de sítio e dos regimes de manejo aplicados é primordial para a eficiente otimização dos recursos florestais. Tendo em vista que, conforme aumenta o número de árvores por hectare, maior é o nível de competição entre os indivíduos do povoamento em decorrência do aumento da área basal (Schneider, 1986).

A aplicação de desbastes em um povoamento é um meio para reduzir a competição entre os indivíduos, por aumentar o espaço necessário ao seu desenvolvimento. Logo, os desbastes apesar de reduzir a produção total tem por vantagem aumentar a produtividade, pois possibilita mais produtos em uma mesma tora, ou seja, diferentes sortimentos em um mesmo indivíduo em virtude deste apresentar maior volume individual (Schneider et al. 1991).

Neste sentido, avaliar as características dendrométricas de uma espécie permite avaliar através de monitoramento a saúde de uma floresta, além de possibilitar o planejamento florestal, estimar quanto a produtividade, ainda avaliar o potencial de sequestro de carbono, conservação da biodiversidade, dentre outros.

Um importante fator a ser observado quanto a aplicação de desbastes é a sua capacidade de influenciar nas características dendrométricas de um povoamento (Araújo et al., 2007). A menor densidade de um plantio favorece a formação de fustes de maiores diâmetros e agregada maior volume as toras. Por outro lado, a maior densidade resulta em redução do crescimento radial das árvores, resultando em fustes mais finos e menos valorizados economicamente (David et al., 2017a).

O conhecimento acerca das variáveis dendrométricas de plantios comerciais contribuem para informações técnicas para o entendimento efetivo do processo de crescimento de uma floresta (Hoffmann et al., 2011; Campos e Leite, 2013; David et al., 2017b), que pode ser utilizado na tomada de decisão pelo manejador visando otimizar a produção em função das condições do local (Murta Jr. et al., 2020).

Diante da necessidade de informações quanto ao cultivo de *C. lusitanica* no Brasil este estudo tem por objetivo avaliar o desenvolvimento e produção da espécie submetido a diferentes regimes de desbastes. Tais informações servirão de base para estudos futuros e recomendações silviculturais e de manejo para a espécie.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Caracterização da área de estudo

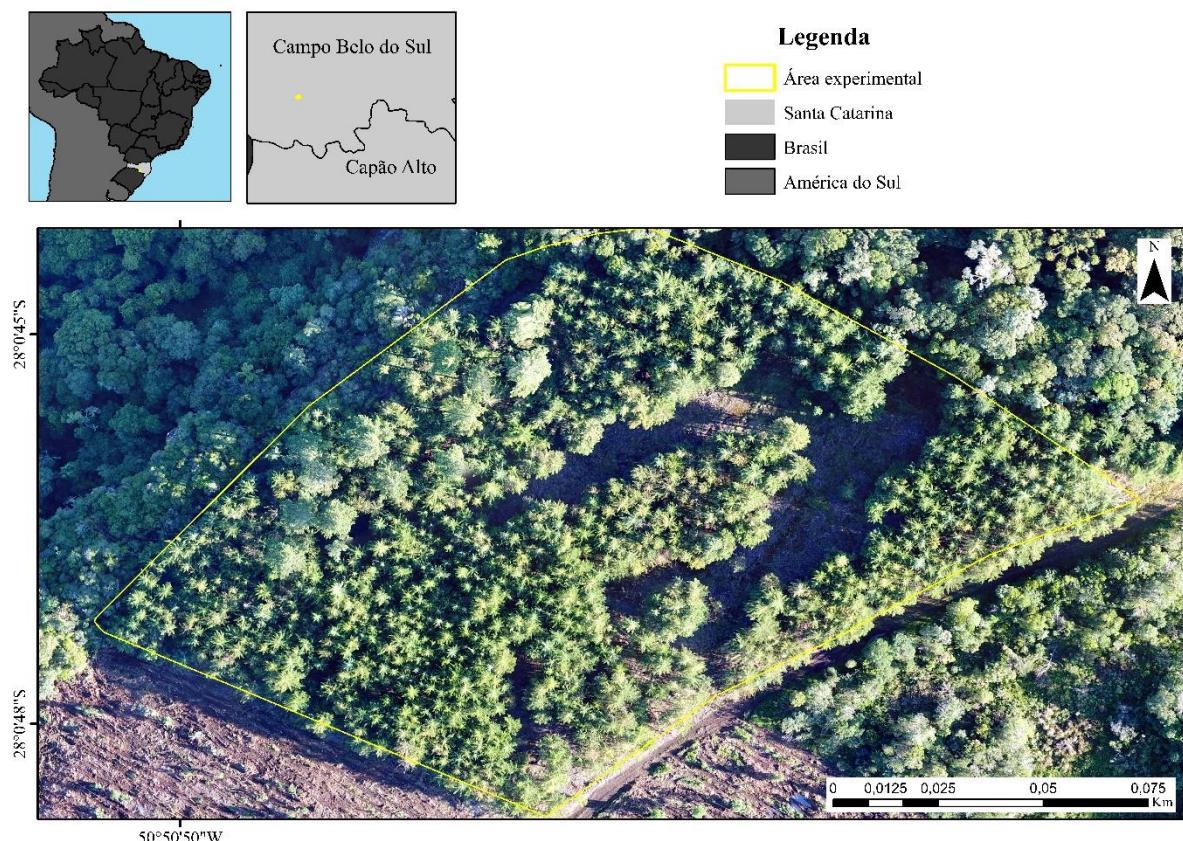
O estudo está localizado em uma área de 3 ha no município de Campo Belo do Sul – Santa Catarina, com plantio de *Cupressus lusitanica*, realizado em outubro de 2006 em espaçamento de 2,5 x 2,5 m (1600 árv ha^{-1}). De acordo classificação de Koppen, possui clima do tipo Cfb, caracterizado como subtropical úmido, clima oceânico (estações bem definidas) sem seca, com ocorrência de geadas, temperatura média anual de 13°C e precipitação média anual de 1675 mm (Alvares et al., 2013). O solo do local é considerado Nitossolo Háplico.

5.2.2 Mensuração florestal

Em março de 2015, aos 9 anos de idade do plantio, destinou-se parte da área, cerca de 6.750 m^2 para a avaliação experimental da aplicação de desbaste pelo alto em diferentes intensidades. Neste mesmo momento foi realizado poda até a altura de 3 m em todos os indivíduos.

O delineamento de blocos ao acaso (DBC) foi adotado para as avaliações. Foram instaladas 9 parcelas permanentes com área de $\sim 750 \text{ m}^2$ cada, as quais representavam a aplicação de 3 tratamentos dispostos em 3 blocos, estes sendo sinônimo de repetição (Figura 6). Os tratamentos consistiram em três condições de manejo: sem desbaste – Testemunha; com desbaste, realizado com a remoção de 2 concorrentes das árvores dominantes – Comercial; e desbaste mantendo no local apenas as dominantes – Extremo (Tabela 1).

Figura 6. Plantio experimental de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbaste



Nota: As clareiras na imagem são resultado da aplicação dos desbastes e presença de afloramentos rochosos.
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 1. Caracterização da densidade de plantio de *Cupressus lusitanica* por regime de desbaste, localizado no município de Campo Belo do Sul – SC.

Tratamento	$N_{inicial}$	$N_{após desbaste}$
Testemunha	1.600	1.378
Comercial	1.600	1.231
Extremo	1.600	320

Nota: $N_{inicial}$ = número de árvores por hectare; $N_{após desbaste}$ = número de árvores por hectare aos 9 anos de idade após a intervenção, considerando ainda a mortalidade.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A uso do delineamento em blocos ao acaso ocorreu em função da heterogeneidade, previamente visual, das condições edáficas do local. Desta forma, buscando evitar o efeito dela nos tratamentos utilizou blocos. Diante disto, realizou a classificação de sítio por meio do modelo ajustado por Dobner Jr. (2021) para a mesma espécie (Eq. 4), que obteve por critérios de qualidade de ajuste R^2 de 0,73 e S_{yx} de 2,8 m ou 18,3%:

$$S = h_{dom} \left[\frac{1-e^{-0,078 * idade\ indice}}{1-e^{-0,078 * idade}} \right]^{1,368} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que h_{dom} corresponde à média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare, ou seja, as dominantes da parcela; a *idade índice* é 20 anos

Verifica-se diferentes classificações de sítio entre as parcelas por bloco. Através da equação, os sítios das parcelas foram classificados como de média e baixa qualidade (Tabela 2). Logo, indica uma variação dentro dos blocos que influencia na resposta em crescimento dos indivíduos.

Tabela 2. Caracterização e qualidade do sítio de plantio de *Cupressus lusitanica*, aos 16 anos de idade, em função dos blocos e, respectivos, tratamentos.

Bloco	Tratamento	h_{dom}	S
1	Testemunha	16,7	18
	Comercial	13,9	15
	Extremo	16,7	18
2	Testemunha	16,1	18
	Comercial	16,5	18
	Extremo	16,9	18
3	Testemunha	15,6	17
	Comercial	15,5	17
	Extremo	17,8	19

Nota: h_{dom} = altura dominante (m); S = índice de sítio por tratamento (m).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A coleta de dados deste estudo iniciou no ano de 2015. No referido ano as parcelas foram instaladas em campo e realizada a primeira medição das variáveis de interesse. Após este procedimento inicial, realizou os desbastes e, posteriormente, a remediação, ou seja, as árvores de cada tratamento tiveram suas variáveis mensuradas antes e após a condição de desbaste. Os tratamentos foram avaliados anualmente. Os dados considerados para análise correspondem a medições até o ano de 2022, em que a coleta foi realizada no mês de julho.

A mensuração do diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo) – d , foi realizada com o uso de fita diamétrica, ainda se mediu a altura total dos indivíduos da primeira linha da parcela, os dominantes e o de menor diâmetro, todos com a utilização do hipsômetro Vertex.

5.2.3 Processamento e Análise de dados

Foram ajustados os modelos hipsométricos (Tabela 3) para predição das alturas faltantes, dos indivíduos que não tiveram mensurada em campo. A qualidade do ajuste foi avaliada em função do erro padrão da estimativa (S_{yx}), dispersão dos resíduos e do coeficiente de determinação (R^2). O S_{yx} avalia o quanto bem o modelo se adequada a representação dos dados

reais, quanto menor o seu valor melhor será considerado o ajuste. A dispersão dos resíduos por sua vez representa o quanto os valores estimados estão distantes dos reais, um modelo é considerado de boa qualidade quando a dispersão dos resíduos é baixa e se encontram próximos de zero, além disso, quando a variabilidade é constante em todas as faixas dos valores estimados da variável analisada. Enquanto isso, o R^2 é uma medida que varia de 0 a 1 e corresponde a proporção de variabilidade de uma variável dependente explicada pelo modelo. Neste sentido, quando 0 significa que o modelo não explica a variabilidade dos dados, quando 1 indica que explica em 100%. Neste sentido, quanto mais próximo de 1 (100%), indica mais o modelo se ajusta melhor aos dados avaliados, logo, quando utilizado para comparar diferentes modelos, o que resultar em maior R^2 , é considerado o melhor em relação aos demais.

Tabela 3. Modelos de relação hipsométrica avaliados para predição de altura de *Cupressus lusitanica*

Autor	Modelo
Linha Reta	$h_t = \beta_0 + \beta_1 dap + \varepsilon_i$
Naslund	$h_t - 1,3 = \frac{dap^2}{\beta_0 + \beta_1 dap^2} + \varepsilon_i$
Curtis	$\ln(h_t) = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{dap} + \varepsilon_i$
Assmann	$h_t = \beta_0 + \beta_1 \frac{1}{dap} + \varepsilon_i$

Nota: \ln = logaritmo neperiano; dap = diâmetro medido à 1,3 m do solo (cm); ht = altura total (m); β_0, β_1 = parâmetros do modelo a serem estimados e ε_i = erro aleatório intrínseco ao modelo.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Em seguida a análise dos dados foi realizado os cálculos das variáveis de árvores individuais (diâmetro médio (d), diâmetro quadrático (dg), diâmetro dominante ($ddom$), altura média (\bar{h}) e altura dominante ($ddom$)) e de povoamento (volume por hectare (V) e área basal por hectare (G)). O volume individual foi determinado a partir do fator de forma de 0,415 desenvolvido por Dobner Jr. (2021) para a espécie, *C. lusitanica* a partir de dados de diversos povoamentos instalados no Brasil.

Além disso, por meio da fórmula de Sturges (Equação 5) foram estabelecidas o número de classes diamétricas e de altura e, posteriormente, a amplitude das classes (Equação 6) para que fosse possível avaliar a distribuição de frequência dessas variáveis.

$$k = 1 + 3,3 \log n \quad (\text{Eq. 5})$$

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (\text{Eq. 6})$$

Os dados da última medição foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para avaliação da normalidade dos dados. Por seguiante, realizou-se análise de variância (Anova) com o intuito de averiguar a presença de diferença estatística significativa entre pelo menos um dos tratamentos. Constatada a diferença, as médias foram comparadas através do teste de Tukey no nível de 5% de significância. O processamento e análise de dados foram realizadas em ambiente RStudio (R Core Team, 2023) e Microsoft Excel.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Ajuste de modelo hipsométrico

O modelo de melhor ajuste para a estimativa das alturas foi o Linha reta, por apresentar maior R^2 e menor erro padrão da estimativa em relação aos demais (Tabela 4). A distribuição de resíduos dos modelos testados pode ser visualizada na Figura 7, na qual pode ser atestado o melhor ajuste para o modelo Linha reta. Por meio da dispersão dos resíduos constatou-se que o uso dos modelos de Curtis e Assman resultaria em superestimativa ou subestimativa desta variável. Portanto, o modelo Linha reta foi utilizado para estimativa das alturas não medidas em campo.

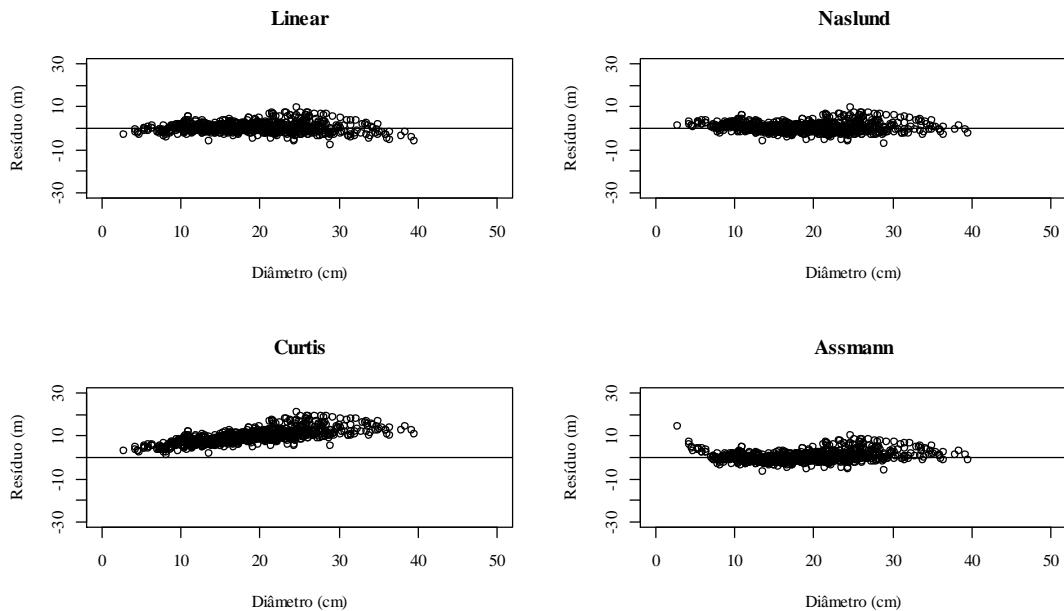
Tabela 4. Coeficientes e desempenho dos modelos para estimativa da altura de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbastes.

	β_0	β_1	S_{yx}	$S_{yx}\%$	R^2 (%)
Linha reta	4,485036	0,387654	2,01	17,3	58,7
Naslund	8,043095	0,058022	2,07	17,8	56,2
Curtis	2,877421	-7,413759	2,13	18,3	53,7
Assmann	16,26211	-74,64932	2,29	19,7	46,5

Nota: β_0 , β_1 = parâmetros estimados dos modelos testados; S_{yx} = erro padrão da estimativa (m); $S_{yx}\%$ = erro padrão da estimativa em porcentagem, R^2 = coeficiente de determinação.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 7. Distribuição de resíduos dos modelos hipsométricos testados para *C. lusitanica*.

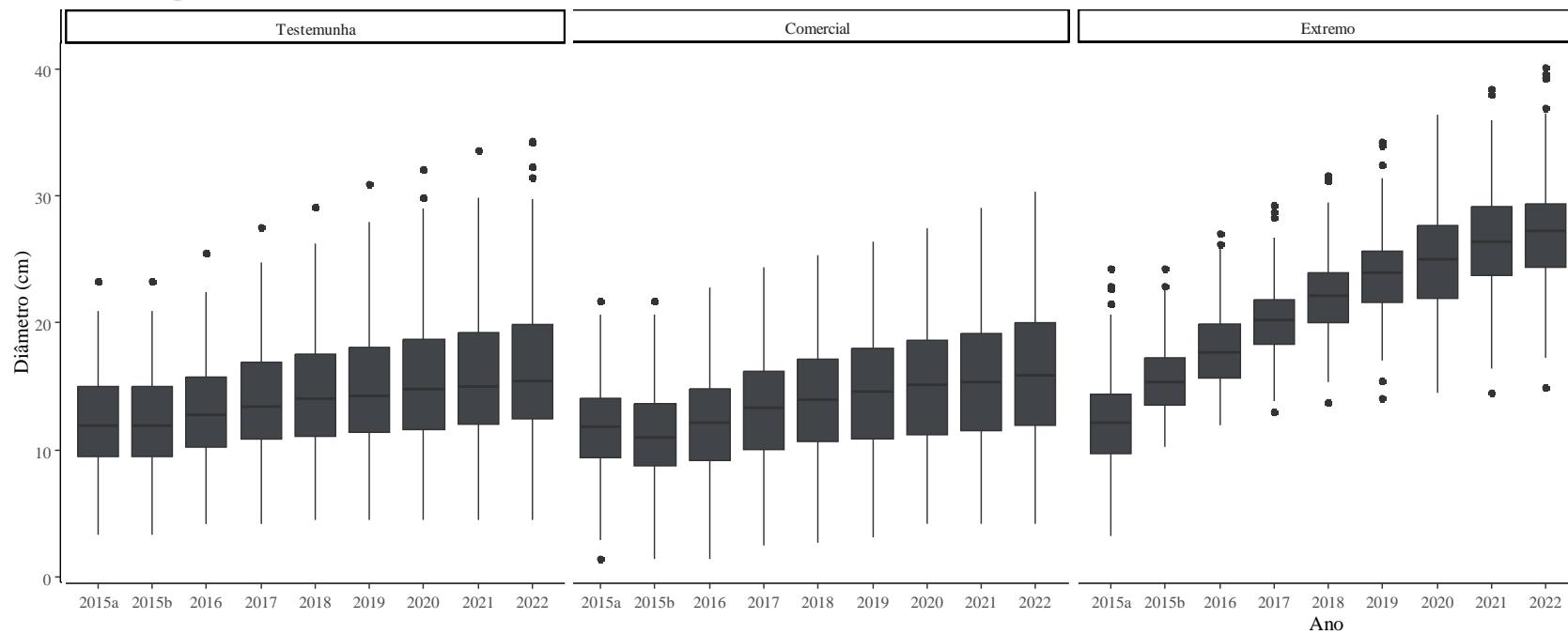


Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.3.2 Desenvolvimento em diâmetro

Na Figura 8 está representada a estatística descritiva por meio de *boxplots* da variável diâmetro de 2015 a 2022 (9 a 16 anos). Nela consta os valores máximos e mínimos (simbolizados pela cauda), a mediana (traço em negrito no centro da caixa) e a distribuição de metade dos dados (observado entre o primeiro e terceiro quartis, ou seja, a base e topo da caixa). Além disso, verifica-se a presença de *outliers*, sendo eles indivíduos que apresentaram valores discrepantes em relação aos demais, que estão representados pelos pontos nas extremidades das caudas.

Figura 8. Estatística descrita em *box-plot* relacionado aos dados de d de *C. lusitanica*, localizado em Campo Belo do Sul – SC, frente a diferentes regimes de desbastes pelo alto



Nota: 2015a = ano de 2015, povoamento com idade de 9 anos e dados coletados antes do desbaste; 2015b = ano de 2015, povoamento com idade de 9 anos e dados coletados depois do desbaste.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

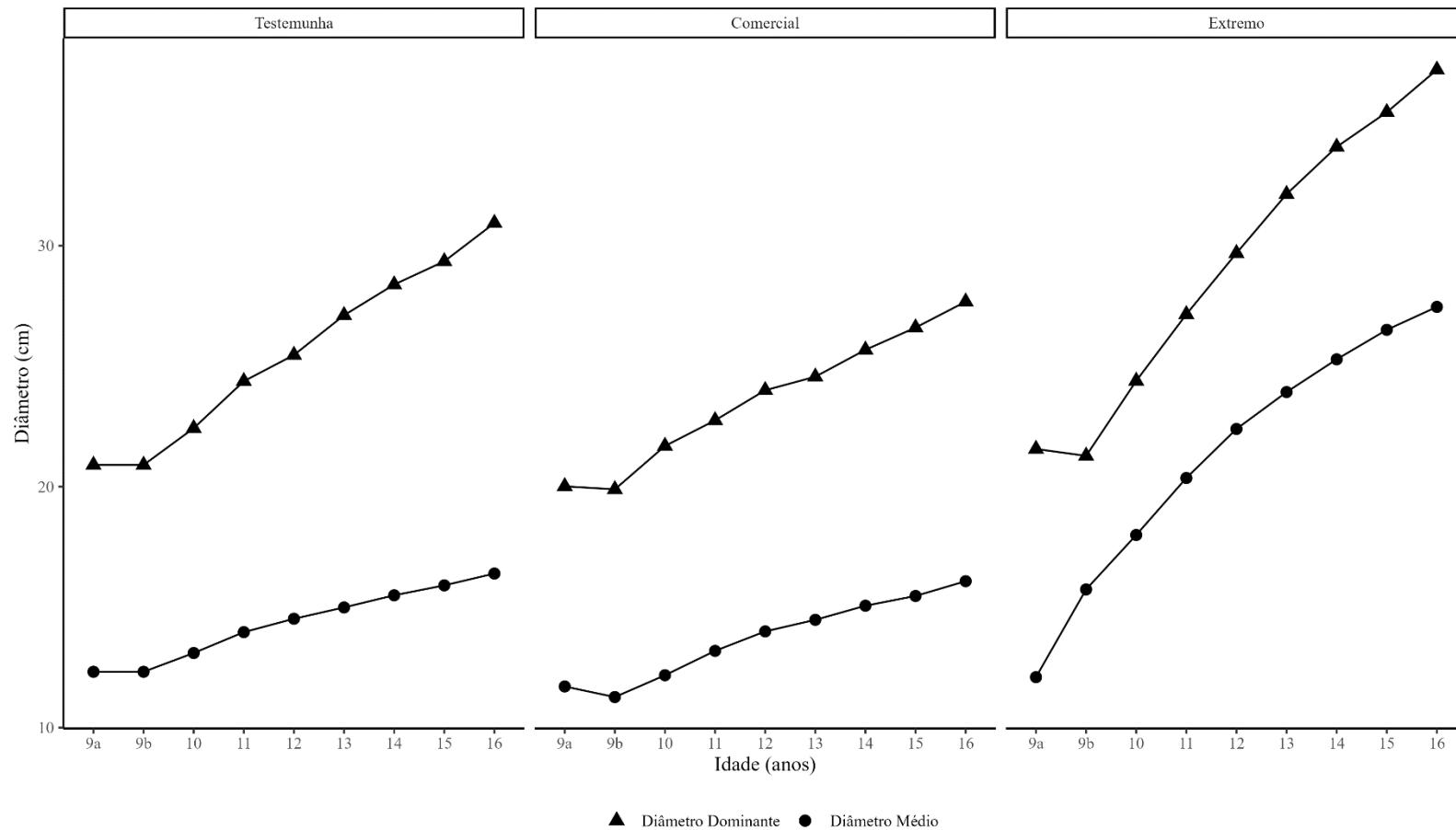
No desbaste Extremo foi verificado maior quantidade de *outliers*, principalmente, na cauda superior. A representação permite constatar, aos 16 anos (ano de 2022), neste mesmo regime, indivíduos com diâmetros entorno dos 40 cm. Em contrapartida, nenhum dos demais tratamentos apresentou diâmetros de tamanhos semelhantes a este regime. O Comercial apresentou menor quantidade de *outliers*, ficando limitado ao primeiro ano da análise. O crescimento diamétrico da espécie é considerado satisfatório ao passo que se assemelha ou aproxima do observado em espécies amplamente cultivadas no Brasil, dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

O desenvolvimento em diâmetro está representado na Figura 9 pelo diâmetro médio (d) e o diâmetro dominante ($ddom$) de cada regime. Os regimes Comercial e Testemunha apresentaram maior amplitude entre d e $ddom$, diferentemente do Extremo. Além disso, verifica-se salto de crescimento promovido pelo desbaste Extremo e a superioridade do desenvolvimento diamétrico deste em relação aos demais tratamentos.

Frigoto et al. (2020) avaliaram 13 espécies de eucalipto (*Eucalyptus smithii*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus badjensis*, *Eucalyptus dorrigoensis*, *Eucalyptus deanei*, *Eucalyptus badjensis x Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus macarthurii*, *Eucalyptus dalrympleana*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus nitens* e *Eucalyptus obliqua*) em idade de 16 anos e densidade de 1.666 ind.ha⁻¹, na região de Rio Negrinho – SC, constataram para as espécies variação do diâmetro médio de 13,6 cm a 30,7 cm, sendo que *E. obliqua* resultou no menor diâmetro e *E. smithii* no maior. Tais valores indicam potencial de crescimento de *Cupressus lusitanica* para esta variável semelhante ao gênero cultivado em maior escala no Brasil.

Lambert (2018) apresentou o crescimento diamétrico das espécies *Pinus elliottii*, *Pinus patula*, *Pinus taeda* e *Pinus greggii*, respectivamente, de 26,2 cm, 25,5 cm, 24,9 cm e 25,1 cm em idade de 14 anos. Além disso, o autor também observou $ddom$ de 32,3 cm, 31,4 cm, 30,4 cm e 30,2 cm.

Figura 9. Desenvolvimento da variável diâmetro de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbastes ao longo de um período de 8 anos em Campo Belo do Sul, SC.



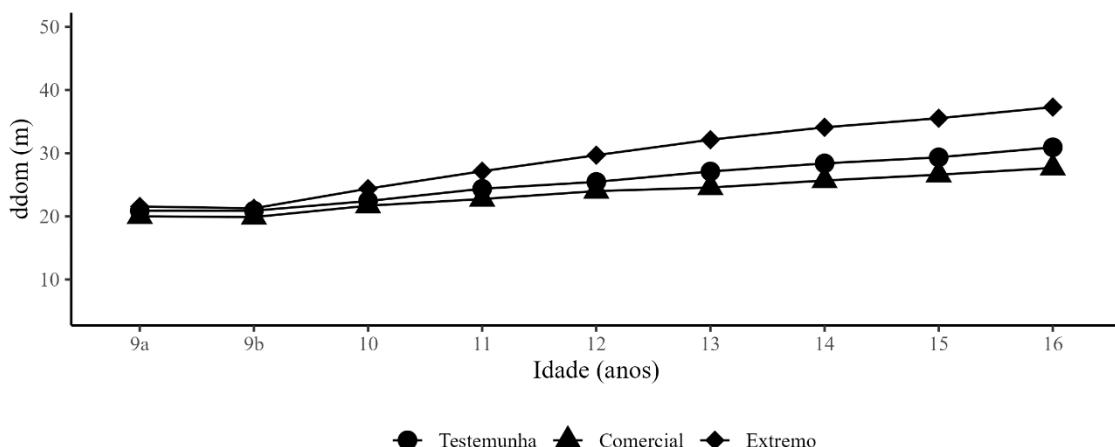
Nota: d = diâmetro; $ddom$ = diâmetro dominante.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O desbaste Extremo acarretou crescimento mais rápido dos indivíduos, de modo que logo seguiu a intervenção ocorreu o crescimento significativo dos indivíduos. Diferentemente do Comercial, em que a resposta de crescimento foi mais sutil. A vantagem em crescimento decorrente da maior intensidade do desbaste no povoamento é resultante da maior eficiência da utilização dos recursos por parte dos indivíduos arbóreos, além disso, do espaço liberado para o crescimento retilíneo dos troncos.

Na Figura 10 se observa que o crescimento dos regimes Comercial e Testemunha foram próximos um do outro, com o segundo, sendo ligeiramente superior.

Figura 10. Diâmetro dominante de *Cupressus lusitanica* em regimes de desbastes na região de Campo Belo do Sul, SC.



Nota: $ddom$ = diâmetro dominante; 9a = idade de 9 anos antes do desbaste; 9 b = idade de 9 anos depois do desbaste.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O $ddom$ resultante das árvores frente aos diferentes regimes de manejo, incluindo Extremo, Comercial e Testemunha, oferecem informações valiosas em reflexo a qualidade do sítio e o desempenho da floresta. A comparação desses valores com as estimativas fornecidas por Dobner Jr. (2021) para árvores de 15 anos em um sítio de produtividade média nos ajuda a entender como as árvores estão se desenvolvendo em resposta às condições de crescimento. Visto que no estudo o autor indicou para idade de 15 anos, $ddom \sim 30$ cm, considerando sítio de média produtividade (20 m).

Os dados neste estudo revelam diferenças entre os valores observados de $ddom$ reforçando o constatado na caracterização da área, que há variações na qualidade do sítio dentro da área de estudo. No regime Extremo o $ddom$ observado (37,3 cm) é superior ao indicado no estudo acima citado, indicando crescimento superior mesmo em área com índice de sítio de média qualidade (18 – 19 m), porém pela superioridade em relação ao

demais regimes, reafirma-se que este tratamento está localizado em sítios de qualidade superior em relação aos demais.

Por outro lado, o regime Comercial resultou em *ddom* (27,7 cm) abaixo, o que pode reforçar o fato de que as parcelas se encontram em sítios de qualidade inferior (15 – 18 m), com isso, o desenvolvimento é menor mesmo que com a redução da competição promovido pelo desbaste alto, visto que neste os fatores que conferem qualidade ao sítio já são por natureza mais limitantes. O regime Testemunha registrou *ddom* (30,9 cm) próximo do anterior, sugerindo crescimento moderado em relação ao sítio. Ressalta-se que este regime se encontra em sítio de qualidade melhor (17 – 18 m) que o Comercial e, por esta razão, mesmo não recebendo a aplicação de desbaste, seu crescimento está próximo dele.

É importante ressaltar que fatores, tais como o tipo de solo, a disponibilidade de água e a exposição solar, influenciar esses resultados, portanto, refletem a qualidade do sítio e, por sua vez, a resposta das árvores a ele. No entanto, a qualidade do sítio não pode ser determinada apenas com base no *ddom*, mas esses valores fornecem informações valiosas sobre o crescimento das árvores e sua adaptação ao ambiente. Assim, a avaliação contínua da qualidade do sítio desempenha um papel fundamental na otimização das práticas de manejo florestal e na produção sustentável em cada área.

Dobner Jr. et al., (2012) ao avaliarem a produção de *Eucalyptus dunnii* Maiden na região de Campo Belo do Sul – SC, em idade de 6 anos e área basal de 20,2 m² ha⁻¹, verificaram que a intensidade de desbastes resultou em *ddom* de 26,6 cm, 26,9 cm, 28,0 cm e 25,7 cm para os respectivos tratamentos, redução da área basal para 16 m² ha⁻¹(G16), 14 m² ha⁻¹ (G14) e 12 m² ha⁻¹ (G12) no terceiro ano do povoamento e sem intervenção (T). Ainda avaliaram para os mesmos tratamentos, ou seja, mesma intensidade de desbastes, porém com área basal na época da intervenção (no quarto ano do povoamento) de 25,3 m² ha⁻¹ constataram *ddom* para os respectivos tratamentos: 26,5 cm (G16), 27,9 cm (G14), 27,5 (G12) e 25,4 cm (T).

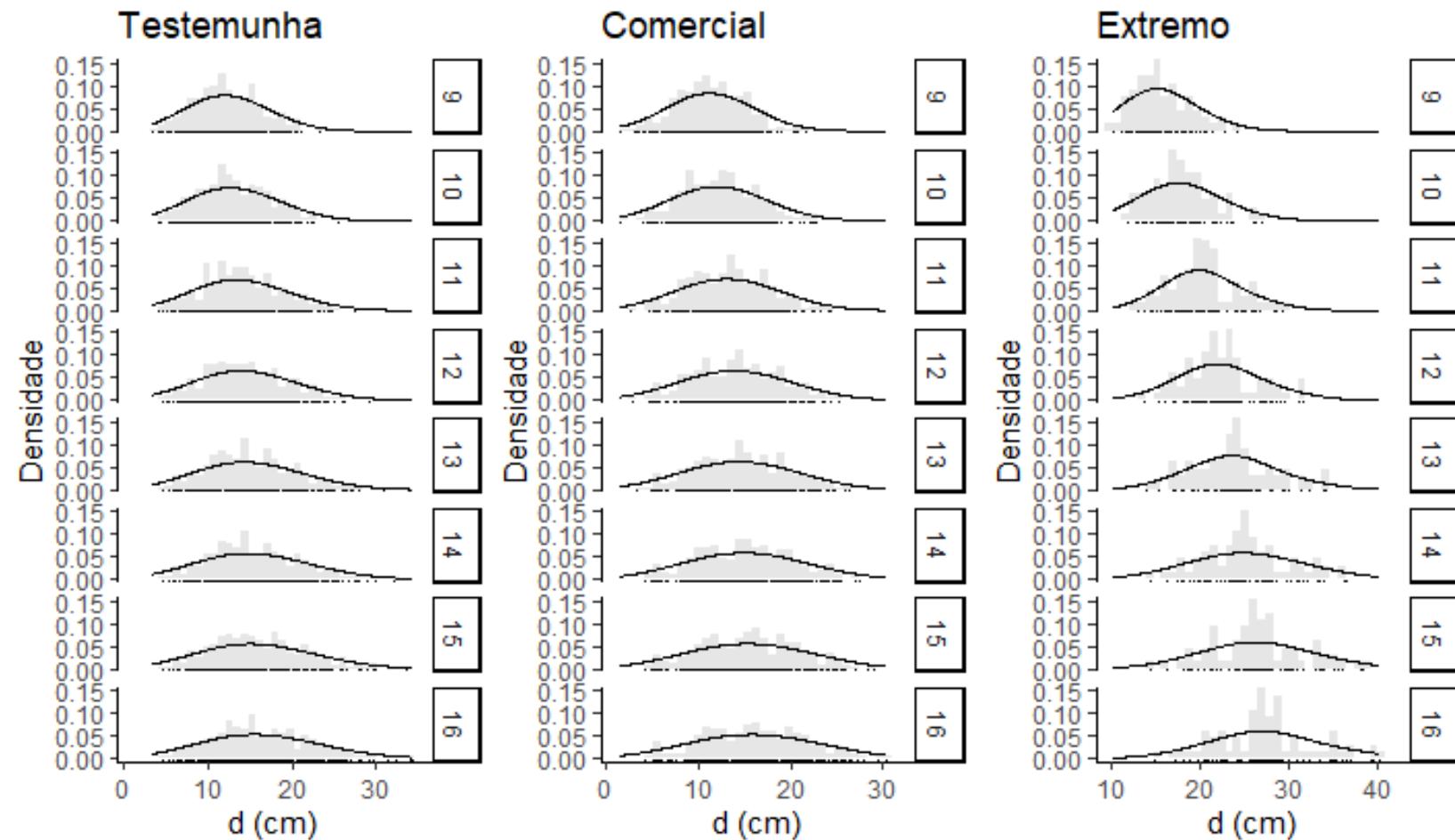
Gallafassi (2021) apresenta para *Pinus taeda* L. crescimento aproximado do constatado no presente estudo, visto que a espécie aos 12 anos de idade e posterior a intervenções de desbastes em diferentes intensidades, tiveram por resposta de crescimento em *ddom* valores de 32,6 cm (desbaste sistemático na 5º linha (20%) e seletivo por baixo (25%)), 32,6 cm (desbaste sistemático na 5º linha (20%) e seletivo por alto (25%)), 33,8 cm (desbaste sistemático na 10º linha (10%) e seletivo por alto (35%)) e de 34,1 cm (Desbaste seletivo somente pelo alto (60%)).

Diante disto, ressalta-se o potencial crescimento na região sul, no entanto, o estabelecimento de programa de melhoramento e estratégias de manejo sólidas ainda são necessários, visto a promoção da máxima expressão da espécie, principalmente, vislumbrando sítios de melhor qualidade. Ao passo que, comparativamente a espécie mais cultivada no Brasil, *C. lusitanica* só se torna atrativa frente ao uso em finalidades sólidas, visto que o eucalipto possui crescimento equiparado em idades inferiores na mesma região.

Diante do exposto, evidencia-se que a qualidade do sítio desempenha papel significativo nesse contexto. Nos tratamentos em que as áreas possuíam qualidade de sítio superior aos demais, ou seja, onde as condições ambientais favoreceram o crescimento da espécie em questão, o seu potencial pôde ser evidenciado, tornando-a uma escolha atraente. No entanto, nos tratamentos em que a espécie esteve submetida a qualidade de sítio inferior, com condições de crescimento menos favoráveis, enfrentou maiores desafios a promoção do seu crescimento, de modo que para competir com o eucalipto e outras árvores de crescimento rápido, seja indicado implantação em sítios de melhor qualidade e investimento em melhoramento.

Ao longo do período de análise (8 anos) o crescimento em diâmetro apresentou baixa densidade e grande amplitude entre as classes, conforme evidenciado na Figura 11, na qual constata-se o deslocamento para a direita e seu achatamento ao longo dos anos.

Figura 11. Densidade do desenvolvimento da variável diâmetro ao longo de um período de 8 anos de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbaste na região de Campo Belo do Sul, SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os tratamentos foram considerados diferentes pela Análise de variância, visto que a análise verificou significância estatística entre os tratamentos. Pelo teste de Tukey, o desbaste Extremo diferiu dos demais tratamentos, Comercial e Testemunha foram considerados iguais estatisticamente (Tabela 5).

Tabela 5. Variáveis dendrométricas de diferentes regimes de desbastes em povoamento de *Cupressus lusitanica* aos 16 anos de idade, localizado em Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

Tratamentos	\bar{d}	$ddom$	dg
Testemunha	16,4 ^b	30,9 ^b	17,3 ^b
Comercial	16,1 ^b	27,7 ^b	16,9 ^b
Extremo	27,5 ^{a*}	37,3 ^{a*}	27,9 ^{a*}
<i>p</i> -valor	0,000	0,000	0,000

Nota: \bar{d} = diâmetro médio, $ddom$ = diâmetro dominante e dg = diâmetro quadrático médio. Todas as variáveis em cm.

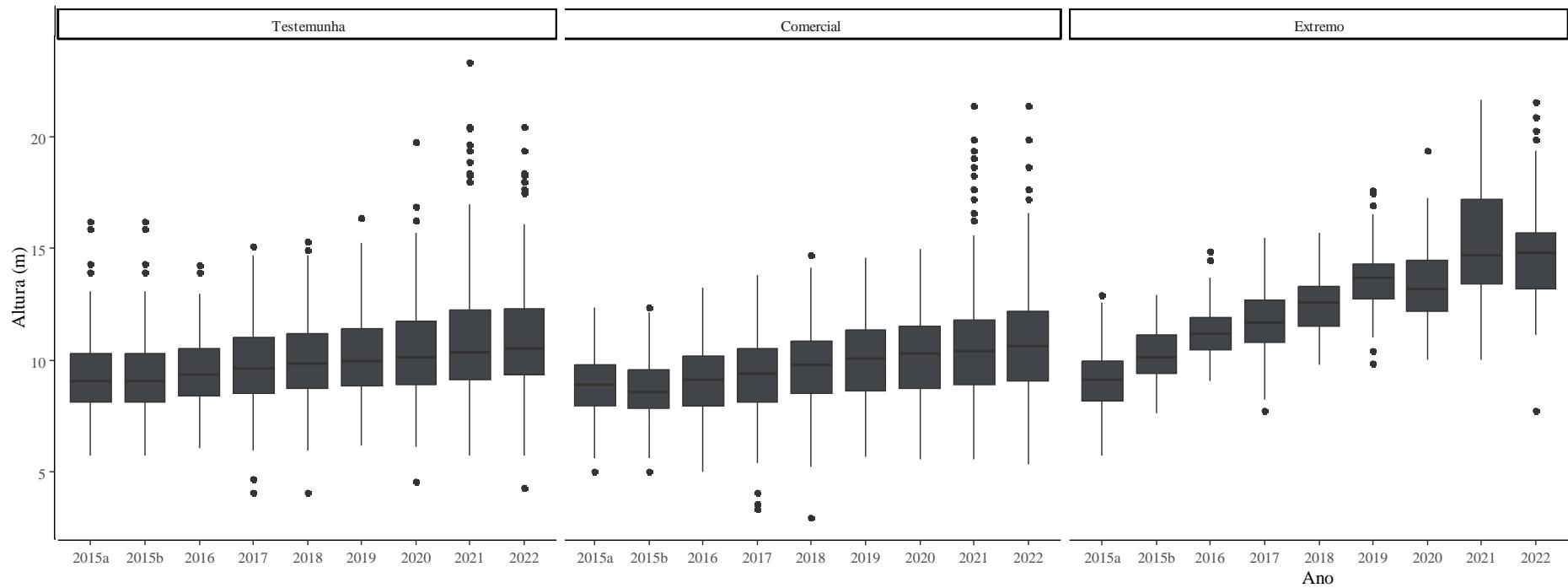
*médias seguidas por mesma letra são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.3.3 Desenvolvimento em altura

A estatística descritiva em forma de *box-plot* da variável altura está representada na Figura 12. Nela é possível observar os valores mínimos e máximos, a mediana e o percentual de distribuição de dados ao longo do período de análise. Além disso, através dos *outliers* se constata os valores discrepantes em cada período.

Figura 12. Estatística descrita em *box-plot* relacionado aos dados de h de *C. lusitanica*, localizado em Campo Belo do Sul – SC, frente a diferentes regimes de desbastes pelo alto.



Nota: 2015a = ano de 2015, povoamento com idade de 9 anos e dados coletados antes do desbaste; 2015b = ano de 2015, povoamento com idade de 9 anos e dados coletados depois do desbaste.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A altura (h) e altura dominante ($hdom$) ao longo do período apresentaram variações, constatação que pode estar relacionada a variância dos dados e refletida no erro padrão da estimativa (S_{yx}) intrínseco ao ajuste do modelo hipsométrico (Figura 13). Assim como para a variável diâmetro dominante, o regime Extremo proporcionou indivíduos maiores (Figura 14).

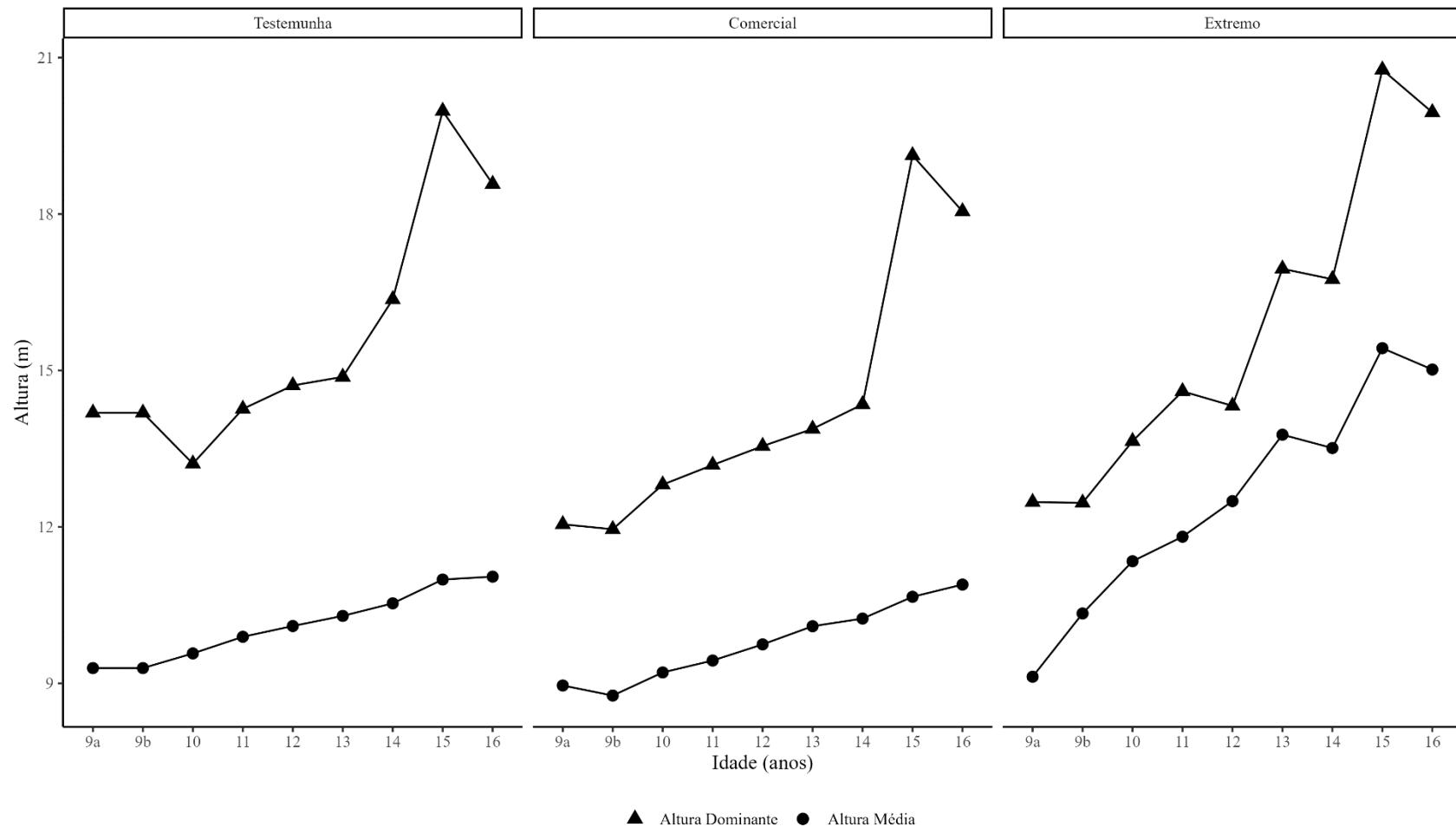
Frigoto et al. (2020) avaliaram 13 espécies de eucalipto (*Eucalyptus smithii*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus badjensis*, *Eucalyptus dorrigoensis*, *Eucalyptus deanei*, *Eucalyptus badjensis x Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus macarthurii*, *Eucalyptus dalrympleana*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus nitens* e *Eucalyptus obliqua*) em idade de 16 anos e densidade de 1.666 ind.ha⁻¹, na região de Rio Negrinho – SC, constataram para as espécies variação da altura média de 27,7 m a 37,0 m, sendo que *E. obliqua* resultou na menor registrada e *E. smithii* na maior. Tais valores indicam o crescimento da *Cupressus lusitanica* inferior.

Apesar da menor altura em relação a espécies em destaque no setor florestal, a $hdom$ da espécie nos diferentes regimes foi equiparada a faixa de crescimento indicada por Dobner Jr. (2021). No presente estudo o desbaste Comercial apresentou desenvolvimento em altura de 15,3 m, no Extremo igual a 17,1 m e a Testemunha com 16,2 m, tais constatações podem estar atreladas as variações de qualidade do sítio existente entre e dentro dos tratamentos.

A relação entre a qualidade do sítio e a altura das árvores na silvicultura é amplamente conhecida (Smith et al., 1997). Em sítios de melhor qualidade, as árvores tendem a atingir maiores alturas, devido a condições mais favoráveis em termos de disponibilidade de nutrientes no solo, água e exposição solar. Fatores como a competição por recursos é mais intensa em sítios de qualidade inferior e, também, podem levar a um crescimento mais lento e, consequentemente, alturas menores (Oliver e Larson, 1996).

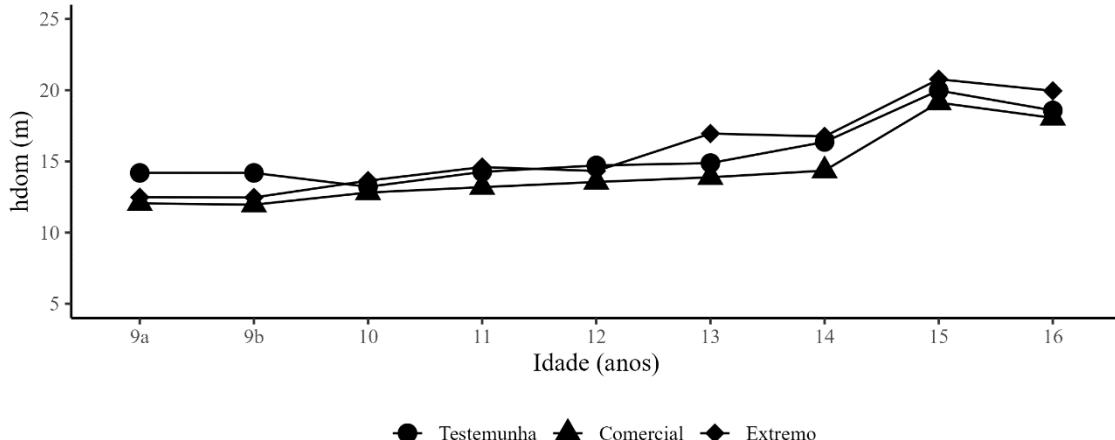
Assim, a relação entre a qualidade do sítio e a altura das árvores é essencial na avaliação do potencial de crescimento e nas decisões de manejo florestal. Em áreas de melhor qualidade, onde as árvores podem atingir alturas significativamente maiores, é possível explorar o potencial de produção florestal de forma mais eficaz. Logo, o menor crescimento em altura dos indivíduos pode estar relacionado a qualidade do sítio, haja vista que os sítios no qual a espécie está implantada são sítios de baixa a média qualidade.

Figura 13. Desenvolvimento da variável altura de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbastes ao longo de um período de 8 anos na região de Campo Belo do Sul, SC.



Nota: h = altura; h_{dom} = altura dominante; 9a = idade de 9 anos antes do desbaste; 9b = idade de 9 anos depois do desbaste.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 14. Altura dominante de *Cupressus lusitanica* em regimes de desbastes na região de Campo Belo do Sul, SC.



Nota: 9a = idade de 9 anos antes do desbaste; 9 b = idade de 9 anos depois do desbaste.

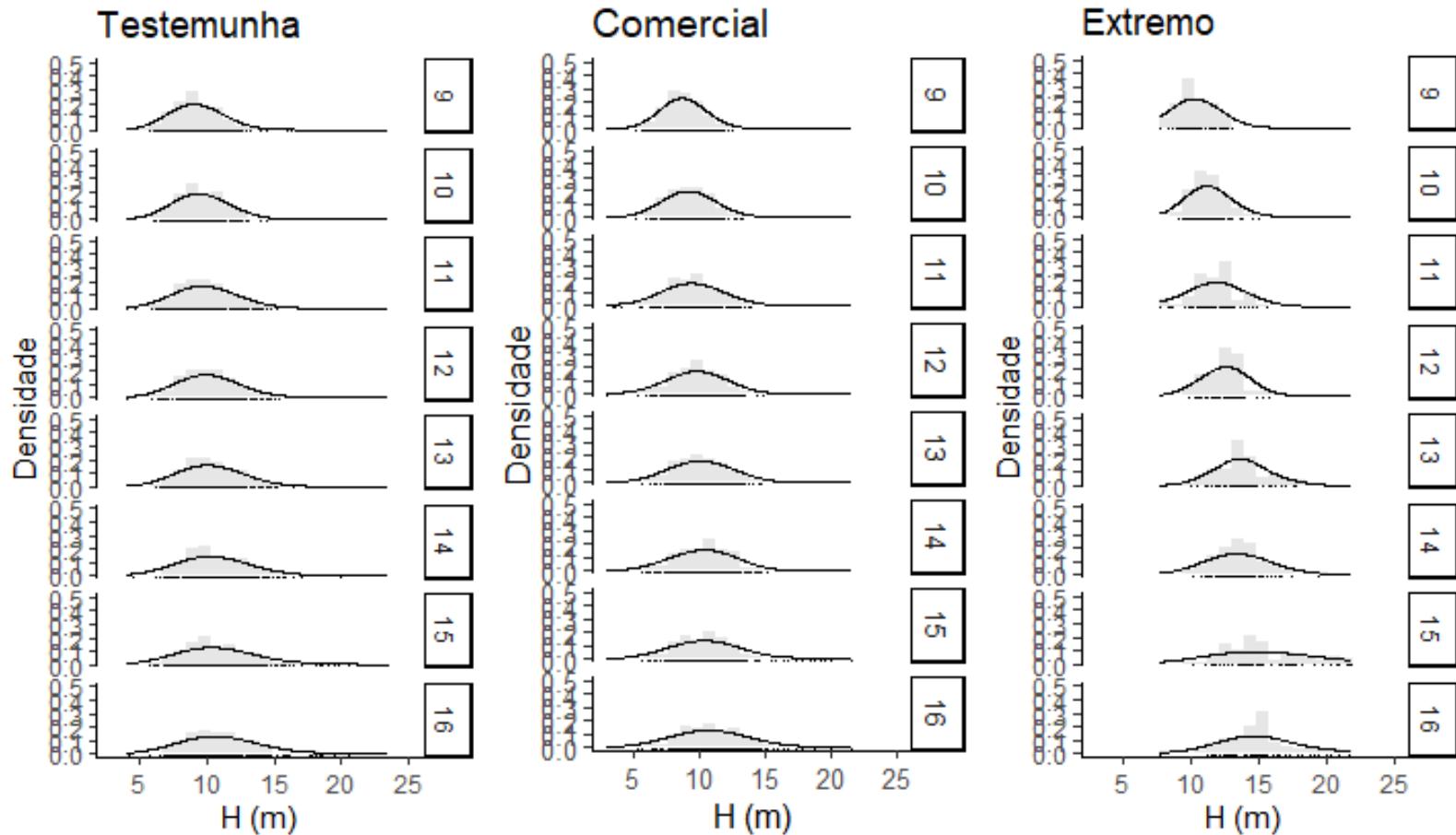
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Chinchilla et al., (2011) apresentam *hdom* de 14,04 m e 14,95 m para sítios produtivos (21 – 22 m) na Costa Rica aos 10 anos de idades. Na Etiópia, Mamo e Sterba (2006) também em sítio produtivo (22 e 21,9 m) constataram *hdom* de 22,0 e 21,9 m e idade de 12 e 14 anos, respectivamente. No entanto, estes mesmos autores abordaram que as condições do local não apresentaram efeito significativo nos modelos de classificação dos índices de sítio, apesar de o crescimento da variável ser influenciado pelas condições do sítio.

Pinus taeda espécie de destaque no setor florestal brasileiro com grande parte da produção registrada na região geográfica do presente estudo, apresenta para a mesma variável valores de 14,5-27,9 m aos 16 anos, mesma idade do presente estudo (Schuchovski et al., 2019). Neste sentido, a espécie encontra-se na faixa de crescimento de espécies de destaque no setor, porém por se encontrar no extremo inferior produtivo destas, reforça-se que há a necessidade de seu cultivo em locais com sítio de qualidade superior e uniforme, para que a avaliação de seu crescimento seja reflexo das melhores condições do local. E assim, possa ser feito um paralelo entre o crescimento das espécies.

Ao longo do período analisado (8 anos de avaliação) o desenvolvimento da altura não sofre tanto deslocamento para a direita que o observado no diâmetro (Figura 15). Os regimes apresentaram grande amplitude entre as classes e a densidade reduziu-se ao longo do tempo, representado na figura pelo achatamento da curva.

Figura 15. Densidade do desenvolvimento da variável altura ao longo de um período de 8 anos em povoamento de *C. lusitanica* em avaliação sobre diferentes regimes de desbastes, localizado na região de Campo Belo do Sul, SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A Análise de Variância (ANOVA) revelou diferenças significativas entre os tratamentos, confirmado que pelo menos um dos tratamentos se distinguia dos demais. Posteriormente, o teste de Tukey foi aplicado para comparações múltiplas entre os tratamentos. Os resultados indicaram que o tratamento de desbaste Extremo se destacou dos demais, enquanto os tratamentos Comercial e Testemunha foram considerados estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação entre tratamentos através da altura média e altura dominante de *Cupressus lusitanica* aos 16 anos em Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

Tratamentos	\bar{h}	h_{dom}
Testemunha	11,0 ^b	16,1 ^b
Comercial	10,9 ^b	15,3 ^b
Extremo	15,0 ^{a*}	18,1 ^{a*}
<i>p</i> -valor	0,000	0,0016

Nota: \bar{h} = altura média, h_{dom} = altura dominante.

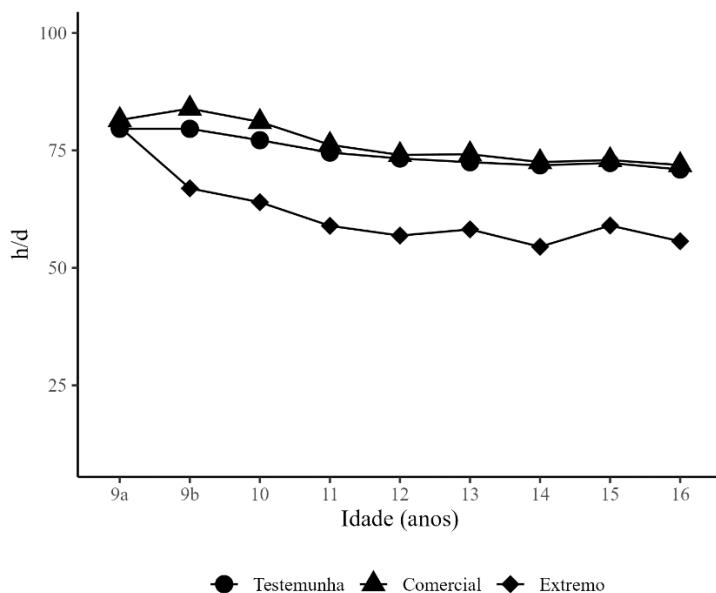
*médias seguidas por mesma letra são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.3.4 Relação h/d

A relação altura/diâmetro (h/d) permitiu verificar que ao longo do processo de crescimento as árvores tornaram-se mais estáveis, visto que a relação reduz ao longo do tempo, apresentado ao final do período (16 anos) para Comercial, Extremo e Testemunha, respectivamente, 68, 55 e 68 (Figura 16).

Figura 16. Relação h/d em diferentes regimentos de desbaste pelo alto em povoamento de *Cupressus lusitanica*, localizado no município de Campo Belo do Sul, SC.



Nota: 9a = idade de 9 anos antes do desbaste; 9 b = idade de 9 anos depois do desbaste.
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Árvores muito frondosas e com diâmetros pequenos, podem apresentar maior tendência a queda, quebra. Neste sentido, em estudo realizado na Europa Central com Pinus, Burschel e Huss (2003) e Mead (2013) apud Dobner (2014) indicam que as árvores são consideradas estáveis quando os valores da relação h/d são inferiores a 80 e quando superam 100 são instáveis. Mead (2013) ainda indica que as árvores são estáveis quando a relação não ultrapassa 70.

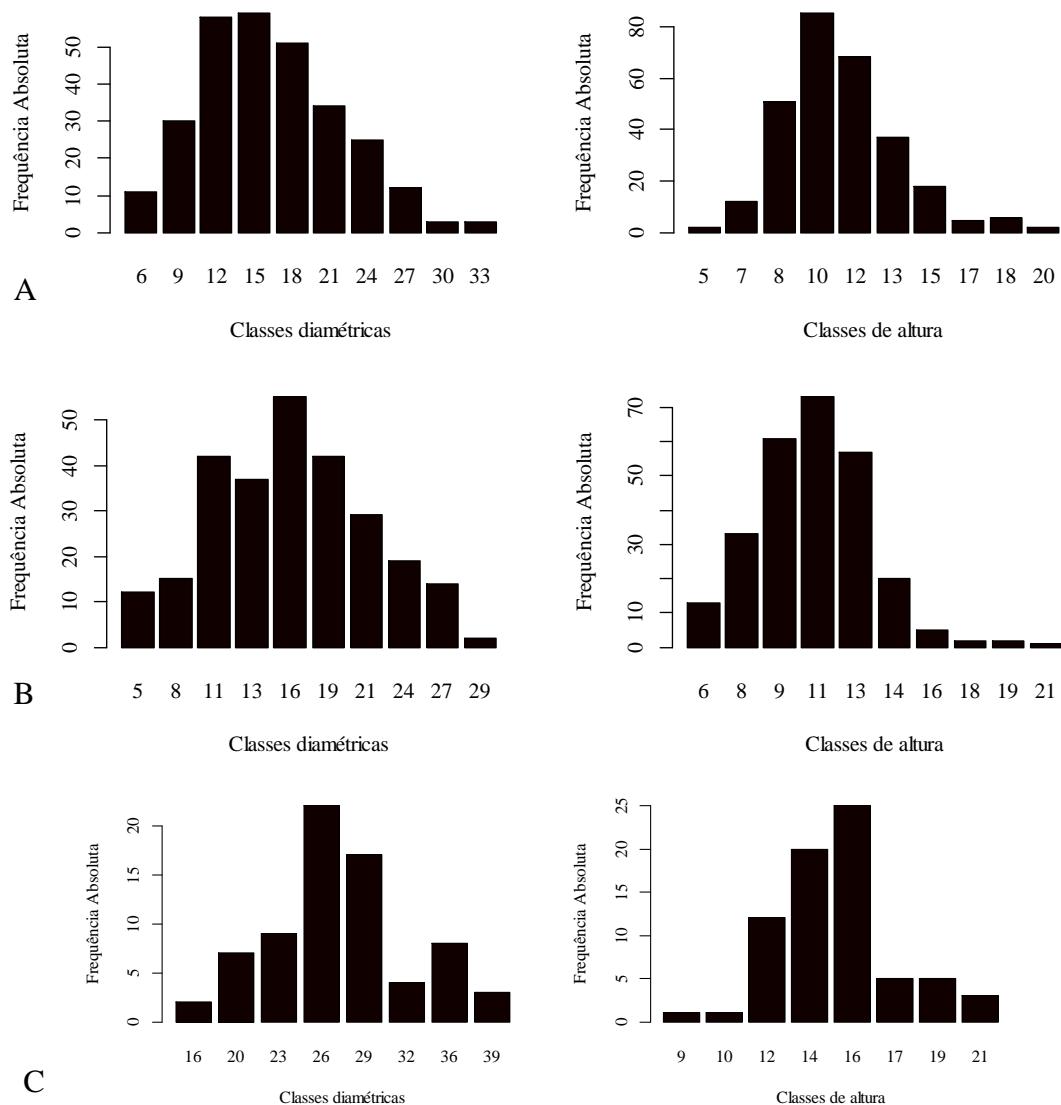
Todos os tratamentos resultaram em boa proporção entre copa e tronco, visto que apresentam h/d inferior a 100. Contudo, destaca-se que o desbaste Extremo ocasionou em maior estabilidade h/d em todos os anos que os demais avaliados. Para a espécie em estudo não foi constatado estudo que fizesse comparativo para esta mesma variável.

5.3.5 Caracterização das classes diamétricas e de altura dos tratamentos

A distribuição de frequência de diâmetro e altura de um povoamento permite avaliar as características da floresta, de modo, que seja possível ao manejador avaliar o melhor momento para determinadas tomadas de decisão, tal como o momento de corte raso.

No presente estudo, constatou que o desbaste Extremo resultou indivíduos de maiores diâmetros e maiores alturas. Sem desbaste, a classe de maior frequência foi de 15 cm para diâmetro e 10 m de altura (Figura 17A), representando 20,6% e 29,7% dos indivíduos, respectivamente as variáveis. No desbaste Comercial a maior quantidade de indivíduos se encontra na classe de diâmetro de 16 cm e 11 m de altura (Figura 17B), o correspondente a 20,6% e 27,3%, dos indivíduos, respectivamente. Enquanto isso, no desbaste Extremo apresentaram maior frequência a classe de diâmetro e altura, respectivamente de 26 cm e 16 m (Figura 17C), representando 30,6% e 34,7%.

Figura 17. Distribuição de frequência do diâmetro (cm) e altura de *Cupressus lusitancia* com 16 anos em regime sem desbaste - Testemunha (A), desbaste Comercial (B) e desbaste Extremo (C).



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A representação reforça a compressão que no regime Extremo as árvores possuem maiores dimensões que nos demais tratamentos, sendo que a Testemunha, apesar de maior volume por hectare, possui indivíduos de menores volumes. Neste sentido, observa-se que o *d* responde proporcionalmente a intensidade de desbaste, quanto maior a intensidade, maior o ganho em diâmetro (Dionísio et al., 2018).

De acordo com Nogueira et al. (2006) o crescimento em diâmetro é significativo após o procedimento de desbaste uma vez que são disponibilizados os fatores de produção para os indivíduos remanescentes de forma mais eficiente a realização da fotossíntese e respiração, aumentando com isso a velocidade do crescimento delas. Tal como observado no presente estudo, visto que no ano anterior ao desbaste os indivíduos dos três tratamentos apresentavam valores próximos, mas posterior a intervenção o crescimento foi superior nos tratamentos em que foi realizado desbaste e, ainda, maior no desbaste mais intenso. O desbaste Extremo promoveu indivíduos de maiores dimensões visto que os indivíduos remanescentes eram indivíduos dominantes, logo, superiores aos demais, os quais tiveram ainda mais recursos para seu crescimento. O desbaste Comercial também resultou em indivíduos em classes diamétricas maiores em relação ao regime sem desbaste, mesmo que estatisticamente semelhantes.

Além disso, a frequência diamétrica e de altura permitem o planejamento quanto ao sortimento da madeira, visto que nela se conhece o quantitativo de indivíduos com determinado diâmetro e altura por classe. O sortimento corresponde a divisão de uma árvore em seções com dimensões e comprimentos determinados, pelo qual se obtém multiprodutos e são agregados valores a madeira (Silva e Silva, 1982; Arce, 2000). Maiores diâmetros possuem maior valor agregado, visto que possibilita multiprodutos em um mesmo indivíduo arbóreo.

A partir deste apontamento comprehende-se que o desbaste Extremo possibilitou toras de maior valor agregado, visto que é o único que acarretou crescimento das toras em classe de diâmetro de 32 – 39 cm, seguido pelo Comercial com classes de 30 – 33 cm e a Testemunha que não há indivíduos que apresentam diâmetros acima de 30 cm.

Diante disto, frente a intenção do manejo da espécie para fins sólidos e toras de maiores dimensões, o desbaste Extremo torna-se o mais indicado para proporcionar o desenvolvimento do povoamento com esta finalidade. Além disso, a distribuição de frequência permite observar que os tratamentos apresentam comportamento de normalidade para as variáveis analisadas, pois se aproximam da distribuição normal.

5.3.6 Produção e produtividade florestal

Na Tabela 7 consta a densidade de plantio, área basal e produção volumétrica, pela qual constata-se que estas são maiores nos regimes Comercial e Testemunha, no entanto, em caráter individual foram maiores os valores de volume individual para o regime Extremo.

Tabela 7. Variáveis de povoamento e individuais por regime de desbaste aos 16 anos de *Cupressus lusitanica*.

Tratamento	N	G	v	V
Testemunha	1.327	29,2	0,138	171,5
Comercial	1.169	26,1	0,129	149,8
Extremo	311	19,1	0,446	139,3

Nota: N = números de indivíduos por hectare (árv ha^{-1}), G = área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) e v = volume individual ($\text{m}^3 \text{ind}$) e V = volume por hectare ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A densidade de plantio possui relação com a área disponível para o desenvolvimento de cada indivíduo. O Instituto Brasileiro de Florestas indica como período adequado para realização do desbaste o momento em que o desenvolvimento da área basal atingir os $40 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ (IBF, 2023). Neste sentido, admite-se que quando próximo deste valor desbastes sejam recomendados com o intuito de reduzir a quantidade de indivíduos ocupantes na área, ou seja, proporcionar que um número de indivíduos possua mais espaço útil para usufruto ao seu desenvolvimento.

Os tratamentos não se apresentam em situação de competição até o momento da análise, no entanto, Testemunha possui G aproximado do indicado para desbaste, logo, indicativo que em anos posteriores, para redução da competição entre os indivíduos, desbastes devam ser aplicados.

De acordo com Dobner Jr. (2021) o desenvolvimento da espécie é influenciado pelo sítio, neste sentido, indicou que em idade de referência de 20 anos a espécie atinge $21 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ em S de 14 m, enquanto em S de 26 chega a $57 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$. Topanotti (2020) avaliou a mesma espécie em densidade de $1.444 \text{ árv ha}^{-1}$ e verificou G de $20,6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ em regime sem desbaste aos 13 anos de idade. Valores estes são próximos ao observado no regime Comercial do presente estudo.

O desbaste Extremo favoreceu aumento nas dimensões dos indivíduos em caráter individual. Neste sentido, dentre os tratamentos que foram aplicados desbastes, o Comercial apresentou maior produção individual. Neste sentido, o peso da aplicação de desbastes pode promover a redução da produção total, porém, tem o intuito principal de

aumentar a produtividade através do sortimento, ou seja, do aumento da dimensão dos indivíduos (Schneider et al., 1991).

O desenvolvimento da floresta frente a sua produtividade está representado na Figura 18, no qual são apresentadas a produção volumétrica e o incremento de cada tratamento. No último ano de análise, a produção volumétrica por hectare foi mais alta para o tratamento Testemunha, atingindo $171,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, seguida pelo tratamento Comercial com $149,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e o tratamento Extremo com $139,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O tratamento Testemunha foi o mais produtivo em termos de volume de madeira produzida por hectare. No regime Comercial, apesar de a remoção seletiva de 2 concorrentes ter aliviado a competição por recursos, o impacto no volume total de madeira pode ter sido reduzido em comparação com o tratamento Testemunha em função da qualidade do sítio. Enquanto isso, no desbaste Extremo o menor volume é reflexo do menor quantitativo de árvores.

O incremento médio anual no último ano de análise foi de $13,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o tratamento Testemunha, $12,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o tratamento Comercial e $13,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para o tratamento Extremo. Isso sugere que, apesar de o tratamento Testemunha ter a produção mais alta no último ano, o tratamento Extremo teve o maior incremento anual médio. Isso pode indicar que, apesar de uma produção menor no último ano, as árvores do tratamento Extremo estão crescendo de forma mais vigorosa ao longo do tempo.

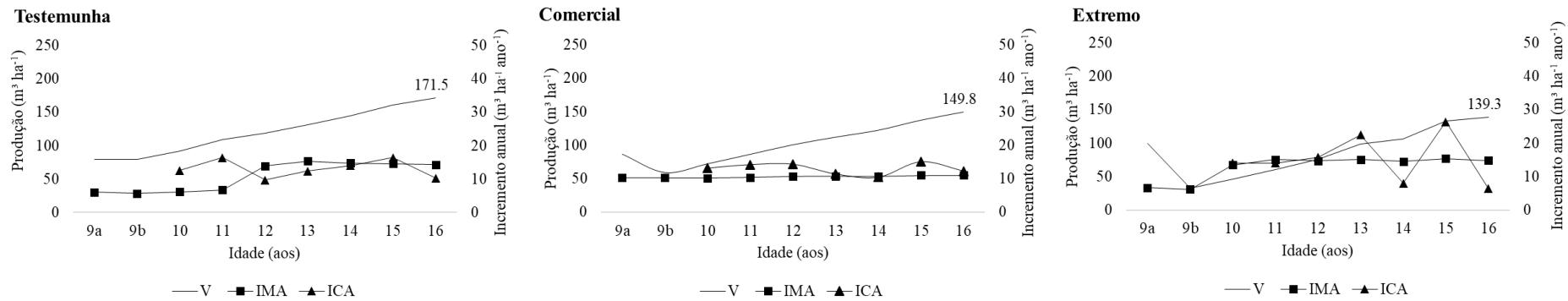
A produção constatada no presente estudo possui valores inferiores, porém próximos, aos constatados por Topanotti (2020) para a mesma espécie em plantio sobre cobertura de *Pinus taeda* L., equivalente a $171,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ aos 13 anos de idade. Ressalta-se que neste estudo não houve desbaste para a espécie e estava cultiva sobre cobertura de pinus, logo, explica produção aproximada do observado no tratamento Testemunha.

Ao avaliar o ICA, foi constatado que houve momentos em que se reduziu o crescimento em relação a anos anteriores. Tal constatação pode estar relacionada a mortalidade de indivíduos dos tratamentos, fator que acarreta redução do volume na área e, consequentemente, influencia na produção a nível de povoamento dos tratamentos. Visto que a mortalidade reduz o volume ao mesmo tempo que disponibiliza espaço para crescimento dos indivíduos remanescentes, que por sua vez, apresentam crescimento acentuado nas medições posteriores.

Ao longo do período de análise o desbaste Extremo foi o que resultou em maior IPA, de $13,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, seguido pela Testemunha com $11,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e Comercial com $11,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A espécie apresenta produção inferior a espécies consolidadas em estudos no Brasil, tal como eucalipto e pinus. Dobner Jr. et al., (2012) apontam crescimento de 241,7 m³ ha⁻¹ a 349,4 m³ ha⁻¹ para *Eucalyptus dunni* com 6 anos de idade (espaçamento 3,0 x 1,6 m) em duas áreas instaladas com diferentes intensidades de desbastes, no mesmo município do estudo presente. Enquanto pinus, com média de produção volumétrica de 398,8 m³ ha⁻¹ para diferentes intensidades de desbastes em povoamento instalado no mesmo estado (Santa Catarina) em espaçamento 2,5 x 2,5 m (David et al., 2017b).

Figura 18. Curva de produção e incrementos anuais, médio e corrente, de *Cupressus lusitanica* em diferentes regimes de desbastes



Nota: IMA = incremento volumétrico médio anual; ICA = incremento volumétrico corrente anual; V = volume por hectare.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.4 CONCLUSÃO

A análise dos tratamentos sugere que o crescimento das variáveis individuais e de povoamento de *Cupressus lusitanica* é fortemente influenciado pela qualidade do sítio, com seu desenvolvimento mais afetado pelas condições locais do que pela aplicação de desbastes. No entanto, os desbastes mais intensivos resultaram em um crescimento mais pronunciado. Notavelmente, o desbaste realizado aos 9 anos permitiu que a espécie continuasse a crescer de forma vigorosa e livre de competição mesmo após 8 anos da intervenção inicial.

Apesar dos esforços de manejo, é importante reconhecer que o crescimento dessa espécie ainda é inferior ao de espécies consolidadas no setor florestal, tais como do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Contudo, os resultados observados demonstram que a redução da competição entre os indivíduos, especialmente evidente no desbaste Extremo, pode estimular significativamente o crescimento da espécie em altura, diâmetro, área basal e diâmetro quadrático, aproximando-se dos padrões observados para outras espécies.

Diante disso, além da realização de estudos voltados para o melhoramento genético da espécie, recomenda-se o plantio em condições de sítios mais produtivos como estratégias eficazes para aumentar a produção e a viabilidade econômica do cultivo de *Cupressus lusitanica*.

6 CAPÍTULO II – DISTRIBUIÇÃO DE DENSIDADE PROBABILÍSTICA PARA DIÂMETRO DE *Cupressus lusitanica* SUBMETIDO A DIFERENTES REGIMES DE MANEJO FLORESTAL

RESUMO

O conhecimento do quantitativo de indivíduos por classes diamétricas e de altura é primordial para o planejamento da produção florestal, ao passo que se torna possível obter prognose dos multiprodutos da floresta e planejar as intervenções necessárias ao desenvolvimento de matéria-prima florestal de qualidade. Diante disto, o desenvolvimento da pesquisa teve por objetivo avaliar a produtividade de plantio experimental de *C. lusitanica* ao longo de 8 anos, no qual este foi submetido a diferentes intensidades de desbaste. A área de estudo encontra-se localizada no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, e se caracteriza pela presença de três blocos, avaliando três diferentes condições de desbastes: sem desbaste – Testemunha; com desbaste, realizado com a remoção de 2 concorrentes das árvores dominantes – Comercial; e desbaste mantendo no local apenas as dominantes – Extremo. Inicialmente, determinou a frequência observada por meio da regra de Sturges para cada ano e tratamento. Posteriormente, foram ajustadas as funções de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull 2 parâmetros (Weibull-2p), Weibull 3 parâmetros (Weibull-3p) e Gamma. A qualidade do ajuste avaliada pelo de Kolmogorov-Smirnov a nível de 1% de significância para a verificação da aderência das funções. O desbaste extremo resultou em árvores com maiores diâmetros e alturas em comparação com os outros regimes. A função Weibull-3p foi a mais adequada para descrever essa distribuição, indicando um bom ajuste aos dados na maioria dos casos. Os parâmetros das distribuições variaram entre os tratamentos e idades, sugerindo variações na estrutura diamétrica das árvores ao longo do tempo e em resposta aos diferentes manejos. A distribuição diamétrica é crucial para entender a dinâmica do povoamento florestal, e a escolha da função de densidade de probabilidade certa é fundamental para uma representação precisa dos dados.

Palavras-chave: Cipreste, Funções de densidade de probabilidade, Desbastes pelo alto, Distribuição de frequência diamétrica.

ABSTRACT

The knowledge of the quantity of individuals by diameter and height classes is crucial for forest production planning, as it allows for the prognosis of forest multiproducts and the planning of necessary interventions for the development of quality forest raw material. With this in mind, the research aimed to evaluate the productivity of an experimental planting of *C. lusitanica* over 8 years, subjected to different thinning intensities. The study area is located in Campo Belo do Sul, Santa Catarina, Brazil, and consists of three blocks, evaluating three different thinning conditions: no thinning - Control; thinning with the removal of 2 competitors from dominant trees - Commercial; and thinning leaving only dominant trees - Extreme. Initially, the observed frequency was determined using Sturges' rule for each year and treatment. Subsequently, probability density functions including Gaussian, Log-normal, Weibull 2 parameters (Weibull-2p), Weibull 3 parameters (Weibull-3p), and Gamma were fitted. The quality of fit was evaluated using the Kolmogorov-Smirnov test at a significance level of 1% to verify the adherence of the

functions. Extreme thinning resulted in trees with larger diameters and heights compared to other regimes. The Weibull-3p function was the most suitable for describing this distribution, indicating a good fit to the data in most cases. Distribution parameters varied between treatments and ages, suggesting variations in the diameter structure of trees over time and in response to different management practices. Diameter distribution is crucial for understanding forest population dynamics, and the choice of the correct probability density function is essential for accurate data representation.

Keywords: Cypress, Probability density functions, High thinning, Diameter frequency distribution.

6.1 INTRODUÇÃO

A produção de madeira requer uma integração de conhecimentos biológicos, técnicos e econômicos, e sua gestão para alcançar a máxima produtividade de um povoamento é conhecida como manejo florestal (Embrapa, 2023). Tanto em sistemas com desbastes quanto sem eles, é crucial ter um entendimento do número de árvores por classes diamétricas para facilitar o planejamento da produção, levando em consideração o estoque, sortimento, prognóstico e avaliação econômica (Scheneider et al., 2008).

Definir e caracterizar a distribuição diamétrica é fundamental para determinar o sortimento da produção florestal, pois isso aumenta a precisão das estimativas feitas ao longo do acompanhamento do crescimento da floresta, permitindo corrigir eventuais efeitos do manejo ou das condições do sítio (Scheneider et al., 2008).

Um meio para definir a frequência das distribuições diamétricas é por meio das funções de densidade de probabilidade (fdp's). Essas funções identificam a estrutura diamétrica de um povoamento florestal e possibilitam observar a ocorrência de um ou mais grupos de árvores por classes de diâmetro devido a conceitos probabilísticos associados a elas (Scolforo, 2006).

De acordo com Machado et al. (2010), a distribuição diamétrica é uma maneira precisa de quantificar a dinâmica de um povoamento florestal e entender as variações ao longo do tempo. Tanto em florestas plantadas quanto em nativas, a distribuição diamétrica é crucial para a caracterização da floresta, a previsão e o prognóstico dos plantios, permitindo a adoção de ações que otimizem a produção (Scolforo, 1998).

As fdp's, também chamadas de funções probabilísticas, podem ser agrupadas com base nos picos de frequência, simetria, curvatura e número de variáveis aleatórias (Embrapa, 2002). Sua principal característica é que, por serem derivadas de medições,

seus valores pertencem a um intervalo que reflete a realidade do campo (Bussab e Morettin, 1987).

Cupressus lusitanica P. Miller é uma espécie com potencial para cultivo no Brasil, especialmente na região sul. Portanto, avaliar sua distribuição diamétrica é essencial, pois é uma ferramenta analítica simples e poderosa para compreender a estrutura de uma floresta (Stepka et al., 2011). Com ela, é possível fazer previsões e prognósticos dos plantios e influenciar a adoção de ações que otimizem a produção (Scolforo, 1998).

Desenvolver funções de distribuição diamétrica para *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbaste e idades é crucial por várias razões. Em primeiro lugar, essas funções fornecem uma representação quantitativa da estrutura diamétrica da floresta, o que é fundamental para compreender a composição e a distribuição das árvores dentro do povoamento. Outra vantagem é que essas funções possibilitam a avaliação de diferentes cenários de manejo florestal e a comparação de sua eficácia em otimizar a produção de madeira. Ao modelar o padrão de distribuição diamétrica em diferentes condições de desbaste e idades, é possível identificar qual regime de manejo resulta em uma distribuição diamétrica mais favorável para os objetivos de produção florestal.

Portanto, desenvolver e analisar as funções de distribuição diamétrica para a espécie é uma etapa fundamental para avaliar a eficiência do manejo adota. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo modelar o padrão de distribuição diamétrica de *C. lusitanica* submetido a diferentes regimes de desbaste e idades.

6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

6.2.1 Caracterização da área de estudo e mensuração florestal

As características da área de estudo e detalhes do experimento já foram apresentadas no Capítulo I. Neste capítulo, será descrito apenas as análises pertinentes a metodologia específica deste conteúdo.

6.2.2 Processamento e Análise de dados

Inicialmente, determinou a frequência observada por meio da regra de Sturges para cada ano e tratamento. Posteriormente, foram ajustadas funções de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull 2 parâmetros (Weibull-2p), Weibull 3 parâmetros (Weibull-3p) e Gamma (Tabela 8).

Tabela 8. Distribuições densidade probabilística ajustadas para *Cupressus lusitanica*.

Função Densidade de Probabilidade	Modelo matemático
Gauss	$f(x) = \frac{1}{c\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-b}{c}\right)^2}$
Log-normal	$f(x) = \frac{1}{xc\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(\ln(x)-b)^2}{2c^2}\right]}$
Weibull-2p	$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} e^{\left(\frac{x}{b}\right)^c}$
Weibull-3	$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$
Gamma	$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x}$

Nota: x = valor do centro de classe; Gauss: b = média da distribuição; c = desvio padrão da distribuição. Log-normal: b = logaritmo natural da média da distribuição; c = logaritmo natural do desvio padrão da distribuição. Weibull-2p: b = parâmetro de escala da distribuição; c = parâmetro de forma da distribuição. Weibull-3p: a = parâmetro de localização; b = parâmetro de escala da distribuição; c = parâmetro de forma da distribuição. Gamma: β = parâmetro da distribuição; Γ = função gama.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A distribuição de Gauss é amplamente utilizada para representação de variáveis contínuas nas mais diversas áreas em que necessitam do pressuposto da normalidade dos dados para análise de dados (Morettin e Bussab, 2010). As distribuições possuem fórmulas específicas para determinação dos seus valores de média e desvio padrão, neste sentido, aplicar a distribuição de melhor ajuste garante maior confiabilidade dos dados. A média e o desvio padrão das distribuições de probabilidade avaliadas constam na Tabela 9.

Tabela 9. Fórmulas para determinação da média e desvio padrão por distribuição de probabilidade.

Função Densidade de Probabilidade	Fórmula matemática
Gauss	$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$
	$S = \sqrt{\frac{\sum (di - \bar{d})^2}{n}}$
Log-normal	$\bar{d} = \exp \left\{ \bar{d} \frac{S^2}{n} \right\}$
	$S = \sqrt{\exp(S^2 + 2\bar{d}) [\exp(S^2) - 1]}$
Weibull-2p	$\bar{d} = b * \Gamma \left(1 + \frac{1}{c} \right)$
	$S = \sqrt{b^2 * \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{c} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{c} \right) \right]}$
Weibull-3	$\bar{d} = a + b * \Gamma \left(1 + \frac{1}{c} \right)$
	$S = \sqrt{b^2 * \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{c} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{c} \right) \right]}$
Gamma	$\bar{d} = \frac{\alpha}{\beta}$
	$S = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta^2}}$

Nota: \bar{d} = diâmetro médio; S = desvio padrão; n = número de indivíduos; di = diâmetro individual; S^2 = variância; a , b e c = parâmetros estimadas; Γ = função gama; α e β = parâmetros estimados.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov a nível de 1% de significância para a verificação da aderência das funções relacionadas aos dados estudados (Eq 7). O teste avalia a diferença máxima absoluta (D_{cal}) resultante da subtração entre frequência observada acumulada (Fo) e a frequência esperada acumulada (Fe), dividido pelo número total de árvores (Eq. 8). A hipótese nula testada por meio deste teste, ao nível de probabilidade de 99%, de D_{cal} menor ou igual a D_n ($D_{cal} \leq D_n$) informa que as distribuições podem ser consideradas estatisticamente iguais, logo, indica que há aderência da distribuição probabilística aos dados e, ainda, com o intuito de comparar umas com as outras, a melhor função de densidade de probabilidade corresponde a que resultar em menor D_{cal} .

$$D_n = \frac{1,63}{\sqrt{n}} \quad \text{Eq. 7}$$

$$D_{calc} = \frac{>|Fo-Fe|}{n} \quad \text{Eq. 8}$$

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Descrição dos tratamentos

A estatística descritiva para as variáveis diâmetro (d) e altura (h) relacionada aos regimes de manejo avaliados na amostragem florestal realizada aos 9 (anterior e após desbaste) e 16 anos da espécie em estudo estão na Tabela 10 e 11, respectivamente. Percebe-se que os maiores diâmetros e alturas encontram-se no regime de desbaste Extremo.

Tabela 10. Estatística descritiva da variável diâmetro de *Cupressus lusitanica* em diferentes idades e intensidades de desbastes.

Estatísticas	Comercial			Extremo			Testemunha	
				Idade (anos)				
	9a*	9b*	16	9a*	9b*	16	9	16
\bar{d}	11,7	11,3	16,1	12,1	15,7	27,5	12,3	16,4
s	3,4	3,6	5,4	3,6	3,0	5,3	3,8	5,6
M_d	11,9	11,0	15,9	12,2	15,4	27,3	12,0	15,5
CV	28,8	31,8	33,5	29,8	18,8	19,4	30,5	34,2

Nota: a* corresponde a antes do desbaste; b* após o desbaste. \bar{d} = diâmetro médio (cm); s = desvio padrão (cm); M_d = mediana (cm); CV = coeficiente de variação (%).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 11. Estatística descritiva da variável altura de *Cupressus lusitanica* em diferentes idades e intensidades de desbastes.

Estatísticas	Comercial			Extremo			Testemunha	
				Idade (anos)				
	9a*	9b*	16	9a*	9b*	16	9	16
\bar{h}	9,0	8,8	10,9	9,1	10,3	15,0	9,3	11,0
s	1,3	1,4	2,4	1,4	1,2	2,5	1,6	2,5
M_d	9,0	8,6	10,7	9,2	10,2	14,9	9,1	10,6
CV	14,4	15,4	22,3	14,9	11,7	16,4	17,5	22,7

Nota: a* corresponde a antes do desbaste; b* após o desbaste. \bar{h} = altura média (m); s = desvio padrão; M_d = mediana do conjunto de dados; CV = coeficiente de variação (%).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os maiores valores do desbaste extremo no ano do desbaste ocorreram em função de dois fatores: i) manter no plantio apenas as árvores dominantes e ii) redução do desvio padrão, atrelado ao menor número de indivíduos no plantio. Souza et al. (2018) constataram para a mesma espécie, em plantio desbastado aos 12 anos com retirada de 50% dos indivíduos na mesma região geográfica, valores próximos para d e h ao do presente estudo com 20,0 cm e 11,6 m, respectivamente.

6.3.2 Funções de densidade de probabilidade

Os coeficientes ajustados para cada uma das funções de densidade de probabilidade em função dos diferentes tratamentos e ano constam na Tabela 12. A partir do coeficiente c é possível observar a forma da distribuição, quando $c > 1$ tem forma unimodal, quando $1 < c < 3,6$ a distribuição é assimétrica e positiva, com $c < 1$ a função tem forma decrescente de maneira abrupta (Baker et al. 2005).

Tabela 12. Coeficientes ajustados para as funções de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por ano e regime de desbaste para *C. lusitanica* cultivado em Campo Belo do Sul, SC. (Continua)

Idade	FDP	Coeficientes		
		Testemunha	Comercial	Extremo
Gauss		b = 12,3161	b = 11,2673	b = 15,7351
		c = 3,75475	c = 3,58174	c = 2,96377
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
Log-normal		b = 2,46029	b = 2,36285	b = 2,73897
		c = 0,329688	c = 0,366815	c = 0,184366
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
Weibull-2p		b = 13,6725	b = 12,524	b = 16,9801
		c = 3,59953	c = 3,45043	c = 5,41063
Weibull-3p		a = 2,85728	a = 0,204538	a = 9,77909
		b = 11,0676	b = 12,3081	b = 6,72115
		c = 2,45523	c = 12,3081	c = 2,12028
Gamma		$\alpha = 10,0424$	$\alpha = 8,6306$	$\alpha = 29,6982$
		$\beta = 0,815385$	$\beta = 0,765989$	$\beta = 1,88738$
		b = 13,0956	b = 12,3239	b = 17,9932
Gauss		c = 4,05678	c = 3,96611	c = 3,30982
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
		b = 2,5204	b = 2,45283	b = 2,87361
10	Log-normal	c = 0,33296	c = 0,362632	c = 0,181989
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
		b = 14,5535	b = 13,716	b = 19,3851
	Weibull-2p	c = 3,53469	c = 3,39282	c = 5,60438
		a = 3,0147	a = 0,532926	a = 11,4559

Tabela 12. Coeficientes ajustados para as funções de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por ano e regime de desbaste para *C. lusitanica* cultivado em Campo Belo do Sul, SC. (Continuação)

	Weibull-3p	$b = 11,3397$ $c = 2,68947$	$b = 13,1515$ $c = 3,24004$	$b = 7,373$ $c = 2,07805$
	Gamma	$\alpha = 9,80215$ $\beta = 0,748507$	$\alpha = 8,67944$ $\beta = 0,704278$	$\alpha = 30,6863$ $\beta = 1,70543$
	Gauss	$b = 13,9623$ $c = 4,39689$	$b = 13,167$ $c = 4,21884$	$b = 20,3589$ $c = 3,56066$
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
	Log-normal	$b = 2,58307$ $c = 0,337342$ constante = 2,51	$b = 2,51929$ $c = 0,359726$ constante = 2,51	$b = 2,99848$ $c = 0,175061$ constante = 2,51
11	Weibull-2p	$b = 15,5317$ $c = 3,45546$	$b = 14,6528$ $c = 3,44938$	$b = 21,8667$ $c = 5,98199$
	Weibull-3p	$a = 3,20148$ $b = 12,1093$ $c = 2,63547$	$a = 1,12039$ $b = 13,4662$ $c = 3,14095$	$a = 11,9602$ $b = 9,4552$ $c = 2,52995$
	Gamma	$\alpha = 9,54661$ $\beta = 0,68374$	$\alpha = 8,72062$ $\beta = 0,662307$	$\alpha = 33,42$ $\beta = 1,64154$
	Gauss	$b = 14,5171$ $c = 4,595$	$b = 13,9927$ $c = 4,52801$	$b = 22,3932$ $c = 3,84434$
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
	Log-normal	$b = 2,62165$ $c = 0,338188$ constante = 2,51	$b = 2,57876$ $c = 0,36402$ constante = 2,51	$b = 3,09418$ $c = 0,172604$ constante = 2,51
12	Weibull-2p	$b = 16,154$ $c = 3,43523$	$b = 15,5813$ $c = 3,42183$	$b = 24,0237$ $c = 6,114$
	Weibull-3p	$a = 3,54705$ $b = 12,3545$ $c = 2,56536$	$a = 1,15387$ $b = 14,358$ $c = 3,12367$	$a = 12,5067$ $b = 11,0961$ $c = 2,77394$
	Gamma	$\alpha = 9,47829$ $\beta = 0,652904$	$\alpha = 8,52821$ $\beta = 0,609476$	$\alpha = 34,4822$ $\beta = 1,53985$
	Gauss	$b = 14,9872$ $c = 4,87484$	$b = 14,4725$ $c = 4,69491$	$b = 23,9247$ $c = 4,35322$
		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
	Log-normal	$b = 2,65083$ $c = 0,346213$ constante = 2,51	$b = 2,61204$ $c = 0,36504$ constante = 2,51	$b = 3,15837$ $c = 0,184473$ constante = 2,51
13	Weibull-2p	$b = 16,154$ $c = 3,43523$	$b = 15,5813$ $c = 3,42183$	$b = 25,7448$ $c = 5,81574$
	Weibull-3p	$a = 3,3276$ $b = 16,7035$ $c = 2,46899$	$a = 1,35085$ $b = 14,6857$ $c = 3,08611$	$a = 12,4122$ $b = 12,9039$ $c = 2,86088$
	Gamma	$\alpha = 9,03464$ $\beta = 0,602824$	$\alpha = 8,52821$ $\beta = 0,609476$	$\alpha = 30,404$ $\beta = 1,27082$
	Gauss	$b = 14,9872$ $c = 4,87484$	$b = 14,4725$ $c = 4,69491$	$b = 23,9247$ $c = 4,35322$
14		constante = 2,51	constante = 2,51	constante = 2,51
		$b = 2,65083$	$b = 2,61204$	$b = 3,15837$

Tabela 12. Coeficientes ajustados para as funções de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por ano e regime de desbaste para *C. lusitanica* cultivado em Campo Belo do Sul, SC. (Continuação)

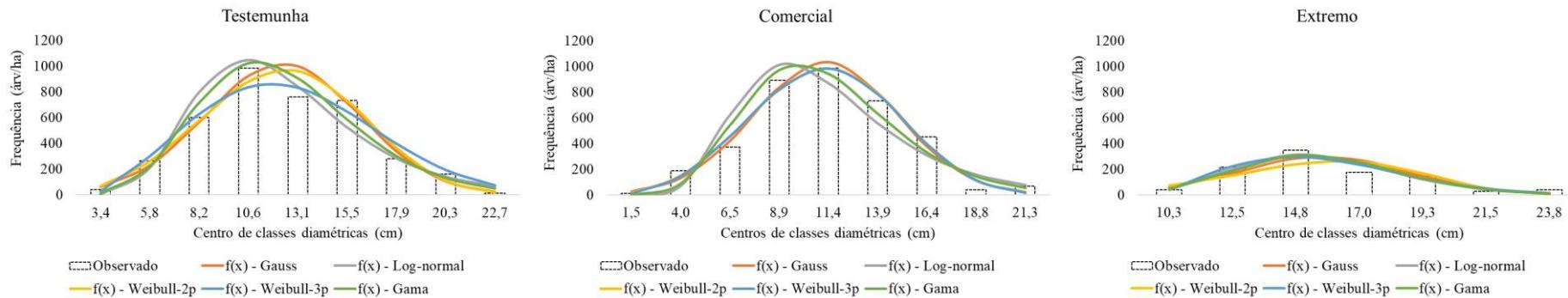
	Log-normal	$c = 0,346213$ constante = 2,51	$c = 0,36504$ constante = 2,51	$c = 0,184473$ constante = 2,51
	Weibull-2p	$b = 16,154$ $c = 3,43523$	$b = 15,5813$ $c = 3,42183$	$b = 25,7448$ $c = 5,81574$
	Weibull-3p	$a = 3,3276$ $b = 16,7035$ $c = 2,46899$	$a = 1,35085$ $b = 14,6857$ $c = 3,08611$	$a = 12,4122$ $b = 12,9039$ $c = 2,86088$
	Gamma	$\alpha = 9,03464$ $\beta = 0,602824$	$\alpha = 8,52821$ $\beta = 0,609476$	$\alpha = 30,404$ $\beta = 1,27082$
	Gauss	$b = 15,4915$ $c = 5,18216$	$b = 15,0574$ $c = 4,96023$	$b = 25,2836$ $c = 4,7289$
	Log-normal	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$
	Weibull-2p	$b = 2,68055$ $c = 0,356816$	$b = 2,65012$ $c = 0,368858$	$b = 3,21262$ $c = 0,190098$
14	Weibull-3p	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$
	Gamma	$b = 17,2937$ $c = 3,23635$	$b = 16,7862$ $c = 3,36397$	$b = 27,2506$ $c = 5,72272$
	Gauss	$a = 3,724$ $b = 13,2701$ $c = 2,42474$	$a = 1,94431$ $b = 14,7139$ $c = 2,90117$	$a = 12,6134$ $b = 14,1972$ $c = 2,911$
	Log-normal	$\alpha = 8,53272$ $\beta = 0,550799$	$\alpha = 8,26063$ $\beta = 0,548611$	$\alpha = 28,6861$ $\beta = 1,13458$
	Weibull-2p	$b = 15,9024$ $c = 5,33872$	$b = 15,4632$ $c = 5,18209$	$b = 26,5083$ $c = 5,00903$
	Weibull-3p	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$
15	Gamma	$b = 2,70696$ $c = 0,355094$	$b = 2,67422$ $c = 0,376978$	$b = 3,25926$ $c = 0,194688$
	Gauss	$b = 17,7576$ $c = 3,21461$	$b = 17,2549$ $c = 3,30523$	$b = 28,5758$ $c = 5,72654$
	Weibull-2p	$a = 3,84737$ $b = 13,5984$ $c = 2,40865$	$a = 1,82029$ $b = 15,3115$ $c = 2,88869$	$a = 11,8199$ $b = 16,3816$ $c = 3,21315$
	Weibull-3p	$\alpha = 8,5655$ $\beta = 0,538628$	$\alpha = 7,94558$ $\beta = 0,513838$	$\alpha = 27,6345$ $\beta = 1,04248$
	Gamma	$b = 16,3941$ $c = 5,6097$	$b = 16,0764$ $c = 5,41107$	$b = 27,4597$ $c = 5,33267$
	Gauss	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$
	Log-normal	$b = 2,73506$ $c = 0,362435$	$b = 2,71262$ $c = 0,378556$	$b = 3,29367$ $c = 0,198741$
16	Weibull-2p	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$	$constante = 2,51$
	Weibull-3p	$b = 18,3239$ $c = 3,14535$	$b = 17,9437$ $c = 3,2859$	$b = 29,6551$ $c = 5,51002$
	Gamma	$a = 3,84332$ $b = 14,1584$ $c = 2,38136$	$a = 1,85697$ $b = 15,9597$ $c = 2,87948$	$a = 12,5638$ $b = 16,654$ $c = 3,03515$
	Weibull-3p	$\alpha = 8,24645$	$\alpha = 7,8868$	$\alpha = 26,4177$

Tabela 12. Coeficientes ajustados para as funções de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por ano e regime de desbaste para *C. lusitanica* cultivado em Campo Belo do Sul, SC. (Continuação)

$\beta = 0,503015$	$\beta = 0,490582$	$\beta = 0,962054$
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.		

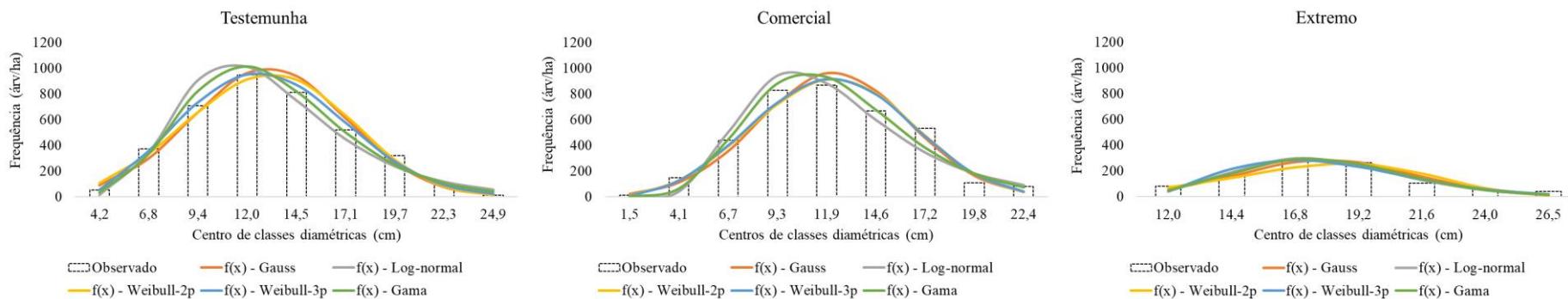
Os ajustes das funções de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama por regime de desbaste e ano constam nas Figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26. Analisando os gráficos é possível perceber que o ajuste de algumas funções em função da idade resultou em tendências de superestimativa e subestimativa em algumas de diâmetros.

Figura 19. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 9 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



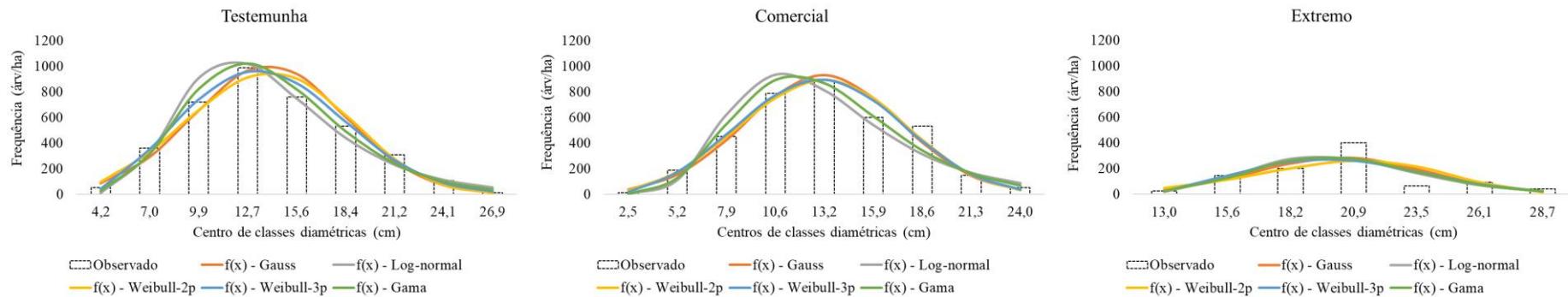
Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 20. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 10 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



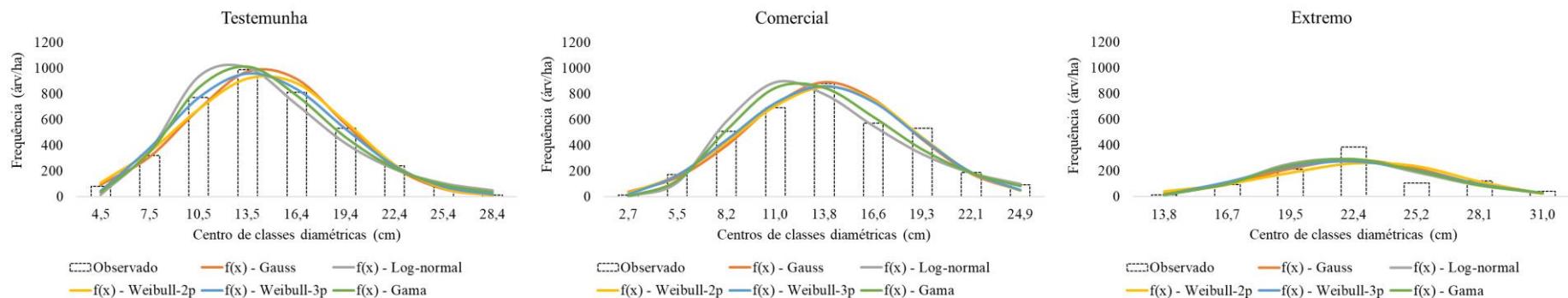
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 21. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 11 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



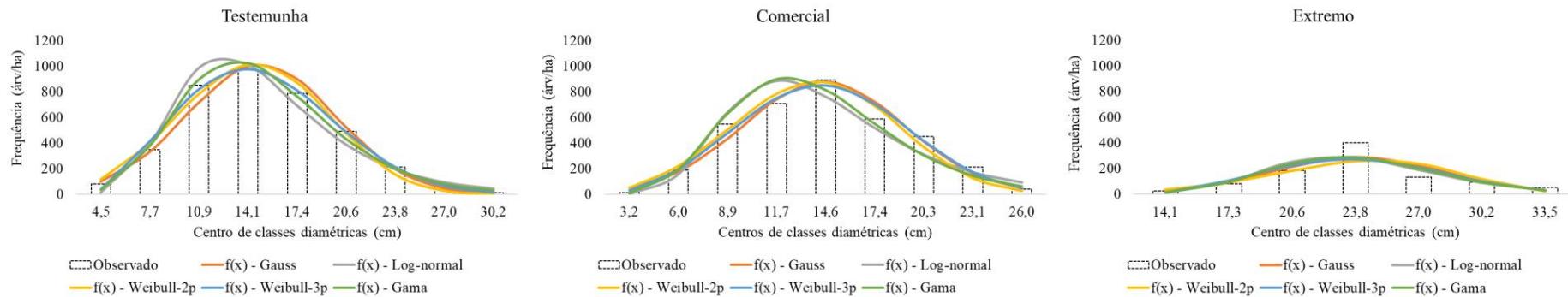
Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 22. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 12 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



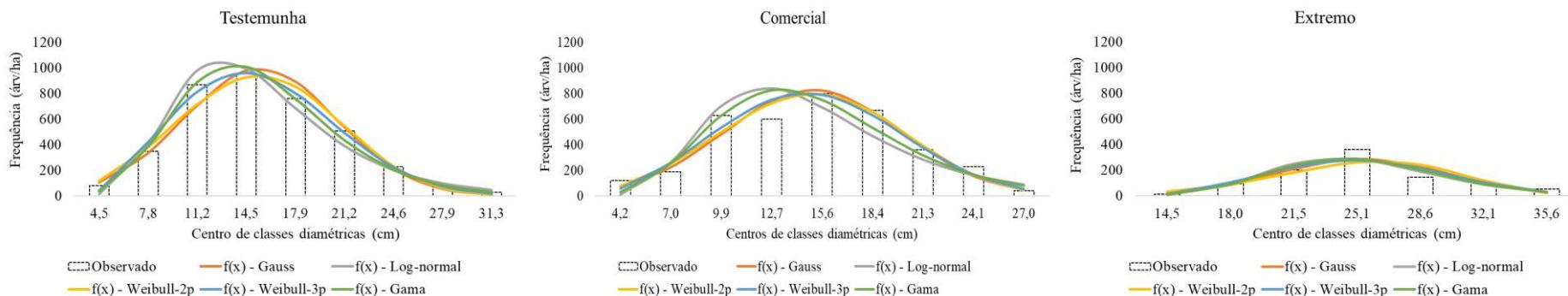
Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 23. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 13 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



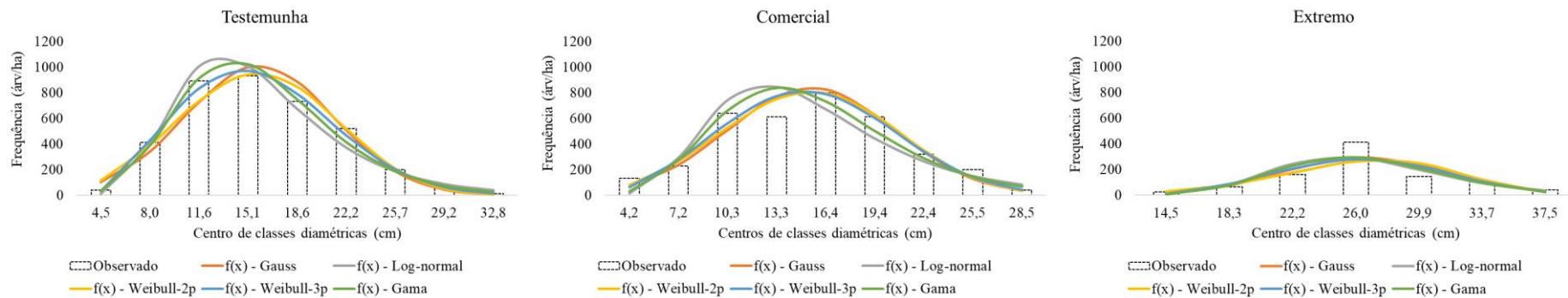
Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 24. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 14 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



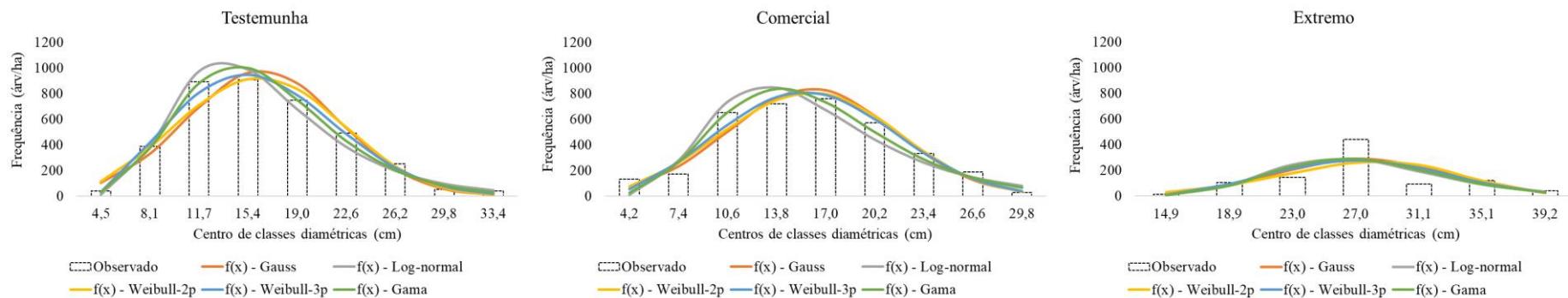
Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 25. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 15 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024

Figura 26. Função de densidade de probabilidade de Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama ajustadas para *Cupressus lusitanica* aos 16 anos de idade, em diferentes regimes de desbastes cultivado em Campo Belo do Sul, SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024

As frequências esperadas por classes diamétricas que mais se aproximaram do valor observado foram resultantes do uso da função Weibull-3p, enquanto as que mais diferiram-se foi resultado da utilização de Gauss e Weibull-2p. Santos et al. (2019) ao avaliarem *Eucalyptus* sp. apresentaram que a função Log-normal apresentou tendência em subestimar algumas classes de diâmetros, principalmente as maiores, de maior valor agregado. No entanto, não foi possível verificar esse padrão para todos os tratamentos do presente estudo, ao passo que em algumas classes houve superestimativa, mas para outras subestimativas.

A partir das frequências esperadas de cada uma das funções de densidade de probabilidade, foram gerados D_{calc} que constam apresentados na Tabela 13. Por meio deles, constata-se que todas as distribuições possuem aderência, tendo em vista que o D_{calc} é menor que D_n . No entanto, as destacadas em negrito apresentam as melhores distribuições considerando o critério de menor D_{calc} , por possuírem este menor que as demais.

Tabela 13. Teste de Kolmogorov-Smirnov (D_{calc} e D_n) para as diferentes distribuições probabilísticas em diferentes regimes de desbastes e idades para *C. lusitanica*.

Idade	Tratamento	D_{calc}					
		Gauss	Lognormal	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma	D_n
9	Testemunha	0,043	0,064	0,045	0,027	0,057	0,096
	Comercial	0,015	0,063	0,013	0,000	0,037	0,097
	Extremo	0,094	0,044	0,136	0,044	0,058	0,189
10	Testemunha	0,068	0,051	0,034	0,034	0,031	0,096
	Comercial	0,056	0,048	0,045	0,043	0,029	0,098
	Extremo	0,036	0,036	0,090	0,040	0,033	0,189
11	Testemunha	0,071	0,037	0,032	0,027	0,032	0,096
	Comercial	0,037	0,062	0,033	0,033	0,036	0,098
	Extremo	0,103	0,074	0,153	0,087	0,080	0,191
12	Testemunha	0,047	0,040	0,027	0,010	0,021	0,096
	Comercial	0,033	0,055	0,029	0,030	0,033	0,098
	Extremo	0,083	0,052	0,129	0,072	0,059	0,191
13	Testemunha	0,033	0,040	0,038	0,015	0,022	0,096
	Comercial	0,024	0,064	0,051	0,018	0,077	0,099
	Extremo	0,080	0,071	0,122	0,070	0,055	0,191
14	Testemunha	0,039	0,036	0,029	0,009	0,017	0,096
	Comercial	0,041	0,079	0,029	0,023	0,055	0,099
	Extremo	0,058	0,051	0,098	0,049	0,038	0,191
15	Testemunha	0,046	0,039	0,027	0,013	0,024	0,096
	Comercial	0,048	0,077	0,035	0,029	0,053	0,099
	Extremo	0,081	0,080	0,117	0,079	0,067	0,192
16	Testemunha	0,050	0,036	0,029	0,016	0,017	0,096
	Comercial	0,042	0,054	0,028	0,022	0,030	0,100
	Extremo	0,117	0,083	0,153	0,111	0,091	0,192

Nota: resultados destacados em negritos foram considerados mais aderentes comparativamente ao demais.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Amplamente utilizada e difundida no setor florestal, a função Weibull-3p foi a que possibilitou maior aderência para todos os tratamentos. Dado que a função Weibull é uma das mais empregadas para o propósito desta pesquisa (Guimarães, 2002; Leite et al., 2010), pode-se concluir que os resultados obtidos neste estudo em relação ao teste de Kolmogorov-Smirnov estão alinhados com os padrões das funções densidades de probabilidade de maior excelência para representar a distribuição diamétrica. Além disso, Bartoszeck et al. (2004) e Machado et al. (2000) encontraram, ao ajustar a função Gama, valores reduzidos para a estatística de Kolmogorov-Smirnov, como também foi

observado neste estudo. Isso evidencia a qualidade da função Gama na caracterização da distribuição diamétrica da espécie.

De modo similar também foi constatado aderência dessas funções para povoamento florestal tal como o de Silva (2011) para *Pinus* sp. Além dessas distribuições, outra que apresentou boa aderência aos dados foi a Gamma, constatação que pode ter relação com flexibilidade que ela pode ter de se ajustar a diferentes curvas e assimetrias (Scolforo, 2006).

Stepka et al., (2011) ao avaliarem *Eucalyptus* sp. apresentaram que a distribuição Weibull apresentou boa aderência e significância de ajuste em dados unimodais, tendo em vista que eles estudaram dados bimodais, logo, não verificaram aderência e significância para o ajuste que realizaram com essa função. Tal observação corrobora com o constatado no presente estudo, visto que com exceção de uma situação, todos os tratamentos tiveram aderência a função.

De acordo com Machado et al (2010) a distribuição diamétrica é um dos meios pelo qual é possível quantificar a dinâmica de um povoamento com maior exatidão e compreender as variações que ocorrem ao longo do tempo. Cada uma das funções de densidade de probabilidade possui formulações próprias para a estatística descritiva, logo, a correta aplicação assegura representatividade dos dados e maior precisão para as demais variáveis que possuem correlação direta com a estrutura diamétrica de um povoamento.

A média e medidas de dispersão por tratamento de acordo com cada uma das funções constam-se apresentadas na Tabela 14. Constatou-se que as médias não se diferiram tanto uma das outras em relação ao observado em campo que corresponde ao apresentado na função de Gauss, visto que a média e desvio padrão dos tratamentos foram calculados através da formulação deste função.

Tabela 14. Medidas de posição e dispersão dos dados estimados pelas diferentes funções de densidade de probabilidade nos diferentes regimes de desbastes e idades aplicados em povoamento de *Cupressus lusitanica*, localizado em Campo Belo do Sul - SC. (Continua)

Idade	Tratamento	Variável	Gauss	Log normal	Weibull 2p	Weibull 3p	Gamma
9	Testemunha	\bar{d} (cm)	12,3	12,4	12,3	12,7	12,3
		S (cm)	3,8	4,2	3,8	4,3	3,9
	Comercial	\bar{d} (cm)	11,3	11,4	11,3	11,3	11,3
		S (cm)	3,6	4,3	3,6	3,6	3,8
10	Extremo	\bar{d} (cm)	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
		S (cm)	3,0	2,9	3,3	3,0	2,9
	Testemunha	\bar{d} (cm)	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
		S (cm)	4,1	4,5	4,1	4,0	4,2
11	Comercial	\bar{d} (cm)	12,3	12,4	12,3	12,3	12,3
		S (cm)	2,5	4,7	4,0	4,0	4,2
	Extremo	\bar{d} (cm)	18,0	18,0	17,9	18,0	18,0
		S (cm)	3,3	3,3	3,7	3,3	3,3
12	Testemunha	\bar{d} (cm)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
		S (cm)	4,4	4,9	4,5	4,4	4,5
	Comercial	\bar{d} (cm)	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
		S (cm)	4,2	4,9	4,2	4,2	4,5
13	Extremo	\bar{d} (cm)	20,4	20,4	20,3	20,4	20,4
		S (cm)	3,6	3,6	3,9	3,6	3,5
	Testemunha	\bar{d} (cm)	14,5	14,6	14,5	14,5	14,5
		S (cm)	4,6	5,1	4,7	4,6	4,7
14	Comercial	\bar{d} (cm)	14,0	14,1	14,0	14,0	13,9
		S (cm)	4,5	5,3	4,5	4,5	4,8
	Extremo	\bar{d} (cm)	22,4	22,4	22,3	22,4	22,4
		S (cm)	3,8	3,9	4,3	3,9	3,8
15	Testemunha	\bar{d} (cm)	15,0	15,0	14,5	18,1	15,0
		S (cm)	4,9	5,4	4,7	6,4	5,0
	Comercial	\bar{d} (cm)	14,5	14,6	14,0	14,5	14,0
		S (cm)	4,7	5,5	4,5	4,7	4,8
16	Extremo	\bar{d} (cm)	23,9	23,9	23,8	23,9	23,9
		S (cm)	4,4	4,5	4,8	4,4	4,3
	Testemunha	\bar{d} (cm)	15,5	15,6	15,5	15,5	15,5
		S (cm)	5,2	5,7	5,3	5,2	5,3
17	Comercial	\bar{d} (cm)	15,1	15,2	15,1	15,1	15,1
		S (cm)	5,0	5,8	4,9	4,9	5,2
	Extremo	\bar{d} (cm)	25,3	25,3	25,2	25,3	25,3
		S (cm)	4,7	4,9	5,1	4,7	4,7
18	Testemunha	\bar{d} (cm)	15,9	16,0	15,9	15,9	15,9
		S (cm)	5,3	5,9	5,4	5,3	5,4
	Comercial	\bar{d} (cm)	15,5	15,6	15,5	15,5	15,5
		S (cm)	5,2	6,1	5,2	5,1	5,5
	Extremo	\bar{d} (cm)	26,5	26,5	26,4	26,5	26,5

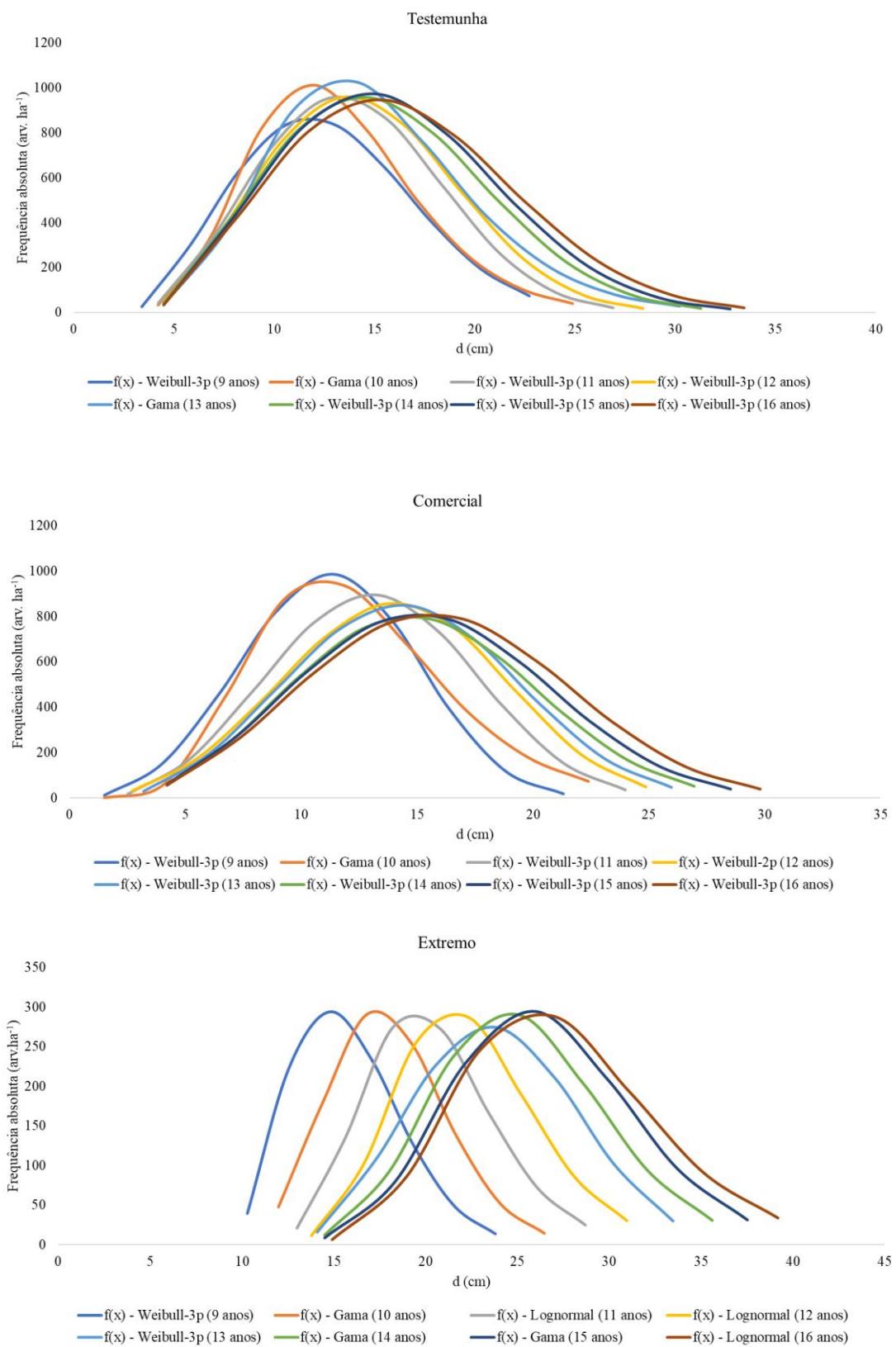
Tabela 14. Medidas de posição e dispersão dos dados estimados pelas diferentes funções de densidade de probabilidade nos diferentes regimes de desbastes e idades aplicados em povoamento de *Cupressus lusitanica*, localizado em Campo Belo do Sul - SC. (Continuação)

		<i>S</i> (cm)	5,0	5,2	5,4	5,0	5,0
Testemunha		\bar{d} (cm)	16,4	16,5	16,4	16,4	16,4
		<i>S</i> (cm)	5,6	6,2	5,7	5,6	5,7
16	Comercial	\bar{d} (cm)	16,1	16,2	16,1	16,1	16,1
		<i>S</i> (cm)	5,4	6,4	5,4	5,4	5,7
Extremo		\bar{d} (cm)	27,5	27,5	27,7	27,4	27,5
		<i>S</i> (cm)	5,3	5,5	5,7	5,4	5,3

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Na Figura 27 constam as funções de melhor aderência aos dados ao longo do período de avaliação (2015-2022). Com as imagens é permitido visualizar que todos os tratamentos ainda se encontram em pleno crescimento, visto que ainda não é evidente o comportamento de achatamento em todos os tratamentos e de forma constante ao longo do período de análise.

Figura 27. Comportamento das funções de densidade de probabilidade ao descrever o desenvolvimento do diâmetro de *Cupressus lusitanica*, ao longo de um período de 8 anos de coleta de dados, do povoamento localizado no município de Campo Belo do Sul-SC.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

As funções apresentaram comportamento normal relacionando ao tipo de povoamento (florestas equiâneas), visto que, apesar de sutil, ocorre achatamento da curva e deslocamento para a direita à medida que o povoamento avança em idade (Leite et al., 2005). Machado et al., (2006) afirmaram que a distribuição diamétrica de povoamentos equiâneos puros ao representar o desenvolvimento em idades jovens apresentam distribuição próxima da normal. Ao longo do desenvolvimento da espécie ocorre deslocamento para a direita e é aumentado a assimetria e curvose das curvas. Esta afirmação se reforça no presente estudo, por todos os tratamentos em todos os anos terem sido aderentes a distribuição normal, apesar de que não ser considerada a mais aderente.

Além disso, torna-se evidente que a aplicação de desbastes impulsionou o crescimento da espécie, observado pelo aumento de indivíduos em faixas de diâmetros maiores logo após. Além disso, por meio deles constata-se a rápida resposta de crescimento com a aplicação do regime de desbaste Extremo, ao passo que o deslocamento da curva ao longo do período é maior que dos demais tratamentos.

6.4 CONCLUSÃO

A distribuição diamétrica da espécie estudado apresenta-se de forma positiva, com concentração dos valores a direita na maior parte dos tratamentos. De maneira geral, todas as funções foram aderentes, sendo a Weibull-3p a função que permitiu maior representatividade dos dados.

Os maiores diâmetros e alturas foram observados no regime de desbaste Extremo em comparação com os regimes Comercial e Testemunha. Isso indica que o desbaste Extremo promoveu um crescimento mais vigoroso das árvores em termos de diâmetro e altura.

As funções de densidade de probabilidade (Gauss, Log-normal, Weibull-2p, Weibull-3p e Gama) foram consideradas aderentes aos dados para descrever a distribuição diamétrica das árvores nas diferentes idade e regimes de desbaste. A função Weibull-3p demonstrou ser a mais adequada para ajustar os dados na maioria dos tratamentos, indicando que ela se ajusta bem à distribuição dos diâmetros das árvores em seu estudo, com exceção de algumas situações específicas. A distribuição Gama também mostrou boa aderência aos dados, o que pode ser atribuído à sua flexibilidade em se ajustar a diferentes curvas e assimetrias.

Os parâmetros das distribuições (média e desvio padrão) variaram entre os diferentes tratamentos e idades. Isso sugere que a estrutura diamétrica das árvores varia com o tempo e em resposta aos diferentes regimes de manejo.

A distribuição diamétrica é uma ferramenta importante para quantificar a dinâmica de um povoamento florestal ao longo do tempo e compreender as variações que ocorrem. A escolha da função de densidade de probabilidade adequada é essencial para uma representação precisa dos dados.

7 CAPÍTULO III: ANÁLISE ECONÔMICA DE *Cupressus lusitanica* MILL SUBMETIDO A DIFERENTES INTENSIDADES DE DESBASTES

RESUMO

A avaliação econômica de florestas é primordial à garantia de retorno econômico, visto que um investimento só será rentável se os custos não superarem os ganhos. No setor florestal os custos são inerentes a todo o processo, desde a fase de implantação até a colheita. Espécies potenciais a diversificação da produção florestal toma destaque, visto a possibilidade de agregação de valor a produção florestal. O desenvolvimento da pesquisa teve por objetivo avaliar a produtividade de plantio experimental de *C. lusitanica* ao longo de 8 anos, no qual este foi submetido a diferentes intensidades de desbaste. A área de estudo encontra-se localizada no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, e se caracteriza pela presença de três blocos, avaliando três diferentes condições de desbastes. Os cenários produtivos foram avaliados, de acordo com as condições de instalação e condução de cada tratamento: 1) sem desbaste – Testemunha; 2) desbaste aos 9 anos com a retirada de 2 concorrentes de árvores potenciais – Comercial; 3) desbaste aos 9 anos, com exceção das árvores dominantes, retirada de todos os demais indivíduos – Extremo. Os custos associados ao estabelecimento e condução do povoamento foram mantidos uniformes entre os cenários. Os critérios econômicos utilizados foram Valor Anual Equivalente (VAE), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), com uma taxa mínima de atratividade estabelecida em 3,0% ao ano. Os diferentes tratamentos de desbaste apresentaram efeitos marcantes na qualidade e variedade dos produtos, notavelmente com o desbaste Extremo impulsionando a produção de toras mais valiosas. Todos os métodos de manejo mostraram-se financeiramente viáveis, a partir da avaliação dos critérios econômicos, para VAE e VPL valores positivos e TIR com taxa superior a TMA, logo corroborando à eficácia das práticas de manejo adotadas. Ainda, mesmo em áreas de baixa qualidade, *C. lusitanica* revelou-se economicamente viável, especialmente quando sujeita a regimes de desbaste, sugerindo um potencial promissor para retornos financeiros atrativos. Diante disto, a implementação de práticas de manejo adequadas e o fomento à pesquisa e inovação têm o potencial de otimizar os ganhos econômicos e fomentar o desenvolvimento sustentável da indústria florestal centrada em investimentos em *C. lusitanica*.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, Cipreste, Manejo florestal, Espécie florestal potencial.

ABSTRACT

The economic evaluation of forests is essential to ensure financial return, as an investment will only be profitable if the costs do not exceed the gains. In the forestry sector, costs are inherent throughout the process, from establishment to harvesting. Species with potential for diversification in forest production take precedence, given the possibility of adding value to forestry production. The research aimed to evaluate the productivity of an experimental planting of *C. lusitanica* over 8 years, during which it was subjected to different thinning intensities. The study area is located in Campo Belo do Sul, Santa Catarina, characterized by three blocks evaluating three different thinning conditions. Productive scenarios were assessed based on the establishment and management conditions of each treatment: 1) no thinning - Control; 2) thinning at 9 years with the

removal of 2 competing potential trees - Commercial; 3) thinning at 9 years, except for dominant trees, removing all other individuals - Extreme. Costs associated with establishment and management were kept uniform across scenarios. Economic criteria used included Equivalent Annual Value (EAV), Net Present Value (NPV), and Internal Rate of Return (IRR), with a minimum attractiveness rate set at 3.0% per year. The different thinning treatments had significant effects on the quality and variety of products, notably with Extreme thinning boosting the production of more valuable logs. All management methods proved financially viable based on economic criteria, with positive EAV and NPV values and IRR exceeding the minimum attractiveness rate, thus confirming the effectiveness of the adopted management practices. Moreover, even in areas of low quality, *C. lusitanica* proved to be economically viable, especially when subjected to thinning regimes, suggesting a promising potential for attractive financial returns. Therefore, the implementation of appropriate management practices and the promotion of research and innovation have the potential to optimize economic gains and foster sustainable development in the forestry industry focused on investments in *C. lusitanica*.

Keywords: Economic viability, Cypress, Forestry management, Potential forest species.

7.1 INTRODUÇÃO

As plantações florestais desempenham um papel crucial na economia, fornecendo matéria-prima para uma variedade de produtos e processos. Além disso, elas têm um impacto significativo na esfera social, aumentando a renda e os investimentos locais e regionais, e oferecem benefícios ambientais ao preservar os remanescentes nativos (Embrapa, 2015).

Durante a fase inicial de estabelecimento das plantações, a densidade populacional das árvores é uma característica crucial a ser considerada. Isso está intrinsecamente ligado aos tratos culturais e à qualidade do produto final. A escolha do espaçamento adequado deve levar em conta tanto o espaço necessário para o desenvolvimento saudável das árvores quanto a redução de custos associados. Um espaçamento adequado minimiza os efeitos da competição entre as árvores, reduzindo assim a necessidade de desbaste posterior (Leles et al., 2001).

Os gestores florestais devem empregar ferramentas e métodos de análise econômica para garantir o sucesso do investimento (Virgens et al., 2016). A maximização dos lucros é um objetivo fundamental para as empresas, podendo ser alcançada através da maximização da produção em relação aos custos totais ou da minimização dos custos em relação à produção total (Vasconcelos e Garcia, 2004).

Análises econômicas embasadas em critérios técnicos são essenciais no setor florestal, orientando decisões importantes, como a determinação da idade de rotação, a aplicação de fertilizantes, a intensidade e o momento dos tratamentos silviculturais e de manejo, e a escolha da espécie a ser plantada (Lopes, 1990).

Para tal avaliação, serão utilizados indicadores econômicos como o Valor Anual Equivalente (VAE), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). O VAE expressa o valor presente líquido de um projeto de investimento, dividido pelo número de anos de sua vida útil, facilitando a comparação anual de valor. O VPL, por sua vez, representa a diferença entre o valor presente dos fluxos de caixa futuros do projeto e o investimento inicial necessário. Já a TIR é a taxa de desconto que torna o VPL igual a zero, indicando a taxa de retorno do investimento ao longo de sua vida útil. Esses indicadores são essenciais para determinar a viabilidade econômica de projetos florestais e guiar as decisões de investimento na região.

No sul do Brasil, a espécie *C. lusitanica* tem despertado interesse no setor florestal devido à qualidade da madeira e ao seu potencial produtivo para múltiplos produtos, comparável às espécies tradicionalmente utilizadas. Nesse contexto, o presente estudo visa avaliar a viabilidade econômica do plantio de *C. lusitanica* em diferentes regimes de desbaste na região de Campo Belo do Sul, Santa Catarina.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

7.2.1 Caracterização da área de estudo e mensuração florestal

As características da área de estudo e detalhes do experimentos já foram apresentadas no Capítulo I. Neste capítulo, será descrito apenas as análises pertinentes a metodologia específica deste conteúdo.

7.2.2 Análise econômica

Os sortimentos foram obtidos através da equação de afilamento ajustada para a espécie (Equação 9) desenvolvida por Dobner Jr. (2021) com qualidade de ajuste representada pelo R^2 de 0,96. As classes de diâmetro foram definidas com base em dados de comercialização da madeira de Pinus na região do Paraná e Santa Catarina, divulgados pela Holtz – Engenharia de Negócios através de seu Boletim de Preços do Mercado Florestal, publicado no mês de março de 2023

(https://www.holtz.com.br/images/Boletim_Mercado_Florestal_Holtz-2023-03.pdf)

(Tabela 15).

$$\frac{d_i}{dbh} = 1,227 - 3,339 \left(\frac{h_i}{h_t} \right) + 13,423 \left(\frac{h_i}{h_t} \right)^2 - 19,166 \left(\frac{h_i}{h_t} \right)^3 + 28,843 \left(\frac{h_i}{h_t} \right)^4 - 9,001 \left(\frac{h_i}{h_t} \right)^5 \quad \text{Eq. 9}$$

Onde d_i = corresponde ao diâmetro mensurado na altura h_i ; dbh = diâmetro a altura do peito (1,3 m); h_i = altura ao longo do fuste e h_t = altura total.

Tabela 15. Sortimentos de *Pinus* sp. comercializados na região de Curitibanos – SC.

Produto	Diâmetro mínimo (cm)	Comprimento (m)
Laminação	34	2,6
Serraria	24	3,0
Serraria II	18	2,6
Madeira processada	8	2,4

Elabora pela autora, 2024.

Os cenários avaliados foram restritos quanto à consideração da estimativa para a idade de corte raso, dada a idade do plantio, que contava com apenas 16 anos de idade. Nesse sentido, foi priorizada a análise do cenário atual da avaliação experimental, abordando os diferentes regimes de desbaste e a idade do povoamento na última medição do estudo (Tabela 16). Essa delimitação foi estabelecida com o objetivo de focar especificamente nas condições presentes do povoamento e nos resultados observados até então, sem antecipar conclusões sobre estágios futuros.

A avaliação neste sentido permite uma análise mais precisa e contextualizada, evitando repetições de informações sobre a idade do plantio e ressaltando a relevância da análise dentro do contexto atual da pesquisa.

Tabela 16. Cenários para avaliação econômica de *Cupressus lusitanica* frente a diferentes cenários de desbastes, considerando a idade de 16 anos.

Cenário	Intervenção
1	Sem desbaste, com corte raso aos 16 anos.
2	Desbaste aos 9 anos com a retiradas de 2 concorrentes de árvores potenciais, com corte raso aos 16 anos.
3	Desbaste aos 9 anos, com exceção das árvores dominantes, retirada de todos os demais indivíduos, com corte raso aos 16 anos.

Elaborado pela autora, 2024.

Para a avaliação econômica dos cenários, os custos foram mantidos uniformes para todos os tratamentos, estando esses custos associados à terra, implantação e manutenção, conforme detalhado na Tabela 17 (Topanotti, 2020). Os valores relativos aos custos de colheita e desbaste foram não foram considerados na análise, uma vez que o preço por sortimento da madeira ainda em pé (R/m^3$) é resultado da interação entre oferta e demanda, além de considerar aspectos relacionados ao manejo ou tratamento aplicado na floresta. Além disso, fatores operacionais, como os custos de colheita, arraste e carregamento da madeira, são refletidos nos preços dos sortimentos.

Em relação ao custo da terra, foi considerada a aquisição da terra no ano zero, pelo valor de aproximadamente $R\$ 22.400,00 \text{ ha}^{-1}$ e venda no ano do corte raso (Dobner Jr. e Quadros (2019)). Para a construção do fluxo de caixa foi considerado o custo de oportunidade da terra, que se refere ao valor da terra em função da taxa de juros considerada, aplicado a cada ano.

Adicionalmente, foi considerada a aquisição da terra no ano zero do experimento, assim como sua venda no ano de corte raso da espécie, em conformidade com o proposto por Dobner Jr e Quadros (2019). Essa abordagem proporcionou uma análise mais abrangente e alinhada com as práticas comuns do setor florestal, ao considerar não apenas os custos diretos de manejo, mas também os aspectos relacionados à propriedade da terra e às receitas associadas à sua eventual venda após o corte raso da floresta.

Tabela 17. Custos e ano de ocorrência para o estabelecimento e condução de povoamento de *Cupressus lusitanica*.

Descrição	Ano	Valor	Unidade
Implantação	1	3.744	R/ha$
Tratos culturais	1	480	R/ha$
Poda	9	640	R/ha$
Administração	Todos	400	R/ha$

Nota: Implantação se refere a limpeza da área, plantio, controle de formigas e replantio se necessário; e tratos culturais se referem ao controle de formigas e aplicação de herbicidas.

Elaborado pela autora, 2024.

Destaca-se que, devido à ausência de um mercado consolidado para a espécie *C. lusitanica* no Brasil, os valores de comercialização das toras foram baseados nos preços do *Pinus* sp. Essa decisão foi tomada devido à escassez de dados confiáveis e representativos específicos para a espécie em questão. Ao adotar os preços de mercado do pinus, foi possível estabelecer uma base sólida para a análise econômica dos

tratamentos, dada a falta de informações precisas sobre os preços dessa espécie no mercado brasileiro, uma vez que até o momento seu cultivo no país está concentrado em avaliações experimentais.

Além disso, é importante observar que, embora os preços utilizados para a análise econômica sejam baseados no de *Pinus*, devido à ausência de um mercado consolidado, em regiões onde a espécie possui um mercado estabelecido, os preços praticados são mais altos do que os adotados neste estudo. No entanto, devido à falta de estratégias sólidas de mercado, à qualidade genética do material utilizado e ao plantio em sítios de baixa qualidade, optou-se por adotar preços baseados no pinus em vez dos preços da própria espécie.

Tabela 18. Valores de toras por produto de *Pinus* sp comercializadas em Curitibanos - SC.

Produto	Valor (R\$/m ³)
Laminação	351,4
Serraria I	269,3
Serraria II	175,2
Madeira processada	85,8

Elaborado pela autora, 2024.

Essa abordagem proporcionou análise mais abrangente e fundamentada, ao fornecer uma base de comparação relevante para os resultados obtidos neste estudo. Embora se reconheça que cada espécie florestal apresente características e valores de mercado distintos, a utilização dos dados disponíveis para o *Pinus* sp. representou uma estratégia viável para a avaliação econômica dos tratamentos avaliados neste contexto de pesquisa, visto ser uma espécie que possui destinação da madeira para finalidades semelhantes às que se espera alcançar com o desenvolvimento do *C. lusitanica* no Brasil.

Para a avaliação dos cenários, foi conduzida uma análise do fluxo de caixa, utilizando como critérios econômicos principais o Valor Anual Equivalente (VAE), o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Esses indicadores desempenham papéis cruciais na determinação da viabilidade econômica de projetos florestais, fornecendo uma visão abrangente do retorno financeiro ao longo do tempo.

O VAE, conforme expresso na Equação 11, representa uma quantia constante e regular necessária para compensar o valor presente líquido do investimento ao longo do tempo. Este indicador desempenha um papel crucial na avaliação da viabilidade

econômica de projetos, pois um VAE positivo sugere que os benefícios financeiros periódicos do projeto superam seus custos correspondentes, indicando assim sua sustentabilidade financeira (Silva e Fontes, 2005).

$$VAE = \frac{VPL [(1+i)^t - 1]}{1 - (1+i)^{-nt}} \quad (\text{Eq. 11})$$

Em que VPL refere-se ao Valor Presente Líquido, n corresponde horizonte do projeto, t equivale ao número de períodos capitalizados e i corresponde a taxa de juros.

É importante ressaltar que a análise do VAE fornece uma visão dinâmica e contínua da rentabilidade do projeto, levando em consideração não apenas os ganhos e despesas atuais, mas também sua distribuição ao longo do tempo. Essa abordagem proporciona uma compreensão mais abrangente da viabilidade econômica do investimento florestal, permitindo uma gestão financeira mais eficaz e estratégica.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) representa o percentual de retorno do capital investido em um projeto. Sua determinação é realizada através da equação apresentada na Equação 12.

$$\sum_{j=1}^n R_j (1 + TIR)^{-j} = \sum_{j=1}^n C_j (1 + TIR)^{-j} \quad (\text{Eq. 12})$$

Em que R_j corresponde ao valor das receitas obtidas com o projeto, C_j se refere aos custos, i corresponde a taxa de juros ou taxa mínima de atratividade, j equivale a duração do projeto.

Ela corresponde a taxa na qual os fluxos de caixa de entrada e saída se igualam ao longo do tempo. É uma métrica crucial na avaliação da viabilidade econômica de um projeto, pois indica a eficiência dos investimentos realizados em relação aos custos incorridos. A interpretação da TIR é direta: quanto maior for, maior será o retorno financeiro do projeto.

A TMA representa a taxa mínima esperada de retorno de um investimento, sendo crucial na avaliação comparativa de diferentes projetos. Este critério proporciona um ponto de referência para a comparação com a TIR do projeto e reflete o rendimento de sob as mesmas condições de risco. Ao analisar várias oportunidades de investimento, o critério de decisão é que o projeto com a maior TIR. Além disso, quando a TIR é maior que a TMA, indica que o investimento é economicamente mais interessante que o investimento de referência. Ambos os investimentos são equivalentes economicamente quando a $TIR = TMA$.

O Valor Presente Líquido (VPL) corresponde à soma dos valores dos fluxos de caixa associados a uma taxa de desconto, conforme representado pela Equação 13. Por meio desse método, o projeto é considerado viável quando apresenta um valor positivo. Essa métrica, como destacado por Silva et al., (2005) e Soares (2003), é fundamental na avaliação financeira de projetos, pois reflete a diferença entre os benefícios e os custos ao longo do tempo, trazendo todos os fluxos de caixa para um valor presente comum. Um VPL positivo indica que os benefícios líquidos do projeto excedem os custos líquidos, o que demonstra sua atratividade financeira e seu potencial para gerar retorno sobre o investimento.

$$VPL = \sum_{j=1}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=1}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (\text{Eq. 13})$$

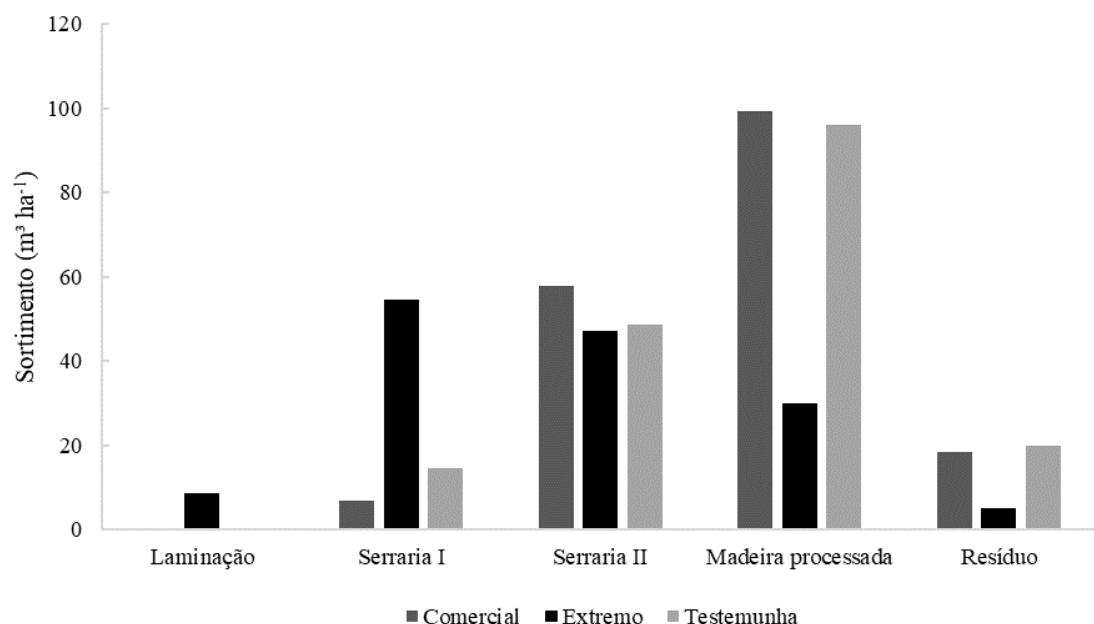
Em que R_j e C_j corresponde ao valor das receitas e custos, respectivamente, obtidos ao longo do fluxo de caixa do projeto, i se refere a taxa de juros, j corresponde a duração do projeto.

A taxa mínima de atratividade adotada para o presente estudo foi estabelecida em 3,0% ao ano, uma taxa comumente utilizada no setor florestal para avaliar a rentabilidade de investimentos. Essa taxa é essencial para determinar a viabilidade econômica dos projetos, servindo como referência para comparar os retornos esperados com o custo de oportunidade do capital investido. Todos os fluxos de caixa e os cálculos relacionados aos critérios econômicos foram realizados utilizando uma planilha Microsoft Office Excel.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da produção por destinação da madeira em função do sortimento dos tratamentos constam na Figura 28 e revelam diferenças significativas no sortimento de toras e na produção de produtos de madeira de valor agregado. Na figura, se constata que apenas o regime Extremo conseguiu promover a produção de toras de maior valor agregado, além disso, foi o que resultou em menor resíduo. Logo, regime sem desbaste visando o produtos de maior valor agregado como laminado e serraria I, não se mostra vantajoso para a espécie.

Figura 28. Impacto do desbaste por alto na qualidade e diversificação de produtos em plantio de *Cupressus lusitanica*.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

O tratamento Extremo, caracterizado pela manutenção apenas das árvores dominantes, resultou em sortimento de toras com maior proporção de produtos de maior valor agregado, como laminação e serraria de primeira classe. Isso sugere que a prática de manter apenas as árvores dominantes pode promover o crescimento e a qualidade dessas árvores, aumentando assim a quantidade de toras adequadas para produtos de maior valor.

Por outro lado, o tratamento Comercial, que envolveu a retirada de concorrentes, resultou em uma produção mais equilibrada entre os diferentes produtos de madeira. Embora não tenha gerado a mesma quantidade de toras de alta qualidade que o tratamento Extremo, o desbaste Comercial demonstrou ser eficaz na promoção de uma produção diversificada de toras de diferentes classes.

O tratamento Testemunha apresentou os resultados mais desfavoráveis em termos de sortimento de toras e produção de produtos de madeira de valor agregado. Isso indica que a ausência de desbaste pode resultar em uma produção inferior de toras adequadas para produtos de maior valor, comprometendo assim a rentabilidade e a qualidade da operação florestal.

Tanto o desbaste Extremo como o Comercial indicam serem mais vantajosos por possibilitarem a produção de produtos de madeira de maior qualidade, o que pode resultar

em maior rentabilidade e qualidade da operação florestal a longo prazo. Além disso, a observação de uma quantidade menor de resíduos no tratamento extremo em comparação com os outros tratamentos sugere uma utilização mais eficiente dos recursos florestais, o que também pode contribuir para a sustentabilidade e rentabilidade da operação.

Considerando os resultados apresentados, há a perspectiva de que em idades maiores (como 20, 25 e 30 anos), a espécie possa apresentar maior quantidade de produtos de maior valor agregado, especialmente em resposta aos regimes Comercial e Extremo. Logo, em estágios mais avançados de desenvolvimento, como reflexo da prática de desbaste resultante desses tratamentos, há a tendência de promoção de maior crescimento e qualidade das árvores remanescentes, potencialmente resultando em uma proporção aumentada de toras adequadas para produtos de maior valor. Essa abordagem pode ter uma contribuição significativa para a rentabilidade e a qualidade da operação florestal a longo prazo, possibilitando sortimento mais diversificado e valorização dos produtos.

Para David et al. (2017b) regimes de baixa densidade são mais adequados para maximizar a produção de toras de grande diâmetro em florestas de pinus no sul do Brasil. Eles oferecem as maiores produções neste aspecto e apresentam menores incertezas na escolha da intensidade e idade do primeiro desbaste em comparação com os regimes de alta densidade.

Após a avaliação dos critérios econômicos VAE e TIR, considerando um corte raso aos 16 anos visando produtos sólidos, foi constatado que todos os tratamentos são viáveis economicamente (Tabela 19).

Tabela 19. Resultados dos indicadores econômicos, VAE e TIR, para *Cupressus lusitanica*, avaliando cenário de corte raso aos 16 anos para diferentes regimes de desbastes.

Indicador econômico	Testemunha	Comercial	Extremo
VAE	R\$ 577,30	R\$ 775,34	R\$ 1.157,97
TIR	6,11%	7,24%	8,70%

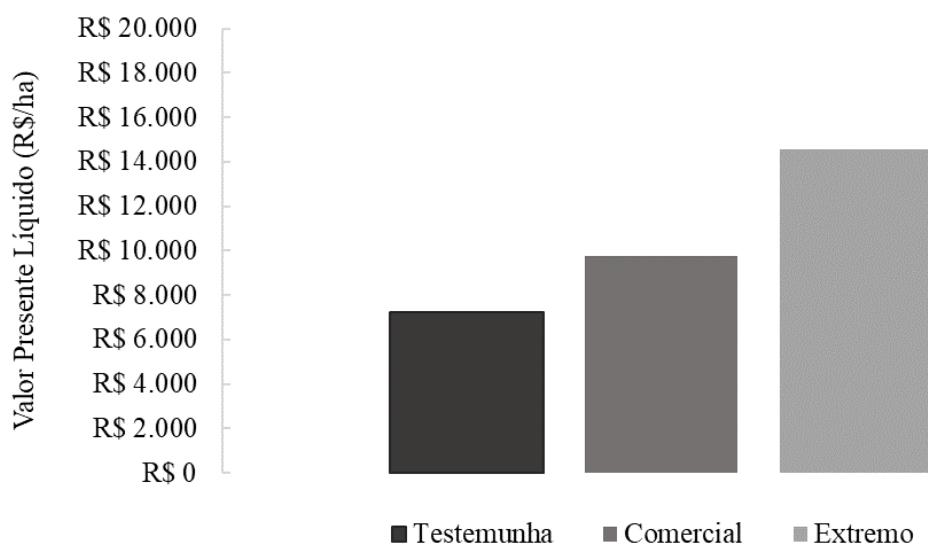
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Isso significa que, neste ponto do ciclo de crescimento das árvores, os investimentos realizados em todos os tratamentos resultariam em lucros financeiros. O VAE positivo indica que o valor presente líquido do investimento é maior do que o valor investido inicialmente, sugerindo um retorno financeiro favorável. Além disso, as taxas de retorno representadas pela TIR (6,11%, 7,24% e 8,70%) indicam que os investimentos seriam lucrativos o suficiente para justificar os recursos financeiros e os esforços

envolvidos. Esses resultados confirmam a viabilidade econômica dos métodos de manejo florestal avaliados e destacam o potencial econômico da espécie.

Ao avaliar o VPL (Figura 29), da mesma forma como os outros indicadores, reforçou-se que o cultivo da espécie nas condições avaliadas é vantajoso economicamente.

Figura 29. Valor presente líquido dos cenários de desbastes avaliados para a espécie de *Cupressus lusitanica*.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Com a avaliação conjunta dos indicadores econômicos (VAE, TIR e VPL), torna-se evidente que, nas condições avaliadas, é improvável que a espécie em questão atinja o mesmo nível de produtividade que outras espécies rentáveis no Brasil para finalidades sólidas, como o *Pinus taeda*, especialmente quando considera-se a prática do corte raso aos 23 anos aplicada a esta espécie, visto que aos 16 anos a espécie avaliado no presente estudo apresenta resultados inferiores de produção que os constatados para a cultura de pinus, constatações também observadas por Topanotti (2020) ao avaliar o cultivo desta espécie sobre cobertura de Pinus. E na condição de estudo desta autora, foi constatado para IS de 25 m receita de R\$ 1.081,70 por hectare para a espécie cultivada sobre cobertura de *Pinus* e, ainda, indicou que a espécie precisaria de receitas muito superiores para que fosse possível se equiparar ao cultivo puro de *Pinus* com corte raso aos 23 anos, aplicação de três desbastes (aplicados aos 7, 12 e 16 anos) e podas dos 3 ao 6 anos de idade.

Scolforo e Machado (1996) enfatizaram a importância dos desbastes como uma das principais estratégias silviculturais para o gênero *Pinus*, visto o impacto em diversos aspectos, tais como o crescimento, produção, dimensões, vigor e qualidade das árvores, além de desempenharem papel crucial na regulação da densidade do povoamento, ou seja, competição.

Além disso, as constatações deste estudo indicam que a aplicação de desbastes, independentemente da intensidade (tratamentos Extremo e Comercial), assim como, a não aplicação, há possibilidade de resultados positivos economicamente.

A partir da consideração do IMA para os regimes Testemunha, Comercial e Extremo, respectivamente, de $11,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $10,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $13,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, foi realizada uma estimativa para um horizonte de 25 anos. Observou-se ganho de produção para os tratamentos de $114,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Testemunha), $87,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Comercial) e $134,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Extremo). Ao considerar um cenário de 30 anos, esses valores correspondem a $171,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Testemunha), $140,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Comercial) e $202,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Extremo). Esses resultados indicam uma tendência de crescimento ao longo do tempo, apesar de serem inferiores às previsões de Topanotti (2020) para alguns tratamentos (Tabela 20).

Tabela 20. Estimativa da produção ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de *Cupressus lusitanica* a partir do IMA para duas idades, 25 e 30 anos, comparativamente ao estudo desenvolvido por Topanotti (2020) para a mesma espécie.

Fonte	Tratamento	Produção	
		25 anos	30 anos
Presente estudo	Testemunha	285,9	343,2
	Comercial	264,8	317,8
	Extremo	341,1	409,3
Topanotti (2020)	Sobre cobertura de <i>Pinus taeda</i> .	329,9	396,6

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Scolforo et al. (2001) conduziram uma análise econômica dos regimes de desbaste para a produção de madeira *clear* de *Pinus taeda*. Eles observaram que a opção por um manejo pré-comercial, seguido por dois desbastes e desrama, resultou nas maiores receitas líquidas, especialmente em sítios de alta qualidade. Por outro lado, em áreas de menor qualidade, um desbaste pré-comercial com apenas um desbaste e desrama foi mais vantajoso economicamente. Esses achados destacam a importância da aplicação de

múltiplos cenários de manejo a serem avaliados em florestas de coníferas, tal como *C. lusitanica*, em vista a otimizar a produção de madeira de qualidade e maximizar o retorno econômico.

Apesar da área em que o estudo foi conduzido ser caracterizado por baixa qualidade de sítio, os resultados observados sugerem que *C. lusitanica* apresenta viabilidade econômica satisfatória. Essa conclusão sugere que, mesmo em condições desafiadoras de produtividade, a espécie pode gerar retorno econômico favorável. Portanto, é possível que o cultivo da espécie em locais de melhor qualidade, aplicando regimes de manejo por alto, em mais de um momento no desenvolvimento do povoamento, os resultados sejam ainda mais promissores, tal como sugerido pelos resultados obtidos por Scolforo et al. (2001).

Dobner Jr. (2021) observou que a uma idade de 20 anos, uma área de *C lusitanica* cultivada em SI de 14 terá a possibilidade de alcançar volume de apenas $110 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto em SI de 20 poderia atingir $270 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e SI de 26 até $620 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, rendimento adicional de 160 e $350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente.

Em países com tradição consolidada no cultivo de *C. lusitanica* como a Nova Zelândia, sua madeira é altamente valorizada. Por exemplo, na Nova Zelândia, local onde um talhão dessa espécie aos 35 anos pode gerar receitas significativas, com as primeiras toras podadas avaliadas em US\$ 240,00 m^{-3} e as segundas em US\$ 160,00 m^{-3} . Ainda, estudos também realizados na Nova Zelândia, demonstram que o cultivo de *C. lusitanica* é altamente lucrativo, ao passo que a espécie é apontada com a segunda espécie mais rentável, atrás apenas do *Pinus radiata*, amplamente cultivado no país (Cawston; Nicholas, 2006; Cavana e Glass, 1985).

Considerando esses aspectos, é importante ressaltar que os valores de VAE e VPL observados no presente estudo podem estar subestimados, especialmente quando se considera os preços de mercado da espécie em local com mercado desenvolvido para a sua comercialização. Portanto, a avaliação de novas estratégias de manejo e melhoramento genético pode resultar em um valor de mercado ainda mais elevado para a madeira da espécie no Brasil no futuro, considerando sua atual fase de pesquisa e desenvolvimento.

Além disso, os resultados evidenciam que a não aplicação de desbaste na espécie resultou em retornos econômicos positivos, mesmo gerando produtos de menor valor agregado. No entanto, a aplicação de desbaste por alto, independentemente da intensidade (tratamentos comercial e extremo), se mostra mais vantajosa em termos de rentabilidade

econômica. Segundo Gomes (1999), é fundamental o manejo por desbastes à floresta para a produção de madeira destinada a diferentes usos. Essa abordagem não apenas aumenta a rentabilidade dos empreendimentos florestais, mas também contribui para mitigar os riscos associados aos projetos.

De acordo com David et al. (2017b) a qualidade do sítio florestal influencia a idade ótima para o corte raso. Sítios menos produtivos resultam em uma rotação mais longa, ou seja, as árvores são colhidas em uma idade mais avançada. Por outro lado, em sítios muito produtivos, o máximo retorno do VAE é alcançado em idades mais precoces. Isso significa que a decisão sobre a idade de corte raso deve ser adaptada às características específicas do local de plantio.

7.4 CONCLUSÃO

Os diferentes tratamentos de desbaste exercem um impacto substancial na qualidade e diversificação dos produtos de madeira. O desbaste Extremo demonstrou tendência à produção de toras de maior valor agregado, como laminação e serraria de primeira classe, com uma redução significativa de resíduos. Em contrapartida, o regime Comercial promoveu produção mais equilibrada entre os diversos produtos de madeira. Já o sem desbaste, Testemunha, apresentou resultados menos favoráveis, evidenciando a importância dos desbastes para a obtenção de toras de alta qualidade.

Todos os tratamentos demonstraram ser economicamente viáveis, com valores positivos de Valor Anual Líquido e Taxa Interna de Retorno. Esses resultados sugerem que os investimentos realizados em todos os tratamentos resultariam em lucros financeiros, validando a eficácia dos métodos de manejo florestal avaliados.

Ademais, há a perspectiva de boa tendência de crescimento ao longo do tempo, mesmo considerando os sítios na qual a espécie encontra-se implantada como de baixa qualidade, indicando que a espécie *C. lusitanica* possui viabilidade econômica satisfatória, especialmente quando submetida a regimes de manejo por desbaste. Além disso, em estágios mais avançados de desenvolvimento, há a perspectiva de maior quantidade de produtos de maior valor agregado.

Os resultados destacam a importância dos desbastes na produção de madeira destinada a diferentes usos, aumentando a rentabilidade dos empreendimentos florestais e mitigando os riscos associados aos projetos.

Diante destes resultados, investir em estratégias de manejo e melhoramento genético que aumentem a produtividade e a qualidade da *C. lusitanica* pode resultar em retornos econômicos ainda mais expressivos, tanto para os produtores quanto para a indústria madeireira. Considerando esses aspectos, fica claro que a espécie possui potencial econômico significativo que pode ser explorado com o devido manejo e investimento. Seus atributos, como rápido crescimento, adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima, e a qualidade de sua madeira, a posicionam como uma opção atrativa para investimentos florestais.

Além disso, a crescente demanda por produtos florestais sustentáveis e de alta qualidade aumenta ainda mais o valor dessa espécie no mercado. Portanto, ao adotar práticas de manejo adequadas, considerando as características específicas de cada local de plantio, e investir em pesquisas e inovações, é possível maximizar o retorno econômico e promover o desenvolvimento sustentável da indústria florestal baseada na *C. lusitanica*.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise indica que o crescimento das árvores da espécie *Cupressus lusitanica* é fortemente influenciado pela qualidade do local onde estão plantadas. desbastes mais intensivos tiveram a capacidade de promoveram um crescimento mais robusto das árvores. Isso sugere que a redução da competição entre as árvores, alcançada por meio de desbastes, é fundamental para estimular o crescimento da espécie. No entanto, é importante notar que, apesar desses esforços de manejo, o crescimento das árvores de *C. lusitanica* ainda está aquém de outras espécies comumente utilizadas na indústria florestal. Portanto, além de investir em práticas de manejo como desbastes, também é recomendável explorar melhoramento genético e selecionar locais de plantio mais favoráveis para aumentar a produtividade e a viabilidade econômica do cultivo dessa espécie.

Quanto ao investimento em *C. lusitanica*, os resultados econômicos indicam ganhos favoráveis para todas as condições de cultivo avaliadas neste estudo. Isso sugere que os métodos de manejo empregados são favoráveis a espécie, mesmo em sítios de menor qualidade produtiva. Esses resultados destacam a viabilidade financeira do cultivo dessa espécie e servem de incentivo a continuidade em investimentos e práticas de manejo. No entanto, é importante manter um monitoramento contínuo da espécie e buscar constantemente aprimoramento das estratégias de manejo, assim como o melhoramento genético, em vista a maximizar ainda mais os ganhos econômicos e a sustentabilidade da produção florestal de *C. lusitanica*, com possibilidade de retornos financeiros vantajosos com menor idade de rotação.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACR – Associação Catarinense de Empresas Florestais. **Anuário Estatístico de Base Florestal para o estado de Santa Catarina 2022 (Ano Base 2021)**. Disponível em: <https://acr.org.br/portfolio/titulo-anuario-estatistico-de-base-florestal-para-o-estado-de-santa-catarina-autor-associacao-catarinense-de-empresas-florestais-acr/>. Acesso em: 05/03/2023.

AHRENS, S. **A concepção de regimes de manejo para plantações de Pinus spp. no Brasil**. Curitiba: Embrapa – CNPF, 1987. 23 p. (Embrapa – CNPF. Circular Técnica, 10). Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196816/1/circ-tec10.pdf>

AHRENS, S. **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoados de Pinus taeda L., através de um modelo de programação dinâmica**. 1992. 199 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 1992. 199 p.

ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., DE MORAES GONÇALVES, J.L., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES JÚNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; MARANGON, L. C.; COSTA JÚNIOR, R. F. Estrutura diamétrica de Floresta Atlântica em matriz de cana-de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 328-333, 2009.

ARAÚJO, L. V. C., PAULO, M. C. S., & PAES, J. B. Características dendrométricas e densidade básica da Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) de duas regiões do estado da Paraíba. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, 89-96, 2007.

ARCE, J. E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte**. 2000. 136 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2000. 136 p.

ARGUEDAS, M. Problemas fitossanitários del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill) em Costa Rica. **Kurú**, v. 5, n. 13, p. 56-63, 2008.

BAKER, J. P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; OLIVER, C. D.; ASHTON, P. S. Disturbance History and Historical Stand Dynamics of Seasonal Tropical Forest in Western Thailand. **Ecological Monographs**, v. 73, n. 3, p. 317-343, 2005.

BARBOSA, R. H. de S.; FIEFLER, N. C.; MENDONÇA, A. R.; CHICHORRO, J. F.; GONÇALVES, S. B.; ALVES, E. G.; KUBOYAMA, F. A. Q. Análise técnica e econômica do desbaste em um povoamento de eucalipto na região sul do Espírito Santo. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 02, p. 125-130, 2015.

BARTOSZECK, A.C.P.S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. A distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades da região metropolitana da região de Curitiba. **Floresta**, v. 34, n. 3, 305-324, 2004.

BORGES, A. D. **Crescimento e produção florestal**. In: Anais da Reunião Técnica – Biometria florestal: modelos de crescimento e produção. BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. Colombo: Embrapa, 2013.

BURGER, D. **Ordenamento Florestal 1**: a produção florestal. 4 ed. Curitiba: FUPEF, 1980. 124 p.

BURKHART, H. E.; CAO, Q. V.; WARE, K. D. **A comparison of growth and yield prediction models for loblolly pine**. Blacksburg: Virginia Polytechnic Institute and State University, School of Forestry and Wildlife Resources, 1981. 59 p.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 4^a ed., 321 p. 1987.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 636 p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. Viçosa: Editora UFV, 4 ed., 2013. 605 p.

CARVALHO, A. G. **Funções de densidade de probabilidade aplicadas à distribuição diamétrica da floresta com Araucaria angustifolia e recuperação de parâmetros**. 2020. 33 f. Monografia (Especialização em Manejo Florestal de Precisão) – Universidade Federal do Paraná. 2020. 33 f.

CASTRO, R. V. O.; BRUZINGA, J. S.; MOTA, F. C. M.; AZEVEDO, G. T. O. S.; AZEVEDO, G. B.; LEITE, H. G.; DA SILVA, A. A. L. Procedimentos de ajuste da função Weibull para prognose da distribuição diamétrica de povoamentos de eucalipto. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 4, p. 528-534, 2017.

CAVANA, R. Y.; GLASS, B. P. Economic analysis of selected special-purpose species regimes. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 15, n. 2, p. 180-194, 1985.

CAWSTON, J.; NICHOLAS, I. **Economic analyses**. In: **NICHOLAS, I. (Ed.). Best Practices with Farm Forestry Timber Species – Nº 1: Cypress**. Wellington, Nova Zelândia: New Zealand Farm Forestry Association, 2006. 88 p.

CHINCHILLA, O.; CHAVES, E.; MORA, F. Comparación de crescimentos bajo diferentes intensidades de manejo em plantaciones de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) em dos sítios de Costa Rica. **Revista Baracoa**, v. 30, p. 1-19, 2011.

CUNHA, A. B.; BRAND, M. A.; ALMEIDA, C. C. F.; SOTHE, C.; MARTARELLO, L. P.; GORSKI, L. Rendimento em madeira serrada de *Cupressus lusitanica* Miill por meio do sistema de desdobre tangencial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 205-214, 2016.

DAVID, H. C.; ARCE, J. E.; OLIVEIRA, E. B.; PELLICO NETO, S.; MIRANDA, R. O. V.; EBLING, A. A. Economic analysis and revenue optimization in management regimes of *Pinus taeda*. **Rev. Ceres**, v. 64, n. 3, p. 22-231, 2017a.

DAVID, H. C.; PÉLLICO NETTO, S.; ARCE, J. E.; CORTE, A. P. D.; MARINHESKI FILHO, A.; ARAÚJO, E. J. G. Efeito da qualidade do sítio e do desbaste na produção de Pinus. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00096414, 2017b.

DIONÍSIO, L. F. S.; ARAÚJO, H. X.; CORREIA, R. G.; MARTINS, W. B. R.; COSTA, J. S.; MACIEL, F. C. S. Influência do primeiro desbaste na morfometria de *Tectona grandis*, L.f. em Roraima. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e00118214, 2018.

DOBNER JR. M. Growth and yield of even-aged *Cupressus lusitanica* plantations in southern Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 980-989, 2021.

DOBNER JR. M.; **Impacto do manejo de povoamentos na produtividade e qualidade da madeira de Pinus taeda**. 2014. 276 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2014. 276 p.

DOBNER JR., M.; HIGA, A. R.; URBANO, E. Determinação da idade e intensidade ótimas para realização do primeiro desbaste em um povoamento de *Eucalyptus dunni*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 485-494, 2012.

DOBNER JR., M.; HUSS, J. **Desbaste pelo alto**: uma alternativa rentável para povoamentos de *Pinus taeda* no Sul do Brasil. Pomerode: Impressora Mayer, 2015. 28 p.

DOBNER JR., M.; QUADROS, D. S. Economic performance of Loblolly Pine stands in Southern Brazil as a result of different crown thinning intensities. **Revista Árvore**, v. 43, n. 2, p. 1-11, 2019.

DOSSA, D.; DA SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHERI, H. R. **Produção e Rentabilidade de Pínus em Empresas Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 82). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15427967.pdf>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manejo Florestal**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/manejo-florestal>. Acesso em: 16 de julho de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. Colombo, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1076130/plantacoes-florestais-geracao-de-beneficios-com-baixo-impacto-ambiental>. Acesso em: 17 de julho de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade** – Embrapa Cerrados, 40 p., Planaltina, 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/publicacoes-e-bibliotecas>. Acesso em: 16 de julho de 2023.

FLORIANO, E. P. **Inventário florestal**. Rio Largo: Edição do autor, 2021.

FOLMANN, W. T.; MIRANDA, G; M.; DIAS, A. N.; MORO, F. C.; FERNANDEZ, M. L. Q. Viabilidade de projetos florestais em três regimes de manejo na mesorregião centro-oriental do Paraná. **Floresta**, v. 44, n. 1, p. 153-160, 2014.

FRIGOTO, T.; NAVROSKI, M. C.; AGUIAR, N. S.; FELIPPE, D.; BORSOI, G. A.; PEREIRA, M. O.; LOVATEL, Q. C. Desempenho de espécies e procedências de

Eucalyptus no Planalto Norte Catarinense, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, e3273, 2020.

GALLAFASSI, N. G. Crescimento de *Pinus taeda* L. submetido a diferentes tipos e intensidade de desbaste. 2021. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Rurais, 2021. 44 p.

GOMES, F. dos S. **A seleção de regimes de manejo mais rentáveis em *Pinus taeda* L. na produção de madeira para papel e celulose.** 1999. 154 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 1999. 154 p.

GUIMARÃES, D. P. **Uma função hiperbólica de distribuição probabilística de alta flexibilidade.** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. 40 p.

HOFFMANN, R. G.; SILVA, G. F.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C.; VESCOVI, L. B.; ZANETTI, L. Z. Caracterização dendrométricas de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA. **Agrária**, v. 6, n. 4, 675-684, 2011.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2022. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2024.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2023. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>. Acesso em: 10 de março de 2024.

IBF – Instituto Brasileiro de Florestas. **Tipos de desbastes de plantios florestais.** Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/desbastes>. Acesso em: 15 de julho de 2023.

JESUS, C. M.; MIGUEL, E. P.; REZENDE, A. V.; GASPAR, R. O.; VALADÃO, M. B. X.; CARRIJO, J. V. N. Funções de densidade de probabilidade para estimativa das distribuições de variáveis dendrométricas em um povoamento clonal de eucalipto. **Espacios**, v. 38, n. 16, 2017.

KASSAI, J. R.; CASNOVA, S. P. de C.; SANTOS, A. dos; ASSAF NETO, A. **Retorno de investimento:** abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. São Paulo: Atlas, 2012.

LAMBERT, L. **Crescimento de diferentes espécies de *Pinus spp.* na região serrana de Santa Catarina.** 208.p. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2018. 208 p.

LEITE, H. G.; BINOTI, D. H. B.; GUIMARÃES, D. P.; SILVA, M. L. M.; GARCIA, S. L. R. Avaliação do ajuste das funções Weibull e hiperbólica a dados de povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 579-589, 2010.

LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; CAMPOS, J. C. C.; TAKIZAWA, F. H.; RODRIGUES, F. L. Um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 271-280, 2005.

LEONEL, M. S. **Avaliação econômica do plantio de eucalipto no Extremo Sul da Bahia através do Programa de Fomento Florestal Privado**. 2007. 128 f. Dissertação (Mestrado em Economia Empresarial) – Universidade Cândido Mendes, 2007. 128 f.

LIMA, J. P. C.; LEÃO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia Sul Ocidental. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, 70- 79, 2013.

LOPES, H. V. V. **Análise econômica dos fatores que afetam a rotação de povoamentos de eucaliptos**. 1990. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1990. 188p.

LOUREIRO, G. H.; CURTO, R. A.; PÉLLICO NETTO, S.; ROSOT, N. C.; MARANGON, G. P. Ajuste de funções de distribuição diamétrica para um povoamento de *Araucária angustifolia* (Bert.) o. Ktze antes e após desbaste. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 19, p. 56-68, 2013.

MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; HIGUCHI, P.; SANTOS, R. M.; SILVA, A. C.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Flutuação temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-arbustivo e de 15 populações em um fragmento florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 723-732, 2010.

MACHADO, S. A. Complete enumeration Forest inventory versus cluster sampling method applied in the Amazonie Rain Forest. **Revista Floresta**, v. 18. N. 1-2, p. 122-130, 1988.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P.; FIGUEIREDO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de Bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 759-768, 2006.

MACHADO, S. A.; MELLO, J. M.; BARROS, D. A. Comparação entre métodos para avaliação de volume total de madeira por unidade de área, para o pinheiro do Paraná, na região sul do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 55-66, 2000.

MADA, G.; ANJULO, A.; GELAW, A. Estimation of biomass and carbon sequestration capacity of the Surra mountain plantation forest in Gamo Highlands, Southern Ethiopia. **Food and Energy Security**, v. 11, e399, 2022.

MAMO, N.; STERBA, H. Site index functions for *Cupressus lusitanica* at Munesa Shashemene, Ethiopi. **Forest Ecology and Management**, v. 237, n. 1-3, p. 429-435, 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Nacional de Desenvolvimento de florestas plantadas**, 2024.

MEAD, D.J. **Sustainable management of Pinus radiata plantations**. FAO forestry paper 170, Rome, 2013.

MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; CACAU, F. V.; ALVES, F. F. Crescimento de um clone de eucalipto submetido a desrama e desbaste. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 777-787, 2009.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; MARSUURA, M. I. S. F. BARRENTES, L. S.; SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A. **Análise de viabilidade econômica de um sistema de produção modelo de eucalipto para lenha, na região de Itapeva, SP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 8p.

MOREIRA, J. M. M. A. P.; OLIVEIRA, E. B. **Importância do setor florestal brasileiro com ênfase nas plantações florestais comerciais**. In: Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental. DE OLIVEIRA, Y. M. M.; DE OLIVEIRA, E. B. Brasília, DF: Embrapa, p. 110, 2017.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W de O. **Estatística básica**. 6 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MURTA JR., L. S.; CASTRO, R. V. O.; NAPP, M. E.; NOGUEIRA, G. S.; ARAÚJO JR., C. A.; GASPAR, R. O.; LINDIOMAR, S. C.; OLIVEIRA, E. K. B. Características dendrométricas de eucalipto submetido a desbaste. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, e2948, 2020.

NASCIMENTO, R. G. M., MACHADO, S. A.; FEGUEIREDO FILHO, A.; HIGUCHI, N. Modelo de projeção por classe diamétrica para florestas nativas: enfoque na função probabilística de Weibull. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 209-219, 2012.

NETTO, C. C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de Pinus taeda L. em diferentes idades e espaçamentos**. 2008. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2008. 122 p.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; TAKIZAWA, F. H.; COUTO, L. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Tectona grandis* submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 377-387, 2006.

OKINO, E. Y. A.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E. Propriedades de chapas OSB de *Eucalyptus grandis* e de *Cupressus glauca*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 123-131, 2008.

OLIVEIRA, E. B. **Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de Pinus taeda L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 1995. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências florestais) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 1995. 152 p.

OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R. S.; DA SILVA, M. T. S.; DA SILVA, J. P.; DINIZ, C. C. C.; DREYER, T. C. Análise de rentabilidade e risco de investimentos, com ênfase em reflorestamentos da região sul do Brasil: Uma revisão de literatura. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 1, p. 2776-2791, 2020.

OLIVER, C.D.; LARSON, B.C. **Forest Stand Dynamics**. John Wiley & Sons, 1996.

PEDROSO FILHO, J. I.; BIALI, L. J.; SCHNEIDER, P. R.; FARIAS, J. A. Avaliação econômica de projetos de florestamento com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden implantado sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 240-248, 2018.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, PR: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. **Propriedades da Madeira de Cupressus lusitanica**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 107). Disponível em: Comun-tec-107-JoséCarlos (embrapa.br).

PINTO JÚNIOR, J. E.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. R. Histórico do cultivo de eucalipto. In: **Transferência de tecnologia florestal**: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p.

PRETZCH, H. **Forest dynamics, growth and yield**. Berlim: Springer-Verlag, 2009. 671 p.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. Viçosa: UFV, 2008. 386 p.

RIBEIRO, N.; SITOE, A. A.; GUEDES, B. S.; STAIISS, C. **Manual de Silvicultura Tropical**. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane, 2012.

ROSOT, M. A. D. Manejo florestal de uso múltiplo: uma alternativa contra a extinção da Floresta com Araucária? **Pesq. Flor. bras.**, Colombo, n. 55, p. 75-85, 2007.

SAMPAIO, F. S.; MAZZOCHIN, M.S Espacialidade da economia: inovação e estratégias espaciais no setor de base florestal brasileiro. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 20, p. 53-65, 2010.

SANTOS, M. A.; MADI, J. P. S.; DRESCHER, R.; MÔRA, R.; BIAZATTI, S. C. Modelagem a distribuição diamétrica para eucalipto seminal na região Centro Oeste de Mato Grosso. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v. 6, n. 2, p. 639-643, 2019.

SCHENEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; BERNETT, L. G.; SCNHEINER, P. S. P.; FLEIG, F. D. Estimativa dos parâmetros da função de densidade probabilística de Weibull por regressão aninhada em povoamento desbastado de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 375-385, 2008.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348 p.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo florestal I – tópicos para o planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 1986. 289 p.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; COZER, E. et al. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii* E. In: Simpósio de Manejo de Florestas Plantadas, 1991, Santa Maria, **Anais...** Esteio: UFSM, 1991, p. 150-167.

SCHUCHOVSKI, M. S.; ARCE, J. E.; OLIVEIRA, E. B. Altura dominante e índice de sítio para *Pinus taeda* em dois polos de desenvolvimento no sul do Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 92-104, 2019.

SCHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência. Santa Maria: Editora UFSM, 2016.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal**: Modelos de Crescimento e Produção Florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 443 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Um sistema de crescimento e produção com simulador de desbaste. **Scientia Forestalis**, v. 50, 51-64, 1996.

SCOLFORO, J.R.S.; ACERBI JÚNIOR, F.W.; OLIVEIRA, A.D. DE; MAESTRI R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Ciênc Forest**, v. 11, n. 1, p.121–39, 2001.

SHIMIZU, J. L.; JÚNIOR, J. E. P.; RIBATSKI, G. Cipreste para madeira: alto crescimento volumétrico com material genético apropriado. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/3, p. 3-17, 1995.

SHIMUZI, J. Y.; RIBAS JUNIOR, U.; CANCELA, K. C.; MAIOCHI, R. A. **Cedrinho como alternativa para produção de madeira em pequenas propriedades rurais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 3 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 172).

SILVA F. Modelagem pré-colheita da estrutura diamétrica de plantios de *Pinus* sp. por meio de distribuições probabilísticas. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 381-390, 2011.

SILVA, J. A. A.; SILVA, I. P. **Estatística experimental aplicada à ciência florestal**. Recife: UFPE, 1982.

SILVA, J. N. M. **Manejo florestal**. 2 ed. Brasília: Embrapa – SPI, 1996. 46 p.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 178P.

SMITH, D.M.; LARSON, B.C.; KELTY, M.J. **The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology**. Wiley, 1997.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2011. 272 p.

SOARES, T. S.; VALE, A. B.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Rev. Árvore**, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003.

SOUZA, E. B. P.; STEPKA, T. F.; HESS, A. F.; BORSOI, G. A.; HOFFMANN, D.; VENTURINI, V. C. Modelagem do crescimento e da produção de espécies alternativas na silvicultura regional do planalto serrano de Santa Catarina. In: IV Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal, 2018, Santa Maria – RS. **Anais...** Santa Maria, UFSM, 2018, p. 401-406.

SPATHELF, P.; NUTTO, L.; SELING, I. **Condução do crescimento em diâmetro de *Eucalyptus grandis* com base em árvores individuais**. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 1., 2000, Santa Maria. Anais. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 471-490.

SPINELLI, R. **Harvesting of Thinnings**. Florence: National Council for Research, Timber and Tree Institute, 2004, 6p.

STEPKA, T. F.; LISBOA, G. dos S.; KURCHAITD, S. M. Funções densidade de probabilidade para a estimativa da distribuição diamétrica em povoamento de *Eucalyptus* sp na região centro-sul do Paraná. **Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 429-439, 2011.

TÉO, S. J.; BIANCHI, J. C.; PELOSO, A.; NAVA, P. R.; MARCON, A.; EHLERS, T.; DA COSTA, R. H. Desempenho de funções de densidade probabilísticas para descrever a distribuição diamétrica de *Pinus taeda*, na região de Caçados, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 4, p. 741-754, 2012.

TOPANOTTI, L. R. **Produção florestal em plantio de *Cupressus lusitanica* Mill. Sobre cobertura de *Pinus taeda* L. no planalto catarinense**. 2020. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

TOUTO, M.; HOEFLICH, V. A. **A Indústria Florestal Brasileira Baseada em Madeira de Pinus: Limitações e Desafios**. In: Pinus na silvicultura brasileira. SHIMIZU, J. Y. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.

VALVERDE, S. R.; MAFRA, J. W. A.; MIRANDA, M. A.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, D. C. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde**. Rio de Janeiro: FBDS, 2012. 40 p.

VASCONCELOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

VIRGENS, A. P. DAS; FREITAS, L. C.; LEITE, A. M. P. Análise econômica e de sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. **Floresta Ambient.**, v. 23, n. 2, p. 211-219, 2016.

VIVIAN, M. A.; NUNES, G. C.; DOBNER JR., M.; MODES, K. S.; GROSSKOPF, E. J.; BELINI, U. L. Natural durability of *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus taeda* woods in field trial. **Floresta**, Curitiba, v. 50, n. 3, p. 1603 - 1612, 2020.

ZANCANARO, G. G. **Análise do impacto da linha de financiamento do Programa ABC na rentabilidade financeira de um plantio florestal de *Eucalyptus urophylla* 2019. 44 p. Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Engenharia florestal) – Universidade Tecnológica do Paraná, Dois Vizinhos, 2019.**