

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA –
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Fernanda Raquel Lambrecht

**CRESCIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze SOB MANEJO
FLORESTAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Frederico Westphalen, RS
2017

Fernanda Raquel Lambrecht

**CRESCIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze SOB MANEJO
FLORESTAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia- Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Rafaelo Balbinot
Co-Orientadora: Dr^a. Patrícia Povoá de Mattos

Frederico Westphalen, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lambrecht, Fernanda Raquel
CRESCIMENTO DE Araucaria angustifolia (Bertol) Kuntze
SOB MANEJO FLORESTAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO
SUL / Fernanda Raquel Lambrecht.- 2017.
71 f.; 30 cm

Orientadora: Rafaelo Balbinot
Coorientadora: Patrícia Pova de Mattos
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2017

1. Manejo Florestal 2. Dendrocronologia 3. Índice de
competição 4. Elementos meteorológicos 5. Licenciamento I.
Balbinot, Rafaelo II. Pova de Mattos, Patrícia III.
Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Fernanda Raquel Lambrecht. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: fernanda.lambrecht@hotmail.com

Fernanda Raquel Lambrecht

**CRESCIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze SOB MANEJO
FLORESTAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia- Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**.

Aprovado em 15 de fevereiro de 2017:

Rafaelo Balbinot, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Alexander Christian Vibrans, Dr. (FURB)

Josita Soares Monteiro, Dr.^a. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Claudimir e Vera, por todo amor, apoio, carinho e incentivo para seguir dia-a-dia os desafios da vida. Ao meu irmão Leonardo e aos amigos que me ajudaram e torceram por mim durante essa jornada, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por cuidar de mim todos os dias, por me dar saúde, força de vontade, coragem, concentração (...) para enfrentar os obstáculos e chegado até aqui.

Aos meus pais Vera D. Lambrecht e Claudiomir Lambrecht pelo incentivo diário, para seguir firme em meu meus objetivos e sonhos, pelo apoio, amor e carinho, por se esforçarem tanto para me proporcionar o estudo, por tudo que fizeram e fazem por mim todos os dias, muito obrigado, vocês são minha base, são tudo para mim.

Ao meu irmão Leonardo Lambrecht pelas brincadeiras, conversas e parceria, por ser meu amigo e estar lá nos momentos que eu precisar.

Ao meu orientador Dr. Rafaelo Balbinot por possibilitar a realização deste trabalho, pela oportunidade de crescimento, pela orientação, dedicação, conselhos, incentivo, e pela confiança em mim depositada.

A minha coorientadora Dra. Patrícia Póvoa de Mattos, por toda atenção, dedicação e conhecimento transmitido, pelos conselhos e incentivo, pela paciência ao explicar sobre a dendrocronologia que era algo novo para mim, pois a jornada começou antes desta dissertação.

Ao Dr. Evaldo Munhoz Braz pelo conhecimento transmitido, incentivo e colaboração nesse trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia Agricultura e Ambiente pela oportunidade concedida e, aos professores pelos ensinamentos transmitidos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior - (CAPES) Demanda Social - pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Laboratório de Dendrocronologia e Manejo da Embrapa Florestas pela parceria para realização desse trabalho.

Ao Sr. José Amador Fortes e ao professor Dr. Fabiano de Oliveira Fortes, por propiciar que este trabalho fosse realizado em sua propriedade.

Aos meus amigos: Lenice de Carli, Jéssica Tomasi, Juliana Dallabrida, Fabieli Muskopf, Marcos Pinheiro, Jonathan Trautenmuller, Dienifer Heckler, Alexandre Belindg, Jaqueline Valerius; Maria Ines, cada um de sua, forma contribuiu para que eu tivesse essa conquista.

À Ettiene C. Mittanck, uma pessoa maravilhosa, que gostei muito de conhecer, agradeço a Deus por ter lhe conhecido, em momentos que mais precisei, estive lá para me ouvir e me aconselhar, meu eterno carinho e gratidão.

Aos meus avós por estarem torcendo e rezando por mim, para que eu estivesse bem e conquistasse meus sonhos.

A toda minha família pelo apoio e pela torcida, para que eu vencesse mais essa etapa da minha vida.

Aos meus amigos do Rotaract Clube de Frederico Westphalen, fico grata por ter conhecido todos vocês, foi ótimo participar dos projetos, das festas, estar com vocês me fez muito bem. Com vocês aprendi que é ótimo ajudar o próximo sem esperar nada em troca.

Agradeço ao pessoal do laboratório de FW da Xiloteca (Embrapa). Aos que me ajudaram com as coletas de campo, aos que me ajudaram com as análises, e aos que estiveram comigo nos momentos de confraternização.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuição para o enriquecimento deste trabalho.

Ao professor Fabio Marcelo Breunig pela orientação nos trabalhos científicos, pelos conselhos, orientação e incentivo e por me parabenizar quando um trabalho era publicado.

Ao técnico da Embrapa, seu Jonatas Gueller, obrigado pelas conversas e por estar sempre pronto para ajudar com muito bom humor e boa vontade.

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram, que me incentivaram e se sentem felizes por minha conquista. Muito obrigada.

“O Senhor é a minha luz e a minha salvação. De quem terei medo? O Senhor é a fortaleza da minha vida. A quem temerei? Ainda que um exército se acampe contra mim não se atemorizará o meu coração, e, se estourar contra mim a guerra, ainda assim terei confiança.”

Salmo 27, v. 1,2 e 3

Quando você toma uma iniciativa, seja ela qual for, o seu mundo parece que se transforma. Você se sente mais confiante para fazer o que antes não tinha coragem.

Novas possibilidades se abrem e, de repente... Aquele lugar que você sempre quis ir, já não fica mais tão longe. Então a vida fica mais clara, ganha mais sentido. E descobrir, agora é uma palavra constante no seu dia-a-dia.

Você descobre que o seu poder de decisão é muito mais forte do que imaginava. E que a palavra ‘cuidado’ faz muito mais sentido quando você a transpõe para outras pessoas. Descobre que cuidar de si, é a melhor forma de continuar cuidando das pessoas que você ama.

Descobre também, que se dar valor é, antes de tudo, dar valor à vida. E quando você se conhece e acredita no seu potencial, os sonhos que antes pareciam inalcançáveis, podem se tornar surpreendentemente reais. De repente, você olha para trás e nem acredita que conseguiu realizar tanta coisa.

Então descobre o melhor de tudo: Realizar seus sonhos não começa por coisas complicadas e não começa pelos outros; começa por um ponto, um ponto dentro de você!

Autor desconhecido

RESUMO

CRESCIMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze SOB MANEJO FLORESTAL NA REGIÃO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Fernanda Raquel Lambrecht

ORIENTADOR: Dr. Rafaelo Balbinot

CO-ORIENTADORA: Dr^a. Patrícia Povia de Mattos

Este trabalho teve como objetivo determinar o ritmo de crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze em um fragmento florestal na região noroeste do RS e avaliar seu crescimento 20 anos após a realização de um Plano de Manejo Florestal Sustentado (PMFS). O estudo realizou-se no município de Erval Seco, RS em um fragmento com cerca de 50 ha. Foram demarcadas 31 unidades amostrais (1.000 m² cada) no fragmento florestal, totalizando uma área de 3,1 ha. Foram amostradas 62 árvores de araucária, com DAP \geq 10 cm. O padrão de crescimento da araucária foram testados, para ajustar uma equação que representasse satisfatoriamente o crescimento dos indivíduos, e a melhor representação dos dados foi obtida por Johnson-Shumacher. Foram realizadas as correlações das variáveis climáticas com os dados de incremento de araucária e as variáveis que mais influenciaram foram temperatura mínima e nebulosidade, demonstrando que esses elementos podem ser considerados limitantes no crescimento de araucária. O DAP médio encontrado foi de 47 cm (11,7 - 73,8 cm). Realizou-se a análise da competição dos indivíduos de araucária através dos índices de competição dependentes da distância (IDD) e índices independentes da distância (IID). Dentre os 13 índices testados, os que demonstraram melhor desempenho foram Stage (1973) (IID9) e Moore et al. (1973) (IDD13). Que expressam, pelos autores, que quanto menor o valor do índice maior a competição (para ambos os casos). Portanto, quanto maior o diâmetro das competidoras, menor será o valor do índice (e maior a competição, a relação é inversa). Em relação ao ritmo de crescimento da araucária verificou-se que os indivíduos mais jovens (1^a classe-10-24,9) apresentam o incremento mais baixo, a 3^a classe (25-49,9), e a 2^a classe (50-75) apresentam os indivíduos com maior incremento nos últimos 20 anos. As árvores de araucária responderam de maneira positiva ao manejo florestal realizado em 1993, demonstrando maior incremento(1993-2013) no ano de 2000 e a partir de 2010 apresentou decréscimo no incremento demonstrando que poderia ser realizada nova intervenção a partir desse momento. Notou-se que em muitos casos as leis proíbem o corte da araucária, buscando protege-la da extinção, porém proibir o corte não é a maneira adequada de garantir a conservação e preservação da espécie. São necessárias políticas públicas que incentivem a manutenção da espécie (conservação) e sua valorização econômica.

Palavras-Chave: incremento, índices de competição, dendrocronologia.

ABSTRACT

GROWTH OF *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze UNDER FOREST MANAGEMENT IN THE NORTHWESTERN REGION OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Fernanda Raquel Lambrecht

ADVISOR: Dr. Rafaelo Balbinot

CO-ADVISOR: Dr^a. Patrícia Povia de Mattos

The objective of this study was to determine the growth rate of *Araucaria angustifolia* in a forest fragment in the northwest RS region and to evaluate its growth 20 years after the implementation of a Sustainable Forest Management Plan (PMFS). The study was carried out in the municipality of Erval Seco, RS in a fragment with about 50 ha. Were demarcated 31 sample units (1,000 m² each) in the forest fragment, totaling an area of 3,1 ha. Were sampled 62 Araucaria trees, with DBH \geq 10 cm. The araucaria growth pattern was tested to fit an equation that satisfactorily represented individuals' growth and the best representation of the data was obtained by Johnson-Shumacher. The correlation of the climatic variables with the araucaria increment data was performed and the variables that influenced the most were minimum temperature and cloudiness, demonstrating that these elements can be considered limiting in araucaria growth. The mean DAP found was 47 cm (11,7 – 73,8 cm). The competition analysis of araucaria individuals was performed through the distance-dependent competition indices (IDD) and indices independent of the distance (IID). Among the 13 indexes tested, the ones that presented better performance were Stage (1973) (IID9) and Moore et al. (1973) (IDD13). Which express by the authors that the lower the value of the index the greater the competition (for both cases). Therefore, the larger the competitors' diameter, the lower the value of the index (and the greater the competition, the ratio is the inverse). In relation to the araucaria growth rate, the youngest individuals (1st class-10-24,9) had the lowest increase, the 3rd class (25-49,9) and the 2nd class (50- 75) present the individuals with the greatest increase in the last 20 years. Araucaria trees responded positively to the forest management carried out in 1993, showing a larger increase (1993-2013) in the year of 2000 and since 2010 showed a decrease in the increment, demonstrating that a new intervention could be carried out from that moment. It was possible to notice that in many cases the laws prohibit the cut of araucaria, seeking to protect it from extinction, but to prohibit the cut is not the proper way to guarantee the conservation and preservation of the species. Public policies are needed that encourage the maintenance of the species (conservation) and its economic value.

Keywords: Increment, indices of competition, dendrochronology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do fragmento florestal e delimitação da área de estudo.....	27
Figura 3 – Localização sistemática e tamanho das parcelas na área amostral	30
Figura 4 – Posicionamento para coleta das baguetas (A e B); Detalhe do trado de incremento e da retirada da bagueta (C); Acondicionamento das amostras (D)	31
Figura 5 – Suporte de madeira com as baguetas de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze..	32
Figura 6 – Definição das camadas de crescimento da espécie <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	33
Figura 7 – Marcação dos anéis de crescimento usando microscópio estereoscópico e a medição na mesa de mensuração	33
Figura 8 – Mensuração do DAP de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	36
Figura 9 – Mensuração da distância da árvore objeto (araucária) até a competidora	36
Figura 10 – Relação entre DAP e idade representado pelo modelo matemático para todos os indivíduos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	40
Figura 11 – Incremento médio da <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze por classe de DAP.....	41
Figura 12 (A, B) – Dispersão da temperatura mínima e nebulosidade em relação ao incremento médio anual	45
Figura 13 – Relação entre índice de Stage (1973)(IID9) e o DAP realizado para a araucária e suas competidoras.....	49
Figura 14 – Relação entre índice de Moore et al. (1973) (IDD13) e o DAP realizado para a araucária e suas competidoras.	50
Figura 15 – Incremento (IPA 5 anos) ao longo do tempo, distribuídos em três classes diamétricas de árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	52
Figura 16 – Incremento médio anual em relação a idade de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze, no município de Erval Seco, RS	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de indivíduos e volume por ha para <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze (1993) em fragmento florestal no município de Erval Seco.....	29
Tabela 2 – Modelos matemáticos ajustados para estimativa do crescimento.....	34
Tabela 3 – Índices de competição utilizados nesse estudo.....	37
Tabela 5 – Parâmetros estatísticos dos modelos testados.....	40
Tabela 6 – Valores das variáveis meteorológicas e do Incremento Médio Anual no período de 1993 à 2016 para a <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	43
Tabela 7 – Coeficiente de correlação de Person (r) entre o incremento médio anual e as variáveis meteorológicas.....	43
Tabela 8 – Coeficiente de correlação de Person (r) entre o incremento médio anual e as variáveis meteorológicas, organizadas por trimestre.....	46
Tabela 9 – Dados estatísticos da seleção de equações para os índices de competição.....	48
ANEXOS	70
Tabela 4 – Idade e incremento médio anual das árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	MANEJO FLORESTAL	16
2.2	FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	18
2.2.1	Floresta Estacional Decidual	19
2.3	ARAUCÁRIA	20
2.4	DINÂMICA FLORESTAL.....	21
2.5	CRESCIMENTO E COMPETIÇÃO	23
2.6	DENDROCRONOLOGIA.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	ÁREA DE ESTUDO	27
3.2	CLIMA E SOLO	28
3.3	PLANO DE MANEJO FLORESTAL DE 1993	28
3.4	INVENTÁRIO FLORESTAL.....	29
3.5	AMOSTRAS PARA ESTUDO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	30
3.6	CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO COM DADOS CLIMÁTICOS	35
3.7	COLETA DOS DADOS DA ÁRVORE OBJETO para estudo da competição.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	INCREMENTO DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze APÓS MANEJO E A INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS.....	39
4.1.1	Incremento diamétrico e a interação com os elementos meteorológicos	42
4.2	COMPETIÇÃO EM FLORESTA NATURAL DE <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze.....	47
4.2.1	Característica do fragmento e das árvores	48
4.2.2	Avaliação dos índices de competição	48
4.3	Considerações sobre a legislação e suas implicações em relação a araucaria.....	54
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies ocorrentes na Floresta Ombrófila Mista, a *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze possui características únicas em relação a sua forma; e seu crescimento diamétrico depende de diversos fatores, como condições de sítio, clima, idade e posição fitossociológica. De uma forma geral, o elemento mais limitante em um momento mais crítico tende a expressar maior resposta, como por exemplo, precipitações e/ou temperaturas baixas coincidindo com o início da estação de crescimento tendem a formar anéis anuais mais estreitos e um menor crescimento anual (MARTINKOSKI et al., 2015).

As árvores podem responder de forma diferente às condições de crescimento a que estão submetidas, seja em povoamentos plantados ou em condições naturais (HUSCH et al., 1982). Por esse motivo, a compreensão da dinâmica de crescimento de espécies arbóreas é de grande importância para o manejo florestal sustentável e para a compreensão das interações entre a floresta e o ambiente (SPIECKER, 2002).

Dessa forma, para o desenvolvimento de planos de manejo, faz-se necessário observar qual o potencial produtivo de cada floresta, de maneira que o crescimento e a produção florestal possam ser prognosticados (ALEMDAG, 1991). Com isso, a utilização de informações detalhadas sobre o ritmo de crescimento, possibilita o planejamento da exploração. Uma das ferramentas que pode ser utilizada é a dendrocronologia, que apresenta inúmeras pesquisas para obter dados de crescimento para embasar planos de manejo (SPIECKER, 2002; CHERUBINI et al., 2003; MATTOS et al. 2015; SANTOS et al. 2015; LOBÃO et al. 2016).

Os registros de crescimento de uma espécie em diferentes sítios e sob diversos tipos de manejo, são necessários para concretizar uma análise atual e retrospectiva que possibilite compreender as limitações impostas pela competição entre árvores (CURTO, 2015) e pelo próprio crescimento.

A visualização dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* tem se confirmado possível (SEITZ; KANNINEN, 1989; MATTOS et al., 2007, CURTO 2015). Assim, é possível obter dados das variáveis de interesse e a idade da árvore, além de informações essenciais para o manejo, como as taxas médias de incremento (CHATURVEDI; KHANNA, 1982), permitindo a realização de inferências sobre a produção futura da floresta (ENCINAS et al., 2005).

A análise de tronco e a dendrocronologia são ferramentas importantes para a reconstrução de informações sobre o crescimento de floretas nativas, principalmente neste caso, pós manejo, situação ainda inédita no Rio Grande do Sul. Portanto, estudos relacionados ao

tema são de fundamental importância, já que *Araucaria angustifolia* encontra-se na lista de espécies ameaçadas de extinção.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é estudar o ritmo de crescimento da *Araucaria angustifolia* em um fragmento florestal na região noroeste do RS em resposta à execução de um Plano de Manejo Florestal Sustentado (PMFS) realizado em 1993.

1.1.2 Objetivos específicos

- Obter séries históricas de crescimento anual e ajustar um modelo de crescimento para a *Araucaria angustifolia*.
- Correlacionar série de crescimento da espécie com séries históricas climáticas para a região noroeste do RS.
- Estimar, avaliar e selecionar o melhor índice de competição para o fragmento em estudo.

1.3 Hipótese

- a) Depois de realizado o plano de manejo florestal, as árvores de araucária apresentarão incremento maior
- b) O manejo florestal favorece o crescimento da *Araucaria*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANEJO FLORESTAL

Verifica-se que o manejo florestal é uma das práticas mais complexas dentro da ciência florestal, pois envolvem a identificação e análise de inúmeros fatores que influenciarão o planejamento, nas mais variadas formas. Desse modo, pode gerar diferentes cenários da floresta em idades futuras, sendo uma ferramenta muito importante ao manejador na tomada de decisões (FELDE, 2010).

Osmaton (1968) definiu manejo florestal sustentado como o fornecimento regular e contínuo do produto desejado na plena capacidade, distinguindo produtos principais, como madeira para serraria ou outros fins, e produtos intangíveis, como o aspecto estético, de proteção e de lazer, caracterizando, assim, o uso múltiplo.

A prática de manejo deveria ser executada em áreas definidas, por zoneamentos, com potenciais para produção de madeira ou outros produtos de origem florestal. O zoneamento também define áreas com aptidão para serem preservadas, nas diferentes modalidades de áreas protegidas (SCOLFORO, 1998).

A principal característica das florestas tropicais é sua heterogeneidade, que consiste na ocorrência de diversas tipologias florestais distribuídas em diferentes sítios com atributos biofísicos específicos (PUTZ, 1993). Esta é também uma das maiores dificuldades encontradas atualmente no manejo florestal nos trópicos, pois, com dezenas de espécies da flora distribuídas em micro-sítios específicos, o entendimento de suas relações seria complexo (BUONGIORNO; GILLESS, 1987).

Apesar dessa complexidade, já existem atualmente, várias ferramentas que possibilitam minimizar os problemas do manejo em florestas tropicais, como pesquisa operacional, análise de agrupamento, sistemas de informações geográficas, dendrocronologia, dentre outras, além do enorme avanço da informática. Para Leuschner (1992), um ponto principal relativo às normas de manejo para florestas inequiduais é que essas podem ser desenvolvidas a partir de informações quantitativas e não necessariamente devem partir de bases subjetivas, como tem sido feito praticamente até agora. Mas o que se observa é que existe uma série de ferramentas matemáticas e de planejamento adequadas à otimização das atividades de manejo de florestas, mas essas têm sido pouco consideradas (ZHANGREN, 2000).

O manejo das florestas tropicais deve ser concebido como um conjunto de atividades que visem à maximização da produtividade dos recursos florestais em seu todo, enfocando os

aspectos ambientais e econômicos, agregando à produção florestal os fatores sociais. Além disso, o volume madeireiro de um floresta nativa varia em função da capacidade produtiva do solo e da distribuição irregular das espécies (HOSOKAWA, 1998).

Por isso, é impossível esperar que uma divisão da área em partes iguais vá corresponder à divisão do volume também em partes iguais. Portanto, em cada ano, podem-se relacionar as produções volumétricas ou concentrações de espécies em função da área. Assim, os sítios de alta produtividade devem ter áreas menores e os de baixa, áreas maiores. Isso indica a necessidade de um melhor planejamento anual visando a rendas mais homogêneas (HOWARD, 1993).

Conforme Schneider;Finger (2000), a execução do manejo propriamente dito consiste na realização de cortes de limpeza, condução e colheita de árvores, visando alcançar os objetivos da produção estabelecidos no plano de manejo.

Schneider;Schneider (2008) afirmam que o crescimento diametral de uma árvore individual é afetado pela densidade populacional, sendo sensível a mudanças causadas por desbaste. O crescimento diametral indicará o grau de aproveitamento da madeira e a sua importância. Segundo os pesquisadores, árvores dominantes respondem melhor às mudanças de densidade, uma vez que estão em posição mais favorável para competir com as demais árvores por luz, umidade e outros elementos.

Com relação ao incremento em diâmetro, Oliveira; Braz (2006) comentam que a exposição das copas à luz do sol apresentou uma forte influência no incremento em diâmetro. Nas parcelas permanentes, essa variação foi de $0,57 \text{ cm.ano}^{-1}$, para árvores com copas completamente expostas à luz do sol, a $0,28 \text{ cm.ano}^{-1}$, para plantas completamente sombreadas. Árvores que receberam alguma luz solar sobre a copa apresentaram incremento médio anual em diâmetro de $0,49 \text{ cm}$.

É tema de discussão em vários fóruns técnicos atualmente a aparente dificuldade de entendimento das complexas relações ambientais, das florestas tropicais, que está refletida na legislação florestal atual (BRASIL, 2008), onde são apresentados os requisitos para o manejo de espécies nativas. O manejo com critérios genéricos engloba espécies de diferentes grupos ecológicos, densidades variadas e ritmos de crescimentos distintos, fato esse que pode comprometer o manejo sustentável. Em muitos casos, observa-se que a taxa de extração aparece unicamente em volume (m^3), sem uma explicação da origem do valor sugerido. Não existe plano algum apresentado formalmente que considere seu cálculo, ou sequer a estimativa da mesma (BRAZ, 2010). O conceito “manejo de florestas naturais” não estará completo, em

qualquer plano de manejo se não contiver uma previsão razoável, de quanto a floresta (espécies principais comerciais) pode recuperar dentro de um intervalo de tempo (BRAZ, 2012).

E com isso, o manejo de florestas naturais tem atraído cada vez menos os produtores, pois não lhes são oferecidas ferramentas de gestão adequadas, ou seja, ferramentas que além de garantir ganhos ambientais também garantam melhores formas de gestão, com redução de custos e maior produtividade. Essas ferramentas estão disponíveis, mas são pouco usadas e tampouco exigidas nos planos de manejo (BRAZ, 2010).

Segundo Braz (2010), em um passado não muito distante, a exploração de madeira foi realizada sem aplicação dos conceitos de manejo florestal e, ainda nos dias atuais, mesmo sabendo dessa necessidade, os planos de manejo são executados desprezando a sustentabilidade da floresta e outros fatores que dizem respeito à diversidade. E apesar da definição de normas mínimas de manejo por parte dos órgãos fiscalizadores, esses projetos carecem de detalhes, sugestões ou procedimentos técnicos que direcionem o manejo de florestas tropicais para sua sustentabilidade. Também não tem sido oferecida liberdade técnica aos gestores florestais pelos organismos legisladores.

Desse modo, faz-se necessário o conhecimento e a disponibilização de técnicas e ferramentas que possibilitem a elaboração de um plano de manejo sustentável e factível, dentro de legislação mais ágil (OLIVEIRA, 2014).

2.2 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) conhecida como floresta de araucária, é uma das principais formações florestais da região Sul do Brasil, ocorrendo predominantemente em locais de elevada altitude e baixas temperaturas médias anuais (IBGE, 2012).

Araucaria angustifolia forma o andar superior dessas florestas, e muitas vezes determina uma cobertura tão densa, que observada de cima, parece constituir uma associação pura. Contudo, observando no interior dos bosques e analisando a composição da floresta, nota-se que elas não são tão uniformes, como parece à primeira vista. Essas matas são formadas por diversos estratos que variam sensivelmente, de acordo com as diferentes condições edáficas e microclimáticas (REITZ; KLEIN, 1966).

A nomenclatura empregada advém do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que denomina como Ombrófila as formações características de ambientes úmidos (SANQUETTA; MATTEI, 2006). O termo “Mista” refere-se à origem geológica da formação, na qual contempla-se a coexistência de representantes das floras tropical (afro-brasileira) e

temperada (austro-brasileira), em marcada relevância fisionômica de elementos Coniferales e Laurales (LEITE, 1994).

A formação Floresta Ombrófila Mista ocupava originalmente uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares e, devido à grande exploração ao longo dos anos, esta área foi reduzida a 2.506.485 hectares distribuídos entre florestas secundárias em estágio inicial (1.164.425 ha), médio (1.200.168 ha), e avançado de sucessão (141.892 ha) (FUPEF, 2001).

Segundo IBGE (2012), são identificadas quatro formações da Floresta Ombrófila Mista, classificação atribuída em função da altitude; apresentando-se a formação Aluvial que se desenvolve em terraços antigos associados à rede hidrográfica, a formação Submontana que está em altitudes inferiores a 400 m, a formação Montana situada aproximadamente entre 400 e 1000 m de altitude, e a formação Alto-Montana que se apresenta em altitudes superiores a 1000 m.

Mesmo sendo o pinheiro-brasileiro predominante no estrato superior da floresta, os estratos médio e inferior possuem alta biodiversidade de espécies, principalmente das famílias Aquifoliaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Salicaceae, Anacardiaceae, entre outras (DALLA LANA, 2013).

Ocotea porosa (imbuia) e *Ilex paraguariensis* (erva-mate) são elementos importantes da FOM (MAACK, 1968). Espécies como *Lithraea brasiliensis*, *Schinus terebinthifolius*, *Drimys brasiliensis*, *Clethra scabra*, *Capsicodendron dinisii*, *Casearia decandra*, *Luehea divaricata*, *Matayba elaeagnoides*, *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis*, *Syagrus romanzoffiana*, *Cedrela fissilis*, *Prunus brasiliensis*, *Sebastiania brasiliensis*, *Allophylus edulis*, *Nectandra grandiflora*, *Ocotea pulchella*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Ilex theezans*, *Persea major*, entre outras, destacam-se por se associarem regularmente ao pinheiro-brasileiro (DALLA LANA, 2013).

2.2.1 Floresta Estacional Decidual

Klein (1984) cita que a Floresta Estacional Decidual é aquela em períodos de estresse, a sua proporção de árvores que perdem as folhas no inverno é superior a 50% no estrato superior da floresta. Veloso et al. (1991) comenta que nas áreas de clima subtropical, como é o caso da maior parte do sul do Brasil, ocorre um período com acentuada diminuição térmica, aproximadamente 15° C, sem apresentar um período de seca pronunciado. Essas características climáticas condicionam algumas espécies a uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, os quais têm adaptação fisiológica à deficiência hídrica ou a baixa temperatura, durante certo tempo.

A estrutura dessa tipologia florestal pode ser caracterizada, segundo Klein (1983), por três estratos arbóreos distintos, além de um estrato arbustivo e um herbáceo. Dessa forma, o estrato dominante de indivíduos arbóreos pode atingir de 30 a 35 m de altura. São árvores emergentes, porém não formando uma cobertura contínua. Fisionomicamente, o autor considerou esse estrato como sendo o de maior importância, caracterizando a floresta como estacional, posto que a maioria dos indivíduos apresenta deciduidade. Em geral, o estrato codominante apresenta árvores com 20 a 25 m de altura, mostra-se bastante denso e contínuo, formado por um número pequeno de espécies características, cujos valores sociológicos são elevados e apresenta composição florística baseada em espécies perenifólias. Já o estrato inferior possui um número relativamente elevado de árvores medianas, entre 5 e 12 m de altura, dentre as quais algumas bastante raras e outras com valores sociológicos elevados.

De acordo com Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2002), a área coberta por florestas naturais no estado corresponde a 17,53%, sendo que a FED abrange uma área de 1.176.245 ha, o que corresponde a 4,16% da cobertura florestal do estado.

2.3 ARAUCÁRIA

A espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, popularmente conhecida como pinheiro-brasileiro, pinho ou pinheiro-do-paraná, é uma conífera arbórea da família Araucariaceae. Essa espécie é característica da Floresta Ombrófila Mista ou floresta com araucárias, integrante do bioma Mata Atlântica (DONI FILHO, AMARAL; CERVI, 1985).

É uma espécie gimnosperma arbórea que atinge de 20 a 50 metros de altura e até 200 cm de DAP. Apresenta tronco reto e cilíndrico e raramente ramificado. A copa é cônica na fase juvenil, umbeliforme quando adulta (REITZ; KLEIN, 1966; CARVALHO, 1994).

A espécie ocorre naturalmente na parte leste e central do planalto sul brasileiro nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Também ocorre em ilhas dispersas ao sul e nordeste do estado de São Paulo e mais raramente em algumas partes de Minas Gerais e Rio de Janeiro. E ainda, ocorre na província de Misiones, na Argentina, entre as latitudes de 25°30' e 27° sul (MACHADO; SIQUEIRA, 1980).

A madeira da araucária é de alta qualidade, para construções em geral, móveis, forros, molduras, ripas, caixotaria, brinquedos, construção civil e laminação (CARVALHO, 1994; LORENZI, 1992). Em relação a produção de energia, é destacado o nó do pinheiro-brasileiro, que possui alto poder calorífico (CARVALHO, 1994). E em relação a produtos não

madeiráveis, possui o pinhão que serve de alimento e pode ser utilizado na culinária. Reitz et al. (1978) consideraram que araucária é uma espécie pioneira e heliófita.

Longhi et al, (2010) comenta que a busca por maiores conhecimentos dos processos dinâmicos e ecológicos das populações vegetais é premissa básica no embasamento e elaboração de ações conservacionistas e manejo de áreas naturais. Desse modo, a regeneração é um elemento crucial no estabelecimento da espécie, e seu melhor conhecimento torna-se fundamental nas proposições de ações de recuperação das populações (PALUDO et al., 2011).

Conforme Paludo et al. (2009) carece ainda de informações sobre a ecologia da araucária para a elaboração de técnicas eficazes para seu manejo e conservação. A inexistência de informações sobre o comportamento da araucária em climas e solos diversos, foi levantado por Reitz et al. (1978) como o principal motivo para a inexistência ou, até mesmo, o fracasso de reflorestamentos (EMBRAPA, 1988).

2.4 DINÂMICA FLORESTAL

A dinâmica de uma comunidade vegetal está relacionada com a sua fisiologia, sua estrutura e o funcionamento desta, envolvendo diversas etapas de organização como: sucessão, mortalidade, ingresso, crescimento e regeneração, além das relações bióticas entre as diferentes populações. Deste modo, a sucessão natural das espécies constitui-se numa sequência de mudanças estruturais e florísticas após um distúrbio no ambiente da floresta relacionado com o tamanho do distúrbio ou clareira, o que permite a entrada de luz até o solo, ao banco de sementes e ao potencial vegetativo das espécies (CARVALHO, 1997).

Para Odum (1985), dinâmica é um processo ou são mudanças que ocorrem antes que a vegetação de um determinado local atinja uma relativa estabilidade em suas características fisiológicas, estruturais e florísticas. O autor também afirma que, em qualquer ecossistema, uma comunidade em evolução inicia pelas fases pioneiras e com o tempo vai sendo substituída pelas fases transitórias ou seres, até que atinja a estagnação no processo de sucessão, alcançando um equilíbrio dinâmico para as condições locais, denominado de clímax.

A dinâmica sucessional, em florestas pode ser caracterizada, principalmente, pelas mudanças na flora e na fauna, decorrentes em determinado período. Pode-se realizar a avaliação da alteração da florística pela entrada (ingresso), saída (mortalidade) e crescimento das espécies que participam da estrutura florestal. As mudanças florísticas provocadas pela mortalidade e pelo ingresso de plantas podem ser decorrentes de vários fatores: predação/herbívora, competição espacial, doenças e perturbações naturais. Tais fatores são importantes para a

dinâmica de ecossistemas florestais, pois geram heterogeneidade ambiental e contribuem para o aumento da diversidade das espécies, ou ainda, são bases para a reprodução, ingressos, especialização e partilha de recursos (WHITMORE, 1983).

A diversidade resulta da riqueza que indica o número de espécies diferentes, e da abundância, que descreve o número de indivíduos por espécie (MARTIN, 2004). Somado a isso, Longhi (1997) cita a importância das medidas de diversidade quanto a sua aplicação na realização da supervisão ambiental e conservação da natureza.

De acordo com Vanclay (1994), o estudo da dinâmica implica em analisar o crescimento e as mudanças na composição e na estrutura de uma floresta. O crescimento individual das árvores geralmente é avaliado, entre outras variáveis, pelo incremento diamétrico ou em área basal, sendo essas as principais variáveis para a elaboração de modelos que predizem o crescimento individual das árvores.

Pode-se verificar que, embora existam muitos fatores que podem afetar o crescimento, variáveis como a profundidade do solo e a disponibilidade de nutrientes são consideradas preponderantes, visto que restringem os processos fisiológicos que resultam no incremento das dimensões das árvores (CURT et al., 2001). Os fatores climáticos também são determinantes ao crescimento das árvores. Considerando escalas geográficas amplas, a presença de espécies de plantas e o seu crescimento são fortemente influenciados pelo clima. Contudo, à medida que se reduz a escala, o clima torna-se menos influente, enquanto as propriedades químicas e físicas do solo se tornam fatores mais decisivos ao estabelecimento, crescimento e produtividade em florestas (LARA et al., 2001).

O incremento periódico anual é uma informação essencial para o estudo da dinâmica florestal. Schneider;Finger (2000) comentam que esse pode ser obtido por meio de medições periódicas do diâmetro à altura do peito a 1,30 m do solo (DAP) das árvores em parcelas permanentes e determinação mediante análise de tronco. A determinação do incremento de uma árvore nada mais é do que acompanhar o seu crescimento, ou seja, acompanhar a atividade meristemática, que tem como consequência o alongamento e o aumento em diâmetro das raízes, galhos e troncos, causando alterações no peso, volume e na forma da árvore (SOUZA, 2005).

A floresta apresenta também uma diversidade de estratégias e potenciais de crescimento. Canetti et al. (2014) monitoraram o incremento intra-anual de nove espécies e observaram crescimento diferenciado. A espécie que se destacou, com incremento superior e constante ao longo do ano foi *Ocotea bicolor*. As demais espécies apresentaram período de crescimento mais restrito aos meses que antecedem o inverno.

Diferenças de crescimento também podem ser observadas em árvores da mesma espécie em diferentes classes diamétricas (Mattos et al., 2010). Essas diferenças também podem ser consequência do ambiente a que as árvores estão desenvolvendo. Tal observação é importante quando se pretende selecionar indivíduos para estudos dendroclimatológicos. Como exemplo, apesar de Candoi, PR apresentar vegetação da Floresta Ombrófila Mista em bom estado de conservação, em estudo do potencial dendrocronológico de seis espécies nativas, Mattos et al. (2007) observaram que as árvores apresentavam um crescimento pouco sensível às condições ambientais locais. Fritts (1976) reforça a importância da seleção do local de coleta e a escolha dos indivíduos em condições limitantes de crescimento, buscando obter sinais mais evidentes dos anéis de crescimento às variações ambientais.

Em geral, as árvores maiores, por estarem no estrato superior das florestas, têm menor competição (CUNHA, 2009) e, por possuírem melhores condições de iluminação, apresentam maiores taxas de crescimento (COSTA et al., 2008). Em consequência, as árvores de pequeno porte, localizadas no sub-bosque, apresentam maior competição e menores taxas de crescimento (CARVALHO, 1992), bem como maior probabilidade de mortalidade (MARTINS et al., 2011).

2.5 CRESCIMENTO E COMPETIÇÃO

Os índices de competição são importantes para a modelagem de crescimento e produção em florestas tropicais (FOLI, 1993). O uso desses índices permite a determinação do nível de supressão de cada árvore em relação às suas competidoras (MARTINS et al., 2011).

Estes índices são muito utilizados para prever o crescimento e a mortalidade de árvores individuais (RADTKE et al., 2003; PELTONIEMI; MAKIPAA, 2011). Contudo, a avaliação da competição apresenta certa limitação, principalmente pela dificuldade na sua quantificação (HOLMES; REED, 1991; OHEIMB et al., 2011).

Além disso, os índices de competição descrevem a competição total para árvores vizinhas que estejam afetando o desenvolvimento de outra árvore. Esses índices comumente levam em conta, de forma direta ou indireta, o número de competidores, o tamanho das árvores, o tamanho do competidor e a distância entre os competidores (MAGNUSSEN, 1994; PIUTTI; CESCATTI, 1997).

Schneider; Finger (2000) destacam que a competição pode ser descrita em função do comprimento, da altura e do diâmetro de copa, da posição sociológica e da tendência de crescimento, originando diferentes índices, segundo a conveniência e disponibilidade de dados.

Conforme Schneider; Schneider (2008), a competição talvez seja o fator biológico mais importante no manejo florestal, já que quase todas as intervenções estão relacionadas com a manipulação desse fator ou de condições que o afetam.

Conhecer o comportamento, formas e dimensões da copa de árvores que cresceram livres, sem qualquer tipo de concorrência, é importante para o manejo e intervenções silviculturais, pois quando esses indivíduos estiverem crescendo em maciços florestais, a área de projeção de copa vai nos permitir conhecer o espaço ocupado por uma árvore (DURLO et al., 2004), buscando possibilidades de serem desenvolvidos modelos matemáticos que expressem o crescimento em povoamentos florestais.

O desempenho de um índice de competição em modelos de crescimento e produção, frequentemente é avaliado pela correlação com alguma característica de crescimento de interesse, podendo ser citado o incremento em diâmetro, a área basal ou a altura (DANIELS et al., 1986), ou pela redução no erro do modelo de predição quando se insere o índice de competição (WIMBERLY;BARE, 1996).

Na literatura verificam-se índices de competição dependentes (IDD) e independentes da distância (IID) (ALIG et al., 1984; CONTERAS et al., 2011). Eles diferem conceitualmente em função do critério utilizado para expressar as relações existentes entre as árvores.

Nos índices de competição dependentes da distância são atribuídas coordenadas espaciais para cada árvore, que permitem ponderar a competição entre cada árvore e as circunvizinhas pela distância, sendo mais complexos e exigentes em termos de coleta de dados (HYNYNEN, 1995).

Os índices independentes da distância não utilizam informações de distribuição espacial dos indivíduos, sendo esses quantificados pela razão entre diâmetro e/ou altura das árvores e variáveis do povoamento, como, por exemplo, área basal, diâmetro médio e altura média (DANIELS et al., 1986; PRODAN et al., 1997; DELLA FRORA, 2001). Os vizinhos (as árvores competidoras) da árvore objeto (árvore em estudo) são definidos pelas árvores incluídas na mesma unidade amostral.

2.6 DENDROCRONOLOGIA

A dendrocronologia (*dendron*, madeira; *chronos*, tempo; e *logus*, estudo) é definida como uma ciência que determina a idade das plantas através de anéis de crescimento do xilema. Sua solidificação e reconhecimento como ciência deu-se no início do século XX, influenciada

principalmente por Andrew E. Douglass, um astrônomo norte-americano. Desde então, a dendrocronologia tem evoluído de forma multidisciplinar, associada principalmente às ciências ambientais (SCHWEINGRUBER, 1996).

Para a realização de análise dendrocronológica é indispensável que as plantas apresentem anéis de crescimento, formados com periodicidade conhecida. Anéis de crescimento são estruturas anatômicas do xilema secundário que, observadas em corte transversal, configuram círculos mais ou menos concêntricos e contínuos, ao redor da medula.

As gimnospermas e angiospermas dicotiledôneas são grupos taxonômicos que se destacam na formação de anéis de crescimento (LARSON, 1994). Nas regiões tropicais, sentiu-se a necessidade de obter-se informações sobre a taxa de crescimento e idade de árvores, o que proporcionou o desenvolvimento de muitos métodos analíticos, classificados como métodos estáticos (amostras extraídas das árvores) ou dinâmicos (utilizando árvores vivas) (FAHN et al., 1981).

Verifica-se que há uma linha crescente de pesquisa, relacionada à dendrocronologia de espécies tropicais, permitindo a obtenção de valiosas informações sobre o crescimento passado das árvores. De acordo com Hughes (2002), o clima pode ser utilizado como fonte de explicações para as mudanças na largura e nas características dos anéis de crescimento, e servindo também para estimar o crescimento futuro das árvores. Mesmo observando avanços significativos nas últimas décadas, com relação ao planejamento do manejo florestal sustentável em florestas tropicais, com o desenvolvimento das técnicas de exploração de baixo impacto, as últimas pesquisas demonstram que é importante incorporar informações de crescimento para o cálculo da taxa de corte sustentável (BRAZ, 2010; MATTOS et al., 2010). O estudo dos anéis de crescimento possibilita determinar com rapidez a idade e a taxa de crescimento em diâmetro das árvores, contribuindo assim, para a sustentabilidade do manejo florestal e, a reconstrução das condições climáticas (FRITTS, 1976).

A dendrocronologia reúne uma grande quantidade de informações de alto valor para a tomada de decisões no manejo florestal, como registros de crescimento, qualificação e acompanhamento dos volumes de madeira produzidos, e também para a estimativa de biomassa e do CO₂ fixado na madeira. Verifica-se ainda, a possibilidade de estudos de autoecologia, avaliação ou resposta de atividades silviculturais e de reconstrução de eventos climáticos (ALVARADO, 2009).

Observa-se que há muitos fatores ambientais (bióticos e abióticos) que regulam o crescimento secundário das plantas, como por exemplo: competição e facilitação entre organismos, água, luz, temperatura, nutrientes, poluentes, vento, fogo, dentre outros. Desta

forma, anéis de crescimento anuais são verdadeiros “arquivos históricos” das condições ambientais, uma vez que suas características (largura, densidade, quantidade de vasos, composição química) também variam em função do ambiente. Contudo, decodificar esta informação não é uma tarefa fácil, principalmente porque os fatores ambientais que regulam o crescimento secundário, além de múltiplos, são interativos. A limitação ambiental não é constante ao longo do tempo, pois alguns fatores restringem o crescimento de forma relativamente contínua, como a temperatura, enquanto outros têm influência esporádica (fogo). Outro fato importante para ressaltar, é que a resposta das plantas aos fatores de estresse varia em velocidade e duração (KOZLOWSKI ; PALLARDY, 1997; FRITTS, 1976). Portanto, conhecer a resposta das plantas às condições ambientais é fundamental para interpretar os padrões temporais de variação dos anéis de crescimento.

Há algumas regiões tropicais e subtropicais que apresentam demarcada estacionalidade na precipitação, interrompendo o ciclo anual de crescimento das plantas e favorecendo a formação de camadas de crescimento. Em regiões subtropicais de altitude maior podem existir períodos do ano em que a temperatura alcança níveis críticos que limitam o desenvolvimento das plantas. A maior amplitude térmica coincide, na maioria dos casos, com o período de crescimento do lenho (MAROCHI, 2007).

Fatores ambientais de níveis externos podem restringir o crescimento vegetal, esperando-se que estes fatores estejam correlacionados com variações temporais na estrutura dos anéis de crescimento. As árvores que têm influência constante de um mesmo fator limitante, variando sua intensidade, devem apresentar sincronismo na variação da largura dos anéis de crescimento. Esse princípio, fundamental na dendrocronologia, é denominado datação-cruzada. Em geral, o sincronismo de crescimento entre árvores de uma dada região é determinado por variações climáticas, indicando uma atividade cambial sazonal. Assim, através da datação-cruzada pode-se inferir se uma dada população de plantas forma anéis de crescimento com periodicidade verdadeiramente anual (FRITTS, 1976).

Vários trabalhos confirmaram a formação anual dos anéis de crescimento em *Araucaria angustifolia* (MATTOS et al., 2010; MATTOS et al. 2007; STEPKA, 2012; SEITZ; KANNINEN, 1988; SANTAROSA et al., 2007; LISI, 2009) indicando o potencial para aplicação das séries históricas de crescimento dessas espécies em estudos de dinâmica do crescimento e manejo florestal, dendroclimatologia, dentre outros.

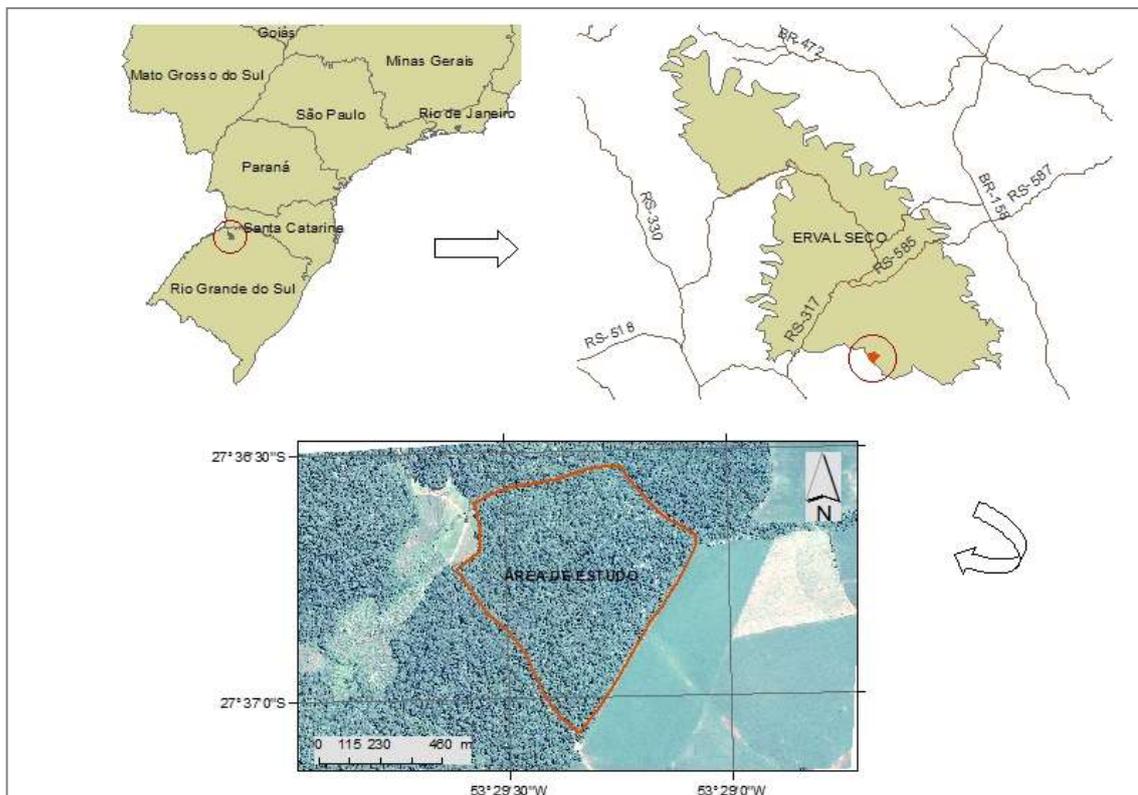
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado em um fragmento florestal com cerca de 50 ha, localizado no município de Erval Seco, RS, centrado nas coordenadas 27° 36' 49,60" S e 53° 29' 23,05" W (Figura 1).

A área de estudo é lindeira da Reserva Biológica Municipal Moreno Fortes, criada pelo Decreto Municipal nº 18 de 19 de abril de 2004, e ampliada pelo Decreto Municipal nº 052/2005, com área total de 474,8 ha. O fragmento em estudo apresenta vegetação classificada como ecótono, onde ocorre a transição da Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual.

Figura 1 – Localização do fragmento florestal e delimitação da área de estudo



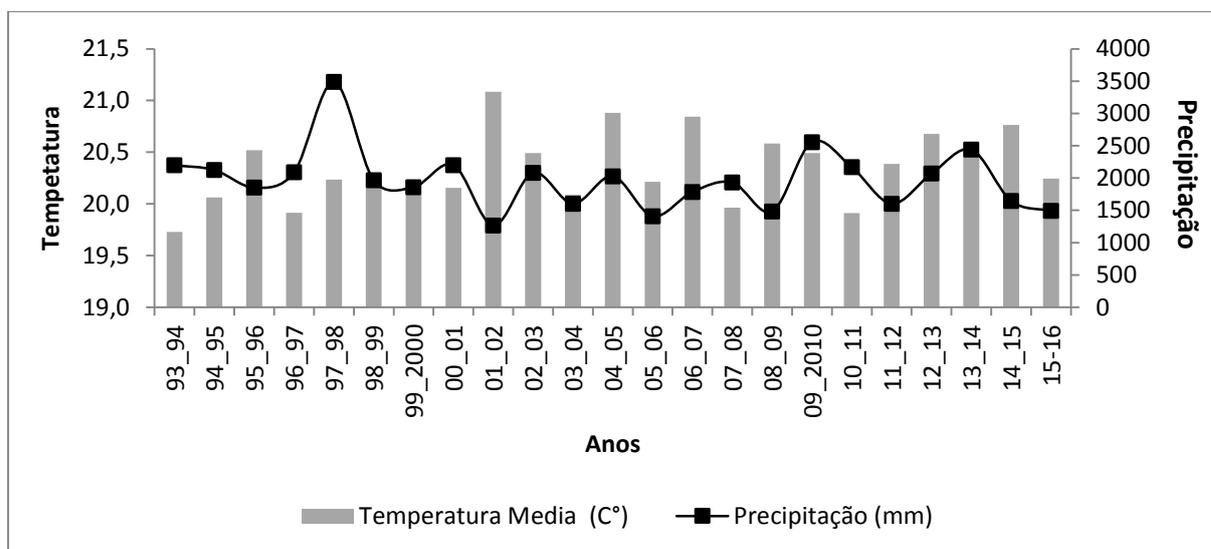
Fonte: (VENDRUSCOLO, 2015).

3.2 CLIMA E SOLO

Segundo Rossato (2014) o clima da região é Subtropical muito úmido, com regime de chuvas equilibrado, com média anual entre 1.700 e 1.900 mm, contudo, há certa redução da precipitação durante o inverno. A temperatura média varia entre 20 e 23° C. Na figura 2 é apresentado um diagrama com as médias de temperatura e o total de precipitação ao longo do período de estudo.

O município de Erval Seco, situado na região do Alto Uruguai, na parte norte do Planalto do RS, que se caracteriza partes de um planalto, desenvolvido por rochas basálticas de natureza alcalina. Estes restos de planalto são constituídos em sequência por bordas de chapadas, serras (ravinas), espigões estreitos, elevados e degradados (600 m), e vales. Os solos foram denominados, de maneira geral, como latossolos vermelhos (CUNHA et al. 2011).

Figura 2- Diagrama com a distribuição da temperatura e precipitação no período de estudo.



Fonte: o autor.

3.3 PLANO DE MANEJO FLORESTAL DE 1993

A coleta dos dados do inventário florestal no ano de 1993 foi realizada com a finalidade de aprovação de um Plano de Manejo Florestal em Regime Sustentado (PMFS), deste modo todos os dados referentes a esse inventário foram retirados do referido PMFS, que foi

encaminhado e aprovado pela Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMA-RS). Alguns resultados obtidos no inventário de 1993 são apresentados na tabela 1.

No inventário florestal de 1993 foram instaladas 25 unidades amostrais (10 m x 100 m) totalizando 25.000 m², pelo método de amostragem aleatória simples. O número de indivíduos de espécies nativas por hectare foi de 439, o volume médio por parcela foi de 20,08 m³ (9,36-27,15 m³) e a estimativa por hectare de 210,83 m³.ha⁻¹. Como foi aprovada a retirada de 55,83 m³.ha⁻¹ de madeira, restaram aproximadamente 155 m³.ha⁻¹. Toda a área foi manejada, excluindo as APP's.

Tabela 1 – Número de indivíduos e volume por ha para *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze (1993) em fragmento florestal no município de Erval Seco

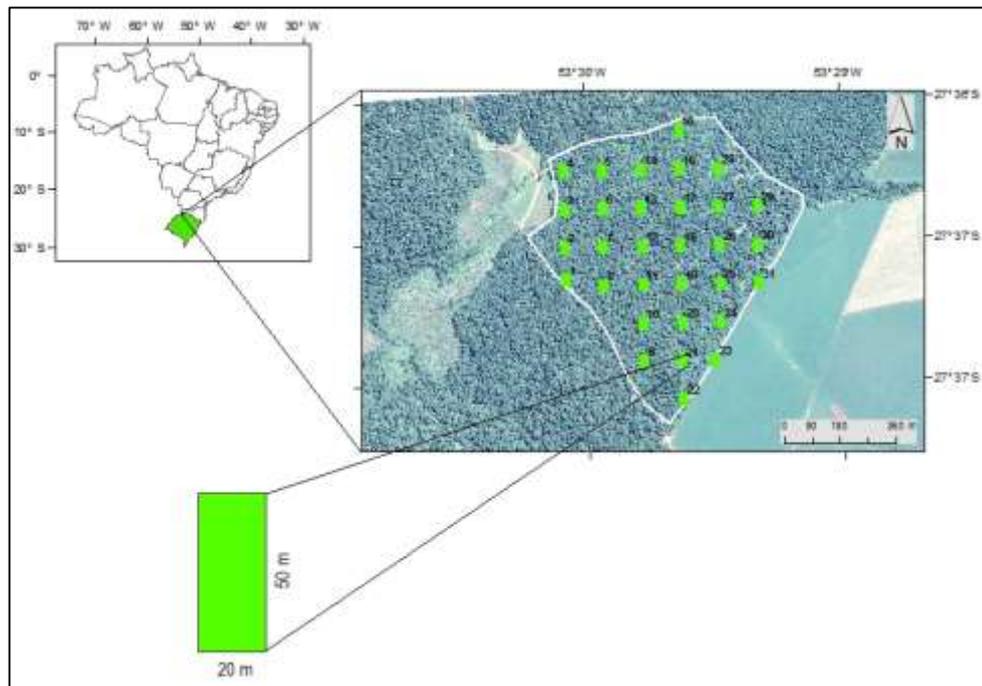
Parâmetros	Estimativa	Estimativa remanecente
Indivíduos por ha > 10 cm	32	26
Volume por ha (m ³)	58,59	41,70
Indivíduos > 40 cm DAP por ha	16	10
Volume (m ³) dos Ind. > 40 cm	52,88	35,99

Fonte: PMFS (1993).

3.4 INVENTÁRIO FLORESTAL

Para a realização do inventário florestal em 2013 foram instaladas 31 parcelas de 20 m x 50 m totalizando uma área amostral de 1.000 m² por parcela, em uma grade sistemática de 125 m x 125 m (Figura 3). Para estabelecer o critério de aleatoriedade a primeira parcela foi sorteada (VENDRUSCOLO, 2015).

Figura 3 – Localização sistemática e tamanho das parcelas na área amostral



Fonte: (VENDRUSCOLO, 2015).

A parcela foi instalada a partir da coordenada geográfica do centro do seu eixo principal, com o auxílio de um aparelho GPS com precisão de 3 m. Após localizado o centro da parcela, o mesmo foi materializado com um cano de PVC branco. A parcela foi subdividida em 10 sub-parcelas de 10 m x 10 m, e todos os indivíduos foram posicionados em um croqui (VENDRUSCOLO, 2015).

Realizou-se a mensuração das seguintes variáveis dendrométricas: DAP, altura comercial, ponto de inversão morfológica, altura total, qualidade do fuste, posição sociológica (VENDRUSCOLO, 2015).

3.5 AMOSTRAS PARA ESTUDO DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Foram coletadas amostras de forma não destrutivas (tradagem) de todas as árvores de araucária presentes nas 31 parcelas, com dap > 10 cm, totalizando 84 árvores amostradas. Destas, 22 foram descartadas por apresentarem problemas nas amostras após secagem, sendo utilizadas para processamento amostras de 62 árvores. De cada árvore foram coletadas duas amostras, sendo uma seguindo a curva de nível do terreno e a outra em um ângulo de 90° à direita da primeira coleta, a 1,30 m do solo. Foi utilizado o trado de incremento da marca Haglöf com 50 cm de comprimento. As amostras foram acondicionadas em canudos de plástico em

campo (Figura 4), e posteriormente no laboratório elas foram acondicionadas e coladas em suportes de madeira (Figura 5). As amostras foram secas à temperatura ambiente e lixadas (40, 80, 120, 180, 280, 320 e 400), para melhor visualização do limite das camadas de crescimento.

Figura 4 – Posicionamento para coleta das baguetas (A e B); Detalhe do trado de incremento e da retirada da bagueta (C); Acondicionamento das amostras (D)



Fonte: A,C: o autor; B,D: Kauana Engel.

Figura 5 – Suporte de madeira com as baguetas de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

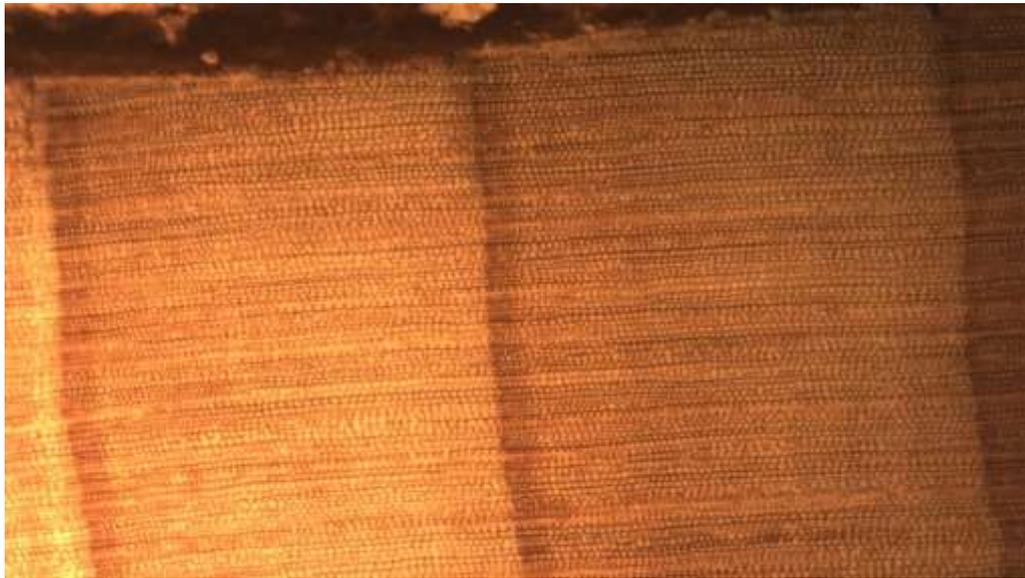


Fonte: o autor.

Realizou-se a identificação (Figura 6) das camadas de crescimento nas duas amostras de cada árvore e, a partir disso, usando microscópio estereoscópico foram marcados e contados todos os anéis de crescimento em cada bagueta, no sentido casca-medula (Figura 7 A).

Utilizou-se uma mesa de mensuração da marca LINTAB (Figura 7 B), com precisão de 0,01 mm e o programa *Time Series Analysis and Presentation (TSAP)* (RINN, 1996) para medir a espessura dos anéis de crescimento. As séries de crescimento obtidas foram datadas para a construção das curvas de crescimento.

Figura 6 – Definição das camadas de crescimento da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze



Fonte: o autor.

Figura 7 – Marcação dos anéis de crescimento usando microscópio estereoscópico e a medição na mesa de mensuração



Fonte: A) Aline Canetti; B) o autor.

Determinou-se o incremento em diâmetro usando a média do incremento radial de cada ano multiplicada por 2, posteriormente estes valores foram convertidos para centímetros.

Para minimizar o efeito do número de amostras, foi utilizado o procedimento *boot strap* (DAVISON; HINKLEY, 1997), simulando o crescimento para 100 árvores, semelhante ao utilizado por outros autores em estudos dendrocronológicos (BRIENEN, 2005; MATTOS et al., 2015). A partir dos valores de cada crescimento anel de anual, foram estimados os diâmetros anuais das árvores amostradas.

Para a estimativa do crescimento com os modelos matemáticos (Tabela 2), utilizaram-se variáveis independentes como DAP e idade. Os critérios para a seleção da melhor equação foi o coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), coeficiente de variação em percentagem (CV%), valor de F calculado (Fcal.), erro padrão da estimativa, análise gráfica de resíduos e ajuste da equação aos dados reais. Conforme Draper; Smith (1980), a análise gráfica dos resíduos em sua forma relativa, em função da variável dependente estimada, é o melhor modo para se verificar possíveis tendências da estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão. Em seguida, realizou-se o ajuste da equação de crescimento.

Tabela 2 – Modelos matemáticos ajustados para estimativa do crescimento

Denominação da Equação	Modelo	Restrições dos parâmetros
Gompertz	$dap = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 i}}$	$\beta_2 > 0$
Johnson-Schumacher	$dap = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{i+\beta_2}}$	$\beta_1 > 0$
Linear	$dap = \beta_0 + \beta_1 i$	$\beta_1 > 0$
Monomolecular	$dap = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 i})$	$\beta_2 > 0$
Richards	$dap = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 i})^{\frac{1}{1-\beta_3}}$	$\beta_2 > 0$
Schumacher	$dap = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{i}}$	$\beta_1 > 0$

Sendo: DAP = diâmetro a altura do peito a 1,30 m do solo, i = idade; β = parâmetros das equações; e = número de Euler.

3.6 CORRELAÇÃO DO CRESCIMENTO COM DADOS CLIMÁTICOS

Os resultados das análises das séries dos anéis de crescimento foram relacionados com as séries climáticas (dados mensais) obtidas da estação meteorológica mais próxima ao local de coleta dos dados, determinando-se os valores de correlação linear de Pearson entre as variáveis climáticas e o crescimento.

Os dados meteorológicos foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica de Irai, RS, que possui registro dos dados climáticos desde antes da execução do PMFS na área em estudo.

Os meses de inverno (caracterizados com período de crescimento estagnado para as plantas) estão concentrados no meio do ano. Portanto, o início do ano para uma planta, e a data contada a partir da época da liberação do crescimento, é na primavera. Os dados climáticos utilizados (precipitação, insolação, temperatura, nebulosidade, umidade relativa) foram adequados ao ano de crescimento biológico, compreendendo o período entre os meses de julho (07) de um determinado ano a junho (06) do ano subsequente.

3.7 COLETA DOS DADOS DA ÁRVORE OBJETO PARA ESTUDO DA COMPETIÇÃO

Para este estudo, todas as 62 árvores de araucária foram consideradas árvores objeto. Foram identificadas as árvores concorrentes com cada árvore objeto, denominadas competidoras, considerando aquelas cujas copas estavam em contato com a copa da árvore objeto. Nessas árvores foram mensuradas as seguintes variáveis: DAP; altura total; distância entre a árvore objeto e a competidora, posição sociológica e raio de copa (Figura 8 e 9).

Figura 8 – Mensuração do DAP de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze



Fonte: Janderson Wantz.

Figura 9 – Mensuração da distância da árvore objeto (araucária) até a competidora



Fonte: Janderson Wantz.

O estado (status) competitivo de cada árvore objeto foi avaliado utilizando e comparando índices de competição, sendo que alguns são Índices são Independentes da Distância (IID) e outros são Índices Dependentes da Distância (IDD) (Tabela 3). Calculou-se a correlação entre DAP e índice de competição, R^2_{aj} , análise dos resíduos e foi calculado o erro padrão.

Tabela 3 – Índices de competição utilizados nesse estudo

Índice/Fonte	Código/Equação	Observação/Interpretação
Índices independentes da distância (IID)		
Glover e Hool (1979)	$IID1 = \frac{\pi(d_i/2)^2}{\pi\{[(\sum_{j=1}^{n_j} d_j)/n_j]/2\}^2} = \frac{d_i^2}{D^2}$	O denominador foi calculado utilizando a árvore objeto e suas competidoras. Quanto < o índice, > é a competição.
Daniels <i>et al.</i> (1986) – Modificações do Índice de Glover e Hool (1979)	$IID2 = \frac{d_i^2}{(\sum_{j=1}^n d_j^2)/n}$	Considera o diâmetro. Quanto < o índice, > é a competição.
	$IID3 = \frac{h_i}{H}$	Considerando a altura. Quanto < o índice, > é a competição.
	$IID4 = \frac{d_i^2 \cdot h_i}{D^2 \cdot H}$	Considerando a combinação entre diâmetro e altura. Quanto < o índice, > é a competição.
Lorimer (1983)	$IID5 = \frac{\sum_{j=1}^n d_j}{d_i} = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i}$	Aumenta quando o número de competidores aumenta. Quanto > o índice, > é a competição.
Corona e Ferrara (1989) – Modificação do índice de Lorimer (1983)	$IID6 = \frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{d_i^2}$	Eleva os diâmetros ao quadrado, sugerindo que a interação entre árvores deve ser proporcional à área basal, sendo mais aceitável do ponto de vista biológico. Quanto > o índice, > é a competição.
Tomé e Burkhart (1989), considerando o diâmetro máximo	$IID7 = \frac{d_i}{d_{max}}$	Considera que a competição pode ser expressa pela influência exercida pela árvore de diâmetro máximo da unidade amostral. Quanto < o índice, > é a competição.
BAL (<i>Basal Area Larger</i>), utilizado por Stage (1973)	$IID8 = \sum_{i=1}^n g$	Considera como competidoras as árvores com área basal > que a árvore objetivo. Quanto > o índice, > é a competição.

(Continua)

(Continuação)

Stage (1973)	$IID9 = \frac{d_i}{q}$	Quanto < o índice, > é a competição.
Índices dependentes da distância (IDD)		
Hegyí (1974)	$IID10 = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} \cdot \frac{1}{L_{ij}}$	Atribui peso maior a competidores mais próximos, sendo que maiores valores do índice indicam competição intensa. Quanto > o índice, > é a competição.
Martin e Ek (1984) – Modificação do índice de Hegyí (1974) e de Daniels (1976).	$IID11 = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} \cdot \frac{1}{(L_{ij} + 1)}$	O valor de 1 foi adicionado para evitar a divisão por zero nos casos em que $L_{ij} = 0$ (árvores com bifurcação abaixo do DAP). Quanto < o índice, > é a competição.
Braathe (1980), citado/utilizado por Pukkala e Kolström (1987)	$IID12 = \sum_{j=1}^n \frac{h_j}{h_i} \cdot \frac{1}{L_{ij}}$	Utiliza apenas a altura e a distância para refletir a competição.
Moore et al. (1973) baseado no método de Brown (1965) – Area Potentially Available (APA) – Área Potencialmente Disponível.	$IDD13 = \sum_{j=1}^n \frac{d_i^2}{d_i^2 + d_j^2} \cdot L_{ij}$	Expressa a competição descrevendo uma zona de influência primária e crescente espaço para uma árvore individual conforme limitado pela concorrência exercida por árvores circundantes. Quanto < o índice, > é a competição.

Em que: d_i e d_j = diâmetro a altura do peito a 1,30 m de altura do solo (DAP) da árvore objeto i e da árvore competidora j (cm), respectivamente; \bar{D} = média dos diâmetros (DAP) das árvores da unidade amostral (cm); n = número de árvores competidoras; h_i e h_j = altura total da árvore objeto i e da árvore competidora j (m), respectivamente; \bar{H} = altura média das árvores da unidade amostral (m); q = diâmetro quadrático das competidoras (cm); g = área transversal (m^2); d_{max} = diâmetro a altura do peito a 1,30 m de altura do solo (DAP) máximo na unidade amostral (cm); L_{ij} = distância entre a árvore objeto e árvore competidora (m). Fonte: adaptada de Curto (2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INCREMENTO DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze APÓS MANEJO E A INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS

As árvores de araucária apresentaram DAP médio de 44,25 cm (10,4 – 72,3 cm) e idade média de 64 anos (24 – 153). O Incremento Médio Anual (IMA) em diâmetro foi de 0,72 cm (0,31 - 1,28), sendo que o valor máximo de incremento encontrado foi de 2,89 cm (Tabela 4-anexo).

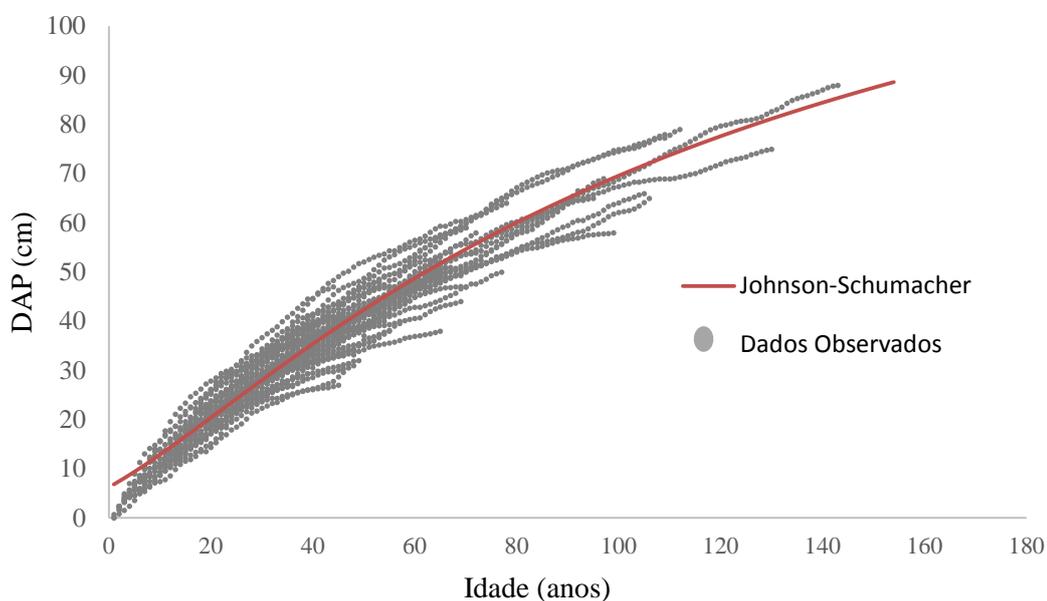
Este valor de IMA está próximo do encontrado por Rondon Neto (2003) de 0,60 cm, por Oliveira (2007) de 0,74 cm, e do trabalho feito por Mattos et al. (2010) que encontraram incremento periódico anual (20 anos) de 0,50 cm. Estas diferenças de incremento são, segundo Mattos et al. (2010), resultantes das diferenças de clima, solo, estrutura da população, características de conservação dos remanescentes em que estão crescendo, além de variabilidade genética das populações naturais.

No Rio Grande do Sul, segundo Longhi et al. (2006), florestas naturais subtropicais com menor exposição à luz apresentaram os IMA's de 0,74 cm.ano⁻¹, em sucessão secundária, e de 0,70 cm.ano⁻¹ em florestas primárias.

Oliveira (2007) verificou em suas áreas de estudo no RS que o déficit hídrico durante a estação de crescimento resultava em anéis mais estreitos em *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze e, possivelmente, a temperatura mais alta no final da estação de crescimento influenciava positivamente no crescimento do anel, no ano seguinte. Assim, é possível verificar que os elementos meteorológicos podem influenciar na largura dos anéis de crescimento, e conseqüentemente no incremento das árvores de araucária.

Foi testado o padrão de crescimento para a floresta, para ajustar uma equação que representasse satisfatoriamente o crescimento dos indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze. Desse modo, os dados foram analisados em conjunto para avaliar a melhor equação. Verificou-se que a melhor representação dos dados foi obtida por Johnson-Schumacher (Figura 9) e os parâmetros estatísticos são apresentados na Tabela 5. O modelo de crescimento é ajustado para depois pensarmos em técnicas de manejo baseadas em condições de crescimento dessas árvores; quando se tem um modelo de crescimento (equação de crescimento- Figura 10) podemos obter o padrão de crescimento de árvores de araucária nesse ambiente. Foram utilizadas 62 árvores (análise dendrocronológica), para ajustar esse modelo.

Figura 10 – Relação entre DAP e idade representado pelo modelo matemático para todos os indivíduos de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze



Fonte: o autor.

Tabela 5 – Parâmetros estatísticos dos modelos testados

Modelo	β_0	β_1	β_2	β_3	R^2_{aj}	Sy_x (%)	Fcal	CV (%)
Gompertz	91,9725	2,3041	0,0215		0,9942	0,0012	8898277	11,9
Johnson-Schumacher	162,4000	114,6000	35,1696		0,9947	0,0011	9714593	11,4
Linear	9,4383	0,6175			0,9635	12,6302	4068653	12,6
Logística	82,5093	6,0121	0,0360		0,9934	0,0013	1809201	12,7
Monomolecular	136,7000	0,9746	0,0069		0,9948	0,0011	204371	11,2
Richards	1732,3000	1,0017	0,0017	-0,3224	0,9949	0,0011	115015	11,1
Schumacher	90,7300	34,4656			0,9888	0,0016	6906056	16,5

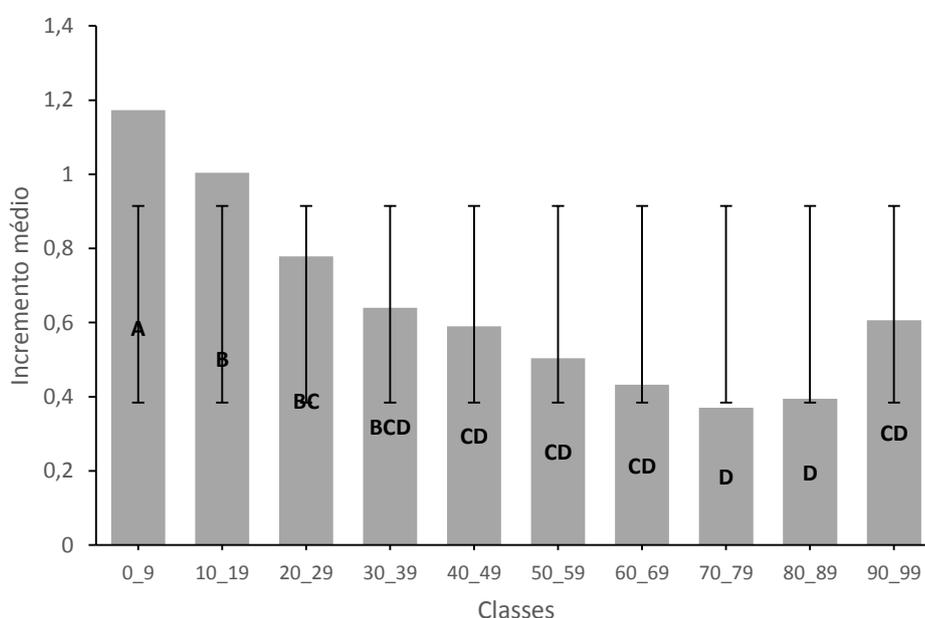
Fonte: o autor.

Após testar as equações, foi realizado a distribuição dos incrementos em relação às classes diamétricas (Figura 11), para verificar quais apresentavam maior incremento. Observou-se que a fase jovem apresenta maior incremento, destacando-se as duas primeiras classes. As demais apresentam diferenças entre si, demonstrando significativo decréscimo do incremento de acordo com o aumento das classes. Percebe-se um aumento de incremento na

classe 90-99, mas que não diferiu estatisticamente das classes 30-39; 40-49; 50-59;60-69;70-79;80-89.

Durante a execução do PMFS as árvores dominantes foram retiradas, permitindo assim o crescimento acelerado das árvores das classes diamétricas menores. Todavia, a última classe diamétrica (90 – 99 cm) também obteve benefício com a intervenção, concordando, em certo ponto, com Schneider;Schneider (2008) que afirmam que árvores dominantes respondem melhor às mudanças de densidade, uma vez que estão em posição mais favorável para competir com as demais pela luz, umidade e outros elementos.

Figura 11 – Incremento médio da *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze por classe de DAP



Fonte: o autor.

Em estudo realizado na Reserva Florestal, Embrapa/Epagri (RFEE), no município de Caçador, SC, Mattos et al. (2010) não encontraram diferença estatística entre o IMA em nenhuma das classes. De acordo com os autores estes resultados podem ser em função das diferenças de clima, solo, características de conservação dos remanescentes em que estão crescendo, além de variabilidade genética das populações naturais, ou número menor de amostras.

Braz (2010) comenta que é importante adotar técnicas de manejo distintas entre espécies ou grupos de espécies, de modo a identificar e favorecer as classes diamétricas mais produtivas de cada espécie.

Em relação a isso, Alves Lopes et al. (2001) determinaram, em estudo no Pará, que 29% de um grupo de espécies comerciais e não comerciais eram demandantes por luz: das tolerantes à sombra havia 7%; e das pioneiras comerciais havia 6,25%. As outras eram não comerciais. Esse percentual total na floresta (42,25%), guardadas as diferenças para outras regiões da Amazônia, informa que é possível direcionar parte do dossel da floresta para maior luminosidade, com intenções de manejo. Isso mostra que a intervenção nos fragmento pode ser positiva para a espécie, se realizada de maneira correta, e proporcionar maior incremento diâmetro, com a abertura do dossel.

4.1.1 Incremento diamétrico e a interação com os elementos meteorológicos

Os elementos meteorológicos como precipitação, temperatura, e luz afetam o desenvolvimento das árvores. O efeito dessas variáveis foi estudado por diversos autores como Zanon;Finger (2010), Canetti et al. (2014), Minatti et al. (2015), Mattos et al. (2015). Os valores das variáveis meteorológicas utilizadas, assim como o IMA são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Valores das variáveis meteorológicas e do Incremento Médio Anual no período de 1993 à 2016 para a *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

Ano	PP	In	T. máx	T. méd	T. mín	Neb.	UR	IMA
93_94	2198,3	2343,2	27,4	19,7	14,9	1,5	77,7	0,74
94_95	2124,1	2222,2	26,8	20,1	15,1	1,6	77,1	0,60
95_96	1851,0	2299,6	28,0	20,5	15,0	1,5	73,7	0,66
96_97	2088,6	2356,1	27,3	19,9	14,6	1,4	75,3	0,64
97_98	3488,7	1825,8	27,0	20,2	15,5	1,8	79,3	0,70
98_99	1965,7	2162,7	27,3	20,3	15,2	1,7	76,1	0,72
99_00	1858,9	2355,1	27,4	20,1	14,7	3,4	73,5	0,74
00_01	2201,0	2294,6	27,6	20,2	14,7	5,4	76,1	0,69
01_02	1266,6	2193,2	28,5	21,1	15,7	5,5	74,4	0,73
02_03	2081,3	1932,9	27,5	20,5	15,7	5,9	78,2	0,77
03_04	1602,9	2344,3	27,6	20,1	14,6	5,2	74,2	0,72
04_05	2028,0	2294,9	28,1	20,9	15,7	5,3	73,7	0,65
05_06	1409,9	2353,4	27,8	20,2	14,9	5,3	74,8	0,67
06_07	1785,4	2307,5	28,0	20,8	15,8	5,4	76,1	0,62
07_08	1932,3	2077,0	27,2	20,0	14,7	5,5	75,0	0,55
08_09	1482,6	2242,9	28,2	20,6	15,2	5,4	73,9	0,58
09_10	2556,7	1862,8	27,2	20,5	15,9	6,2	79,8	0,51
10_11	2167,1	1950,8	26,9	19,9	15,0	5,7	77,9	0,55
11_12	1602,8	2383,8	27,9	20,4	15,0	5,1	73,4	0,53
12_13	2067,8	2113,8	27,7	20,7	15,7	5,7	75,7	0,47
13_14	2438,6	2205,8	27,4	20,5	15,6	5,6	77,2	0,46
14_15	1646,4	2267,2	28,3	20,8	15,9	5,4	78,6	0,48
15-16	1489,6	2036,9	27,6	20,2	16,1	5,8	78,3	0,49

Nota: PP = soma da precipitação no ano (mm); In = Insolação Total (hs); T. máx = Temperatura máxima média (°C); T média = Temperatura Compensada média (°C); T mín = Temperatura mínima Média (°C); Umidade Relativa média (%); Neb. = nebulosidade. Fonte: INMET(dados mensais);

A partir destes dados foi analisada a correlação de Person (r), sendo os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Coeficiente de correlação de Person (r) entre o incremento médio anual e as variáveis meteorológicas

Local	PP	In	T. máx	T. média	T. mín	Neb.	UR
Erval Seco	0,01	0,19	-0,03	-0,17	-0,40*	-0,42*	-0,26

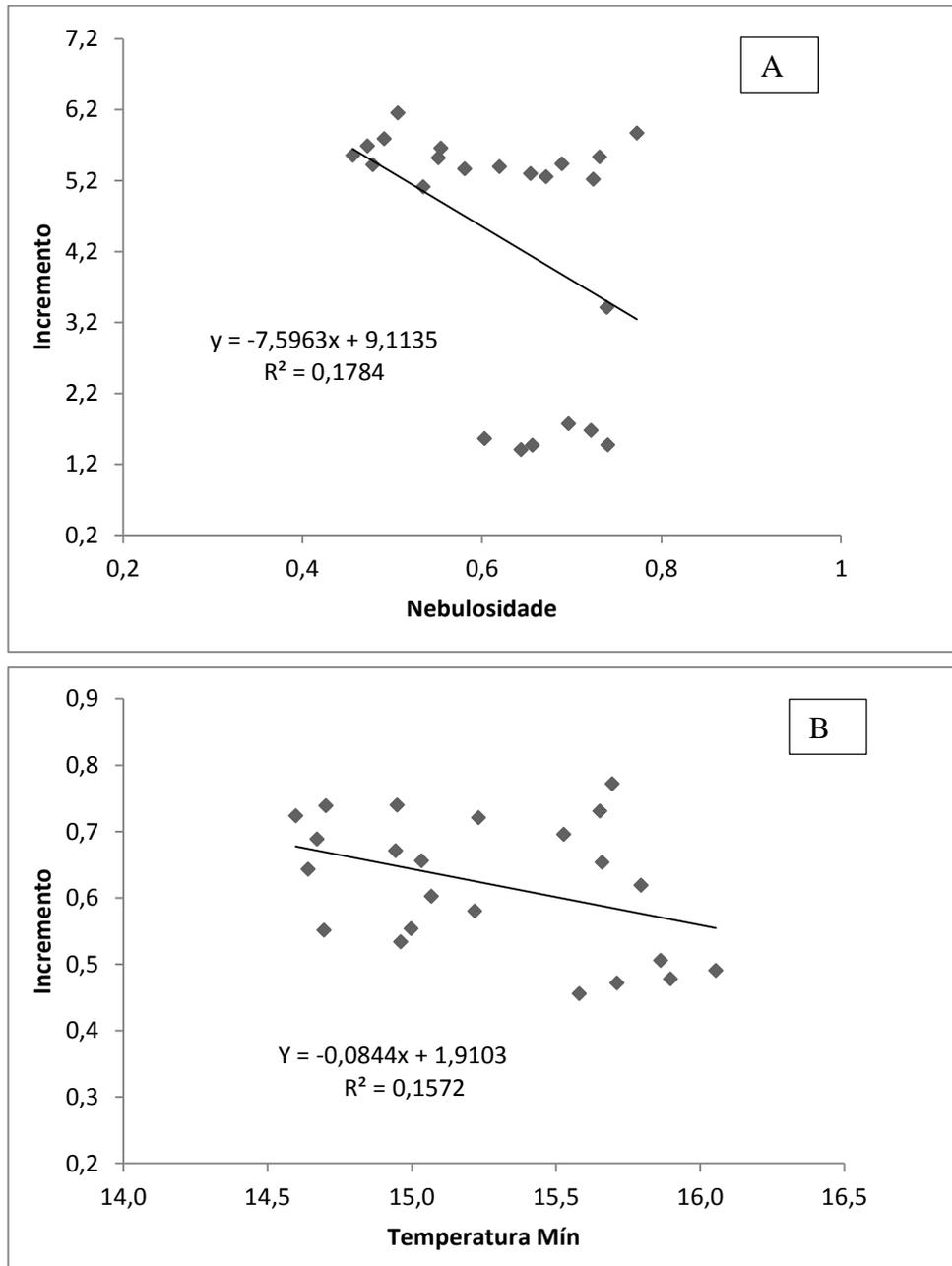
Nota: PP = soma da precipitação (mm); In = Insolação Total (hs); T. máx = Temperatura máxima (°C); T média = Temperatura média (°C); T mín = Temperatura mínima (°C); Umidade Relativa média (%); IMA = incremento médio anual em cm; Neb. = nebulosidade. A 5% probabilidade. Fonte: adaptada do INMET;

As variáveis meteorológicas que apresentaram maior correlação com o IMA foram a temperatura mínima (-0,40) e nebulosidade (-0,42). As demais variáveis apresentaram baixa correlação (Tabela 7). Verificou-se que temperaturas baixas e a redução da radiação solar foram variáveis limitantes para o crescimento da araucária nessa região, ou seja, à medida que ocorrem mais dias com temperaturas baixas e dias nublados, o incremento tende a ser menor (Figura 12).

Alguns autores (BRIENEN;ZUIEDEMA, 2005; OLIVEIRA et al., 2011; MATTOS et al., 2015) observaram correlação com a precipitação. Zanon; Finger (2010) também obtiveram correlação do incremento com a precipitação, em plantios de Araucária em São Francisco de Paula, RS (clima é do tipo “Cfb- Köppen: clima temperado húmido com verão temperado), onde verificaram que a taxa de crescimento do DAP estava diretamente relacionada com a temperatura média e precipitação. No presente estudo (clima Cfa- Köppen: clima temperado húmido com verão quente) a correlação com a precipitação foi fraca (0,01- Tabela 7). Essas diferenças podem ocorrer em função do clima diferenciado em cada local de estudo, além do tipo de solo e da variabilidade genética.

Bamberg (2014), em estudo realizado em Frederico Westphalen, RS, encontrou correlação forte (0,60 - 0,67) entre a radiação solar e o crescimento da *Mimosa scabrella*, e correlação moderada (0,30 e 0,56) para espécies *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioveana*.

Figura 12 (A, B) – Dispersão da temperatura mínima e nebulosidade em relação ao incremento médio anual



Fonte: o autor.

De acordo com Lauw (2011) uma variável meteorológica pode afetar tanto as características estruturais quanto apenas a espessura do anel, ou pode afetar processos fisiológicos e assim influenciar o crescimento. Nesse sentido, a temperatura atua afetando o crescimento, devido à parada e retomada da atividade cambial, de acordo com a variação da temperatura ao longo do ano. Assim, formam-se anéis com espessuras distintas, indicando a influência da temperatura na espessura dos anéis.

A nebulosidade também é uma variável que influencia o crescimento das árvores, como foi verificado no presente trabalho. O aumento da nebulosidade na época chuvosa afeta o crescimento pela limitação da assimilação de CO₂ devido à redução na luminosidade que chega até as folhas (GRAHAM et al., 2003; SCHUUR, 2003), ou nesse caso, até as acículas.

Brown (1974) afirma que a radiação é um dos constituintes do ambiente que apresenta maior influência sobre o desenvolvimento das árvores, sendo esses afetados pela intensidade, qualidade e duração da luz. A luminosidade tem grande importância sobre a fotossíntese, exercendo inclusive maior interferência que a precipitação (GRAHAM et al., 2003; HUETE et al., 2006).

Bamberg (2014) em seus estudos encontrou inversão de sinal na correlação com a temperatura máxima na estação do verão (“r” entre -0,36 e -0,88) para o outono (“r” entre 0,43 e 0,96) demonstrando que uma variável meteorológica pode influenciar o crescimento positivamente em uma estação e negativamente em outra.

Buscando entender melhor essa relação, os dados das variáveis meteorológicas, temperatura mínima e nebulosidade foram agrupados e analisados por trimestre e, ainda assim, apresentaram correlação negativa. Foi observada correlação do incremento com as variáveis meteorológicas, as que apresentaram resposta foram nebulosidade em todos os trimestres umidade relativa no primeiro trimestre, temperatura média no 2º e 3º trimestre, e temperatura máxima no 2º trimestre (Tabela 8).

Tabela 8 – Coeficiente de correlação de Person (r) entre o incremento médio anual e as variáveis meteorológicas, organizadas por trimestre

Trimestre	PP	In	T. máx	T. média	T. mín	Neb.	UR
1	-0,06	0,11	0,29	0,16	-0,25	-0,50*	-0,33*
2	0,16	0,06	-0,37*	-0,30*	-0,26	-0,47*	-0,08
3	-0,08	0,18	-0,24	-0,39*	-0,38*	-0,37*	-0,22
4	-0,02	0,03	0,06	0,06	0,03	-0,32*	-0,09

Nota: PP = soma da precipitação (mm); In = Insolação Total (hs); T. máx = Temperatura máxima (°C); T média = Temperatura média (°C); T mín. = Temperatura mínima (°C); Neb=nebulosidade; Umidade Relativa média (%); A 5% probabilidade. Fonte: adaptada do INMET;

Avaliando os dados por trimestre, podemos analisar se determinada variável interferiu de maneira significativa em um período específico do ano, no incremento da araucária. A partir dessa análise essa hipótese foi confirmada, ou seja, observou-se correlação da temperatura

máxima, média, mínima e umidade relativa (ver períodos na Tabela 8) em períodos específicos, e a influência da nebulosidade durante todo o ano.

A temperatura elevada durante a estação de crescimento pode ser considerada uma variável limitante, tendo em vista que esta pode reduzir a produção de enzimas e hormônios que são necessários para que determinados processos fisiológicos, além de, acentuar a perda de água pelas plantas, em uma época em que muitas vezes essa já é escassa, afetando assim o crescimento da planta (FRITTS, 1976).

Ainda de acordo com o mesmo autor, as temperaturas baixas extremas durante o inverno, mesmo sob um prevaecimento de temperaturas abaixo de zero durante um longo período, podem não afetar processos fisiológicos, porém, se houverem temperaturas mais elevadas durante o inverno poderá haver um descongelamento dos tecidos ocasionando retomada da atividade fisiológica, o que gera uma correlação entre as temperaturas de inverno e a espessura dos anéis de crescimento. Episódio como esse deixa registros históricos, os quais proporcionam a possibilidade de averiguar qual o período que as variáveis meteorológicas interferiram no incremento dos indivíduos (ex: araucária).

Desse modo, é possível verificar que há indícios da interferência das variáveis meteorológicas no incremento da *Araucaria angustifolia* e que estas variações podem influenciam na espessura dos anéis de crescimento.

4.2 COMPETIÇÃO EM FLORESTA NATURAL DE *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

A competição entre plantas inicia-se quando a oferta dos recursos necessários para seu crescimento decrescem abaixo de sua demanda, afetando o crescimento (WEBER et al., 2008).

Na área florestal a competição pode ser estimada por meio dos índices de competição, estes permitem quantificar o nível competitivo de uma árvore, denominada árvore-objeto, em relação às suas competidoras (DAVIS et al., 2005). Muitos índices de competição são desenvolvidos e aprimorados para quantificar o estado (status) competitivo de uma árvore em um povoamento (SPURR, 1962; CASTAGNERI et al., 2008). Alguns desses índices expressam o estresse imposto pela competição, outros representam a quantidade de recursos disponíveis para a árvore (EID e TUHUS, 2001). Esses índices são usados, principalmente, nos modelos em nível de árvore individual (CRESCENTE-CAMPO et al., 2009), embora possam também

ser utilizados em modelos em nível de povoamento/floresta (GONZÁLEZ et al., 2006) e em classes de tamanho (CAO, 1997).

Segundo Stage (1973) muitas funções de crescimento úteis na previsão da taxa de crescimento de árvores individuais incluem variáveis que descrevem o estado da competição da árvore-objeto em relação às árvores circundantes.

4.2.1 Característica do fragmento e das árvores

A área total amostrada foi de 3,1 ha (31 parcelas de 1.000 m²), onde foram amostradas 62 árvores de araucária, com DAP \geq 10 cm. O DAP médio encontrado para esses indivíduos foi de 47 cm (11,7 - 73,8 cm). A altura média foi de 20 m (7,5 - 26,5 m).

4.2.2 Avaliação dos índices de competição

Dentre os 13 índices testados, os que apresentaram melhor desempenho foram IID9 (independente da distância) e IDD13 (dependente da distância). Na Tabela 9 são apresentadas as equações selecionadas e as estatísticas S_{xy}% e R²_{ajustado}, utilizadas para a seleção das melhores equações.

Tabela 9 – Dados estatísticos da seleção de equações para os índices de competição

Índice	Autor	Equação	R ² _{aj}	r	S _{xy} %
IID1	Glover e Hool (1979)	$y = 0,0575x - 0,8158$	0,6276	0,792	-
IID2	Daniels et al. (1986)	$y = 0,0003x^{2,2997}$	0,7636	0,698	-
IID3	Daniels et al. (1986)	$y = 0,0147x + 0,7156$	0,4109	0,641	-
IID4	Daniels et al. (1986)	$y = 0,0979x - 1,6119$	0,5587	0,747	-
IID5	Lorimer (1983)	$y = -0,0251x + 4,367$	0,0546	-0,234	-
IID6	Corona e Ferrara (1989)	$y = -10,53\ln(x) + 43,979$	0,507	-0,626	-
IID7	Tomé e Burkhart (1989)	$y = 0,0225x - 0,0276$	0,5119	0,716	-
IID8	BAL (<i>Basal Area Larger</i>)	$y = -0,007x + 0,532$	0,2753	-0,525	-
IID9	Stage (1973)	$y = 0,0171x^{1,1499}$	0,7725	0,806	3,97
IID10	Hegyí (1974)	$y = -0,0145x + 1,6324$	0,1149	-0,339	-
IID11	Martin e Ek (1984)	$y = -0,0415x + 6,1188$	0,081	-0,285	-
IID12	Braathe (1980),	$y = -0,0073x + 1,3823$	0,0591	-0,243	-
IDD13	Moore et al. (1973)	$y = 0,0186x^{1,6484}$	0,6077	0,673	6,91

*r= correlação. Fonte: o autor.

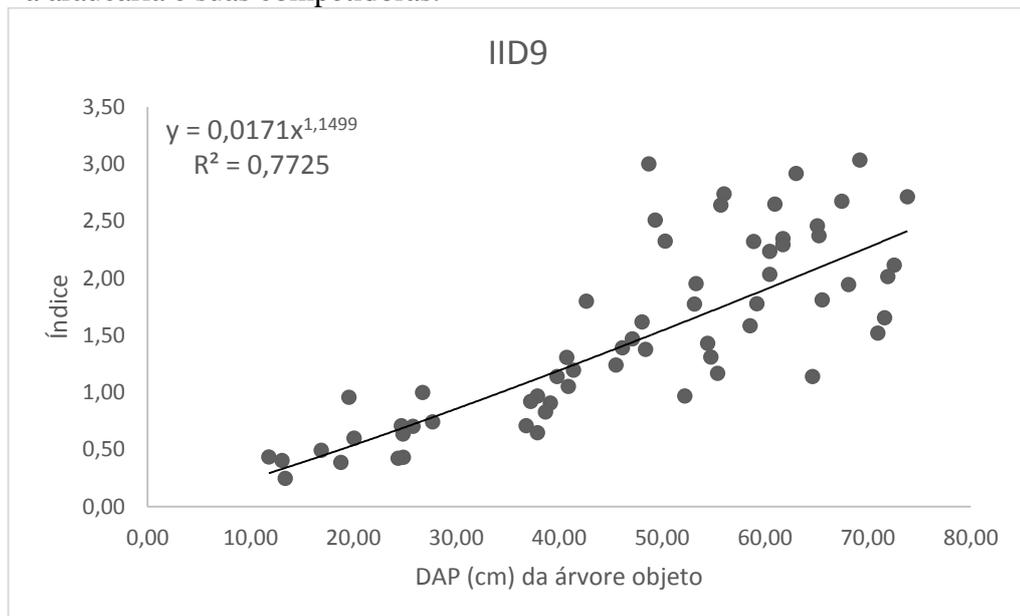
O IID9 é calculado a partir do DAP da árvore-objeto em relação ao diâmetro quadrático das competidoras, ou seja, é uma relação entre os DAPs dos indivíduos que estão competindo

com a araucária (Figura 13). O IDD13 expressa a competição exercida por árvores circundantes relacionando DAP e distância (Figura 14). O uso do DAP foi importante nesse caso, pois queremos definir quais os diâmetros estão com maior pressão de competição. Esse entendimento é decisivo para o quem vai realizar o manejo florestal.

O índice expressa a competição das árvores vizinhas (árvores que apresentam influência direta no espaço vital de cada árvore objeto), a medida que esse ambiente é comprometido pelo crescimento e ocupação do espaço por árvores concorrentes (vizinhas). Nesses casos, é dito pelos autores que quanto menor o valor do índice, maior a competição. Observe que a formula define os diâmetros das competidoras no denominador (Tabela 3). Portanto, quanto maior o diâmetro das competidoras, menor será o valor do índice (e maior a competição pois a relação é inversa). Se o valor do índice aumenta, a medida que a árvore objeto cresce, quer dizer que a medida que a árvore cresce, ela vence as barreiras da competição. Essa análise pode ser feita para os índices IID9 e IDD13 pois ambos respondem de forma inversa.

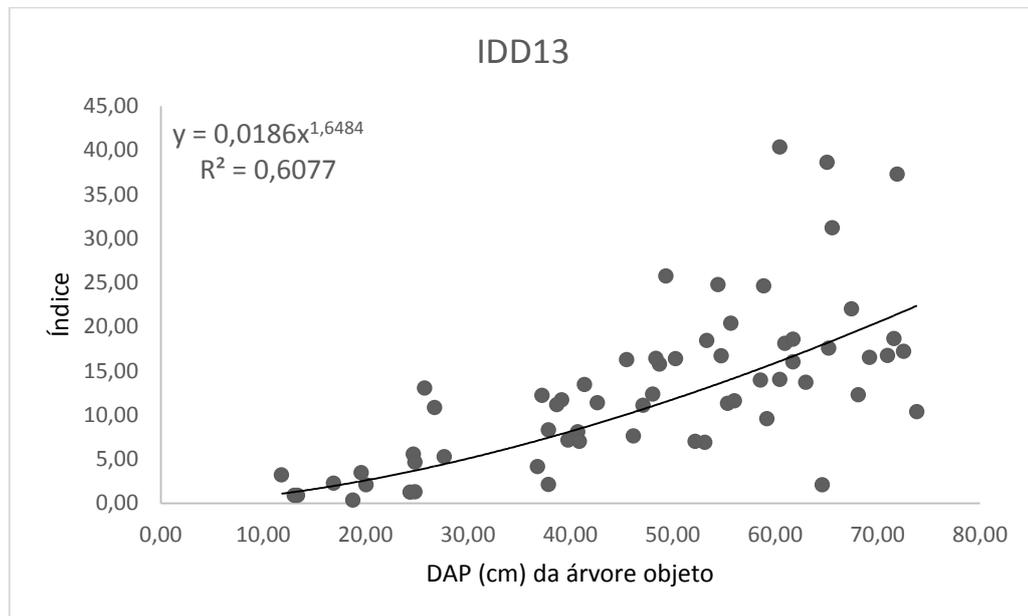
Curto (2015) estudando um plantio superestocado de araucária obteve resultados semelhantes, tanto para o índice independente da distância de Stage (1973) ($R^2_{aj}=0,90$; $Syx\% 13,59$) quanto para o índice dependente da distância de Moore et al. (1973) ($R^2_{aj}=0,81$; $Syx\% 19,07$). Essa diferença pode estar relacionada ao fato de que Curto (2015) obteve informações de um plantio de Araucária superestocado, enquanto que o presente trabalho estudou um fragmento florestal natural que foi manejado.

Figura 13 – Relação entre índice de Stage (1973)(IID9) e o DAP realizado para a araucária e suas competidoras.



Fonte: o autor.

Figura 14 – Relação entre índice de Moore et al. (1973) (IDD13) e o DAP realizado para a araucária e suas competidoras.



Fonte: o autor.

Algumas vantagens podem ser observadas no índice de Glover;Hool (1979), dependendo do caso, por ser independente do espaço e explicar boa parte da variação do crescimento, por esse motivo foi amplamente recomendando para determinar a competição de povoamentos homogêneos de mesma idade, tamanho e crescimento potencial. Contudo, o índice pode perder sua funcionalidade em povoamentos mistos de diferentes idades ou em florestas inequidêneas, onde comumente encontram-se indivíduos competidores de menor diâmetro (elevada relação h/dap) (CUNHA; FINGER, 2013). E no presente estudo este índice não teve bom desempenho.

Curto (2015) comenta que esta situação leva à discussão sobre definição de uma zona de influência ideal para um índice de competição para árvores individuais que consiga incluir todas as competidoras e fontes de competição por recursos. Porém, Biging;Dobbertin (1995) afirmam que essa definição é difícil, tendo em vista que a competição acima do solo concentra-se na área ocupada pelas copas, mas a competição radicular é difusa e praticamente imprevisível.

Curto (2015) realizando estudo com povoamento superestocado, verificou que a inclusão da variável área de copa, na maioria dos casos, não melhorou o desempenho dos modelos, à exceção do modelo de Taboada et al. (2003), que apresentou desempenho

semelhante ao do índice de competição independente da distância de melhor desempenho que foi o de Stage (1973).

Portanto, os índices de competição constituem-se em uma forma simples e de baixo custo para investigar os efeitos de interações competitivas no crescimento e mortalidade das árvores, porém, tem bases limitadas (TONINI, 2007).

Ricken (2014) realizando trabalho no município de Lages com a espécie araucária encontrou uma correlação negativa entre o aumento dos índices de competição e o Incremento Periódico Anual em diâmetro. Com isso a autora observou que quanto maior a competição entre os indivíduos, menor será o incremento da árvore. Cunha (2013) encontrou também correlação negativa para as espécies *Cedrela odorata*, *Amburana cearensis*, *Copaifera paupera* e *Swietenia macrophylla*, em estudos dos índices de competição com o incremento periódico em área basal.

Os efeitos da competição sobre o crescimento das árvores-objeto denotam que tratamentos silviculturais e manejo adequado são essenciais para o rendimento da floresta e, conseqüentemente, aumento dos componentes dendrométricos, favorecendo o crescimento sustentável da produção e recursos do ambiente (RICKEN, 2014).

Os resultados do presente estudo, mesmo sendo em transição entre FOM e FED, foram semelhantes, sendo observado que indivíduos de maior tamanho apresentavam maiores taxas de crescimento e, ao longo do tempo, menor competição.

Castro (2012) verificou estas afirmativas ao estudar o comportamento médio de crescimento (diâmetro e altura) e a probabilidade de mortalidade para todo o conjunto de árvores de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG.

Rossi et al. (2007) afirmaram que as árvores, de diferentes espécies morrem em razão da influência direta da sua capacidade de competir com outras em uma idade específica, independentemente do local em que elas estejam. Isso justifica o uso, na maioria das vezes, do índice de competição nos modelos de mortalidade para árvores individual (CRECENTE-CAMPO et al., 2009).

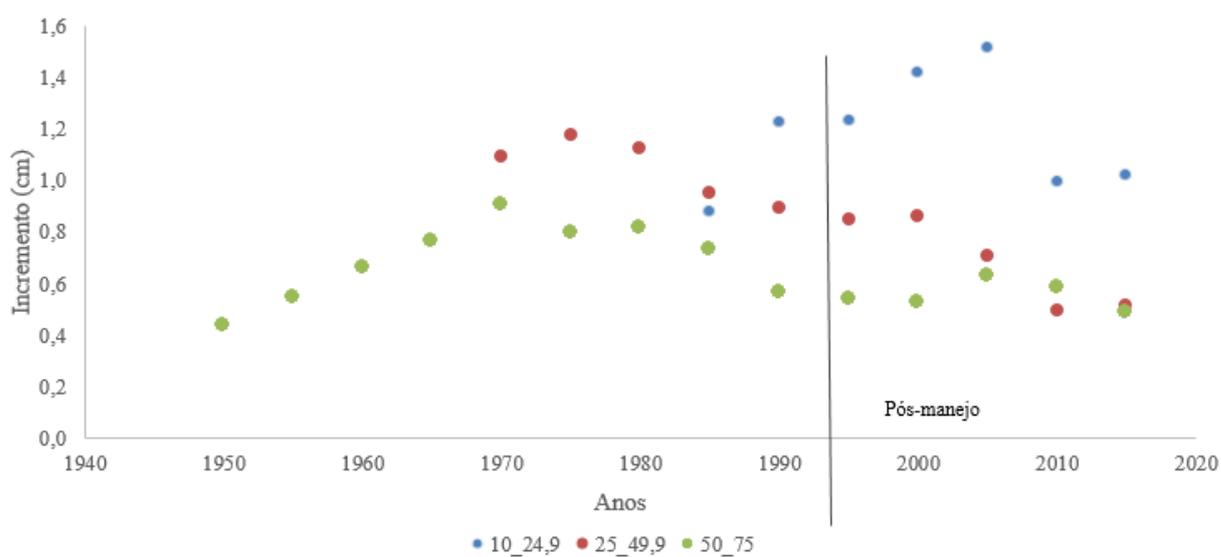
Ricken (2014) observou que quanto maior a distância entre os indivíduos, maior será a área de copa e, conseqüentemente, também maior o incremento periódico em diâmetro. Assim, menor distância resulta em maior competição, o que prejudica a formação da copa e, conseqüentemente, o incremento e o crescimento da floresta.

Esse resultado pode ser entendido quando se menciona Larson (1963) o qual defende que em povoamentos fechados as árvores dominadas vão sendo sombreadas e o aumento progressivo dessa competição provoca a redução no tamanho de sua copa, o que resulta em

declínio na produção de madeira, assim como em mudanças na distribuição do crescimento ao longo do fuste e na largura dos anéis de crescimento.

A tendência de comportamento dos indivíduos de araucária ao longo dos anos (IPA 5 anos), distribuídos em três classes diamétricas, está apresentado na figura 15. Há indicativo que os indivíduos mais jovens (1ª classe:10-24,9) apresentam incremento maior, em seguida a 2ª classe (25-49,9), e a 3ª classe apresentam os indivíduos com maior incremento nos últimos 20 anos. A partir de 2010 o incremento tende a diminuir nas 2ª e 3ª classes, indicando que poderia ser o momento de realizar de uma nova intervenção (novo desbaste).

Figura 15 – Incremento (IPA 5 anos) ao longo do tempo, distribuídos em três classes diamétricas de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

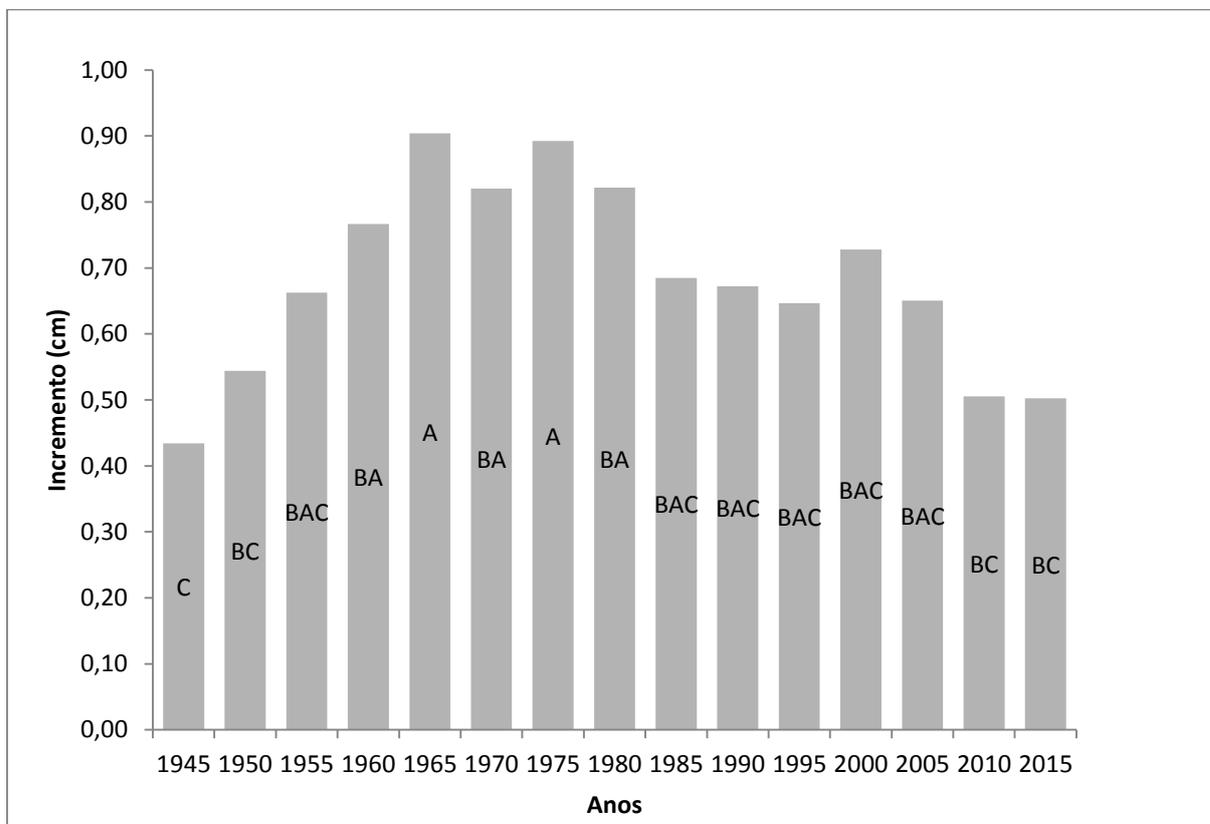


Fonte: o autor.

Na figura 15, é possível notar incremento crescente nos anos de 1950 a 1970 (classe 3), seguido de decréscimos, demonstrando um indicativo de intervenção nesse momento também no fragmento. Não há como saber qual a quantidade de madeira retirada na época, mas a há uma tendência de resposta de incremento crescente para os indivíduos 2ª classe.

Buscando verificar a diferença significativa no incremento entre os períodos, realizou-se o teste de comparação de médias, com 99% de confiabilidade e verificou-se que houve diferença entre IPA (5 anos), observando que o período de maior incremento foi o IPA em 1965 e 1975. Seguindo com novos picos em 1980, 200 e 2005, que não diferiram entre si (Figura 16).

Figura 16 – Incremento médio anual em relação a idade de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, no município de Erval Seco, RS



Fonte: o autor.

Ao iniciar a competição entre as árvores, devido ao fechamento das copas, inicia-se também a diferenciação de classes sociológicas, nas quais alguns indivíduos se sobressaem no dossel da floresta enquanto outros são dominados por seus vizinhos (DURLO,2001), tendo como resultado o decréscimo e ou estagnação do crescimento e consequente redução da largura de anéis (CURTO, 2015).

Estudos com outras espécies (ex: *Pinus*- Andrade et al. 2007) indicam que árvores dominadas apresentam maior crescimento na parte superior do fuste, enquanto que em árvores livres de concorrência o maior crescimento em área transversal é registrado na base da árvore (ASSMANN, 1970; ANDRADE et al., 2007). O tamanho das árvores vizinhas foi considerado por Hiley (1959) e Potvin;Dutilleul (2009) como um dos fatores mais importantes para limitação do crescimento de árvores em um mesmo povoamento.

A taxa de crescimento em diâmetro é determinada pelo espaço de crescimento de que a árvore dispõe, sendo que o espaço de cada árvore é limitado pelas árvores vizinhas. Curto (2015) notou em seu estudo com araucária que a árvore de maior classe de diâmetro recuperou

ao longo do seu ciclo de desenvolvimento um padrão de crescimento mais regular, por outro lado, a árvore da menor classe apresentou distorções evidentes de crescimento ao longo do fuste, indicando variações em função da pressão sofrida pela alta competição.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LEGISLAÇÃO E SUAS IMPLICAÇÕES EM RELAÇÃO A ARAUCARIA

Conforme Castella;Britez, (2004) dados do inventário realizado no Paraná demonstraram que os fragmentos florestais em estágio avançado de regeneração representam somente 0,8% da área original composta por FOM, fato que causou a sua inclusão na lista de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção.

O Decreto Estadual nº 52.109/2014 (RIO GRANDE DO SUL, 2014) trata das espécies da flora nativa do Rio Grande do Sul consideradas ameaçadas de extinção. De acordo com esse Decreto a araucária é classificada como vulnerável (*Vulnerable* - VU). Isto significa que a espécie está enfrentando um risco em futuro próximo, a menos que as circunstâncias melhorem. A vulnerabilidade, segundo o documento é causada, principalmente, pela perda ou destruição de habitat (IUCN, 2016)

Porém, Thomas (2013) reclassificou a espécie, ainda em 2006, como Criticamente em Perigo (*Critically Endangered* - CA), que considera que a espécie está em risco extremamente elevado de extinção na natureza. É o último passo antes de ser considerada extinta na natureza. A classificação como extinta ocorre apenas após extensas pesquisas que comprovem a extinção.

Antes disso, a espécie foi incluída na Lei Estadual nº 9.519 de 21 de janeiro de 1992, que em seu artigo 14, diz: “Visando à perpetuação da espécie, fica proibido o abate da *Araucaria angustifolia* em floresta nativa com diâmetro inferior a 40 (quarenta) centímetros à altura de 1,30 metros do solo” (RIO GRANDE DO SUL, 1992). Além disso, a Lei Estadual nº 9.519/1992, estabelece a proibição do corte de qualquer espécie que se apresente ameaçada de extinção, o artigo 35 diz: “ O órgão florestal competente deverá proibir ou limitar o corte das espécies vegetais consideradas em via de extinção, raras ou endêmicas, delimitando as áreas compreendidas no ato” (RIO GRANDE DO SUL, 1992).

A Lei Federal 12.651, de 2012 que trata da proteção da vegetação nativa prevê a possibilidade de comercialização de produtos madeireiros oriundos de florestas nativas por meio de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) (BRASIL, 2012). Esse manejo e exploração comercial de florestas nativas deve ser licenciado pelo órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). O governo federal concede a empresas

e comunidades autorização de manejar florestas públicas (SBF, 2017), e considera esta permissão de manejo como uma forma de gerenciar o patrimônio, combater a grilagem de terras e evitar a conversão do uso do solo para outros fins.

No entanto, a Lei Federal nº 11.428/2006 (Lei da Mata Atlântica) estabelece que o corte e exploração da vegetação do Bioma Mata Atlântica devem ser feitos de modo diferenciado entre sucessões primárias e secundárias (BRASIL, 2006). De fato, a Lei da Mata Atlântica estabelece um regime jurídico diferenciado que deve obrigatoriamente ser observado quando se pretende realizar intervenções neste bioma e é especialmente restritiva acerca de vegetação primária e secundária em estágio avançado de regeneração. A intervenção nessas fisionomias só é permitida em casos de utilidade pública e interesse social e, mesmo assim, somente após a realização de um estudo de impacto ambiental (BRASIL, 2006).

Todavia, este estudo versa sobre a possibilidade de corte seletivo de árvores em floresta nativas. A Lei Federal nº 12.651 de 2012 traz essa possibilidade via PMFS (BRASIL, 2012) mas, infelizmente, essa modalidade não encontra viabilidade legal no Bioma Mata Atlântica pois a Lei Federal nº 11.428 de 2006 não permite a comercialização das árvores cortadas em florestas nativas, autorizando o uso apenas na propriedade (BRASIL, 2006).

Além disso, existe a Resoluções do CONAMA nº 278/2001 (regulamentada pela Res. CONAMA 317/2002) e nº 300/2002 que suspendem as autorizações concedidas por ato próprio ou demais órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente, para espécies constantes na lista de espécies ameaçadas de extinção (CONAMA, 2001; CONAMA 2002), onde consta a araucária. Essas resoluções eliminam a possibilidade de autorização de corte, nem mesmo seletivo, de indivíduos dessa espécie em florestas nativas. Percebemos que existe todo um arcabouço legal, pretensamente protetivo, que cerceia o aproveitamento comercial desta espécie.

Essa análise da legislação vigente que incide sobre todo o Bioma Mata Atlântica e suas formações de sucessão primária ou secundária e, especialmente, sobre as espécies ameaçadas de extinção está causando um efeito inverso e indesejado para a espécie. Resultados do Inventário Florestal Estadual de Santa Catarina (IFSC) relatam que regeneração natural da araucária foi pequena e esparsa, em especial motivada pela roçada de sub-bosque e mesmo pelo corte intencional por parte dos proprietários, que percebem essa espécie como problema (VIBRANS et al., 2003).

Esta situação também foi encontrada no RS, como mostrou o trabalho de Rosa (2016) que analisou a dinâmica espacial e temporal dos fragmentos florestais das microrregiões de Frederico Westphalen e Três Passos, no noroeste do Rio Grande do Sul – que abrange nossa área de trabalho. O autor verificou que houve um aumento de 26,9% na cobertura florestal entre

1985 a 2014 com área total de cobertura florestal de 1.636,8 km² (1985) passando para 2.461,5 km² (2014) (ROSA, 2016). Temos grande responsabilidade sobre o futuro destas florestas, sobretudo sobre estes 824,7 km² (82.470 ha) de jovens florestas secundárias. Podemos atuar de forma positiva do ponto de vista ecológico/econômico e desenvolver o interesse dos produtores rurais para a preservação a partir da atribuição de valor para estas áreas.

Ninguém duvida das boas intenções dos legisladores, mas aonde eles querem chegar e a quem pretendem beneficiar com as leis vigentes? O verdadeiro espírito das leis atuais é protecionista, com ênfase na repressão. As potencialidades humanas e ecológicas do Rio Grande do Sul requerem que a lei considere os proprietários rurais como aliados de suas intenções protecionistas e não como infratores por vocação genética.

Uma legislação em acordo com os princípios da sustentabilidade não pode deixar de encontrar caminhos que harmonizem o uso e a proteção da natureza, mas de tal maneira que o próprio usuário seja o maior interessado em manter o processo de equilíbrio. Vida sustentada somente é possível, mediante o uso de recursos naturais renováveis, como as florestas. Como viver num regime sustentado restringindo quase que totalmente o uso das florestas?

Os resultados anteriores desse trabalho trouxeram indícios de que a conservação da espécie poderá acontecer a partir de seu uso, ou melhor, do incentivo ao manejo florestal sustentado. Quando se pensa em conservação da espécie, a simples proibição do corte pode não ser a solução, uma vez que se trata de uma espécie que responde positivamente às intervenções, com aumento do incremento e crescimento.

Os resultados desse estudo, de certa forma, colidem com a estratégia proibitiva da legislação pois demonstraram que práticas de manejo podem proporcionar melhorias nas condições de crescimento das árvores de araucária. De fato, a intervenção realizada em 1993 demonstrou tendência de melhores condições de incremento e crescimento para a espécie. Poderíamos pensar em direcionar essa técnica buscando a conservação desta espécie a partir de Planos de Manejo Florestal Sustentados que busquem a melhoria das condições dos fragmentos manejados como estratégia para tirar a araucária da lista de espécies ameaçadas?

5 CONCLUSÃO

- Entre os modelos testados para representar melhor os dados de araucária, a equação que apresentou melhor ajuste foi a de Johnson-Shumacher.
- Os elementos meteorológicos que apresentaram maior correlação com o incremento de *Araucaria angustifolia* foram temperatura mínima e nebulosidade. Demonstrando que esses elementos podem ser limitantes para o crescimento da espécie.
- Dentre os índices independentes da distância (IID) o de melhor desempenho foi o índice de Stage (1973) (IID9), e dentre os índices dependentes da distância (IDD) foi o de Moore et al. (1973) (IDD13).
- Os resultados deste estudo de certa forma vão de encontro com a restrição da legislação, pois demonstraram que práticas de manejo podem proporcionar melhorias nas condições de crescimento das árvores de araucária.
- A intervenção realizada na floresta promoveu tendência de maior incremento das árvores de Araucaria;
- Há indicativos de que a conservação da espécie pode ser promovida com o incentivo ao manejo florestal sustentado.

REFERÊNCIAS

ALEMDAG, I. S. National site-index and height-growth curves for white spruce growing in natural stands in Canada. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 21, n.10, p.1466-1474, 1991.

ALIG, R.J.; PARKS, P.J.; FARRAR Jr. R.M.; VASIEVIECH, J.M. **Regional timber yield and cost information for the South: Modelings techniques**. Washington: USDA, 1984. 28 p.

ALVARADO, J.R. **Dendrocronologia de árvores de mogno, *Swietenia macrophylla* King., Meliaceae, ocorrentes na floresta tropical Amazônica do Departamento de Madre de Dios, Peru**. 2009. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ALVES LOPES, J. do C. et al. Efeito da exploração florestal nas populações de mudas em uma floresta tropical úmida no município de Moju, PA. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G **A Silvicultura na Amazônia Oriental. Projeto Embrapa /DFID**. Belém:Embrapa/DFID, 2001.

ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento anual ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 239-246, 2007.

ASSMANN, E. **The principles of Forest Yield Study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Oxford: Pergamon Press. 1970. 506 p.

BAMBERG, R. **Análise da influência das variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e altura de quatro espécies florestais**. 2014. 56 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

BIGING, G. S.; DOBBERTIN, M. Evaluation of Competition Indices in Individual Tree Growth Models. **Forest Science**, v. 41, n. 2, p. 360-377, 1995.

BRASIL. Instrução normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 185, 24 set. 2008. Seção 1, p. 75-83.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **DOU**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm. Acesso em: 22 nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; **DOU**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm Acesso em: 22 nov. 2016.

BRAZ, E. M.; SCHNEIDER, P. R.; MATTOS, P. P. ; SELLE, G. L.; THAINES, F.; RIBAS, L. A.; VUADEN, E. Taxa de corte sustentável para manejo das florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 137-145, 2012.

BRAZ, E.M. **Subsídios para o planejamento do manejo de floresta tropicais da Amazônia.** Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 236p. 2010.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, v. 146, n.1, p. 1-12, 2005.

BROWN, C. L. Secondary growth. In: ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees: Structure and Function.** New York: Springer-Verlag, p. 67-123. 1974.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. K. **Forest management and economics a primer in quantitative methods.** New York: Macmillan Publishing Company 1987. p 89.

CANETTI, A.; RUY, C. C.; MATTOS, P.P. de. BRAZ, E. M. Dinâmica de crescimento de espécies de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira.**, Colombo, v. 34, n. 77, p. 31-37, 2014.

CAO, Q.V. A method to distribute mortality in diameter distribution models. **Forest Science**, v.43, p.435-442, 1997.

CARVALHO, J. O. P. de. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL, 1., 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável.** Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1997. p. 43-55. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 34).

CARVALHO, J.O.P. **Structure and dynamics of logged over Brazilian Amazonian rain forest.** 1992. 215 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – University of Oxford, Oxford, 1992.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira.** Colombo: EMBRAPA/CNPf, 1994.

CASTAGNERI, D.; VACCHIANO, G.; LINGUA, E.; MOTTA, R. Analysis of intraspecific competition in two subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands in Paneveggio (Trento, Italy). **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 651-659, 2008.

CASTELLA, P.R.; BRITZ, R.M.A (Orgs.). **Floresta com Araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 233p.

CASTRO, R V O. **Modeling individual tree for an Semideciduous Forest using neural network.** 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

CHATURVEDI, A. N.; KHANNA, L. S. **Forest mensuration.** Dehra Dun: International Book Distributors, 406 p. 1982.

CHERUBINI, P.; GARTNER, B. L.; TOGNETTI, R.; BRAKER, O. U.; SCHOCH, W.; INNES, J. L. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species from mediterranean climates. **Biological Reviews**, v. 78, p. 119-148, 2003.

CONAMA. Resolução do CONAMA nº 278, de 24 de maio de 2001. Dispõe sobre o corte e a exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica. **DOU**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27801.html> Acesso em: 23 nov. 2016.

CONAMA. Resolução do CONAMA nº 300, de 20 de março de 2002. Complementa os casos passíveis de autorização de corte previstos no art. 2º da Resolução nº 278, de 24 de maio de 2001. **DOU**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30002.html>. Acesso em: 23 nov. 2016.

CONTRERAS, M.A.; AFFLECK, D., CHUNG, W. Evaluating tree competition indices as predictors of basal area increment in western Montana forests. **Forest Ecology and Management**, v.262, p.1939-1949, 2011.

COSTA, D.H.M.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Crescimento de árvores em uma área de terra firme na floresta nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias**, n.50, p.63-76, 2008.

CRECENTE-CAMPO, F.; MARSHALL, P.; RODRIGUEZ-SOALLEIRO, R. Modeling non catastrophic individual tree mortality for *Pinus radiata* plantations in Northwestern Spain. **Forest Ecology and Management**, v.257, p.1542-1550, 2009.

CRECENTE-CAMPO, F.; MARSHALL, P.; SOALLEIRO, R. R. Modeling non-catastrophic individual tree mortality for *Pinus radiata* plantations in northwestern Spain. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 257, n. 4, p. 1542-1550, 2009.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. da C.; KOESTER, E.; OLIVEIRA, L. D. de ; ALBA, J. M. F. TERRES, V. C.; LOPES, R. T. Estudo de Solos do Município de Eral Seco, RS. Embrapa. **Comunicado Técnico**. V 111, p 1-32, 2011.

CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G. Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônia ocidental. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 1, p. 9-18, 2013.

CUNHA, T.A. **Crescimento de espécies florestais madeiráveis como subsídio para o manejo florestal na Amazônia Ocidental**. 2013. p. 107 Tese de doutorado - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

CUNHA, T.A. **Modelagem do incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Floresta Amazônica**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CURT, T.; BOUCHAUD, M.; AGRECH, G. Predicting site index of Douglas-Fir plantations from ecological variables in the Central area of France. **Forest Ecology and Management**, v. 149, p.61-74, 2001.

CURTO, R. de A. **Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze** . 2015. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

DALLA LANA, M. **Dinâmica e prognose do crescimento em um fragmento de floresta ombrófila mista no sul do Paraná**. 2013. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.

DANIELS, R. F.; BURKHART, H. E.; CLASON, T. R. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. **Canadian Journal Forest Research**, Vancouver, v. 16, p. 1230-1237, 1986.

DANNER, M.A.; ZANETTE, F.; RIBEIRO, J.Z. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.72, p.441-451, 2012.

DAVIS, L.S.; JONHSON, K.N.; BETTINGER, P.; HOWARD, T.E. **Forest management: to sustain ecological, economic, and social values**. 4th ed. Illinois: Waveland, 2005. 804p.

DAVISON, A. C.; HINKLEY, D. V. **Bootstrap methods and their application. Cambridge series in statistical and probabilistic mathematics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 582 p.

DELLAFLORE, J.B. **Modelos de crescimento para árvores singulares de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. e *Ocotea puberula* Ness**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DONI FILHO, L.; AMARAL, L.; CERVI, P.H. Métodos para testar o poder germinativo das sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktzer. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília-DF, v.7, n.2, p.113-123, 1985.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2nd ed. J. Wiley, New York. 1980.
DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149. 2001.

DURLO, M. A.; SUTILI, F. J.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrella fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89. 2004.

EID, T.; TUHUS, E. Models for individual tree mortality in Norway. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 154, n. 1, p. 69-84, 2001.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações Técnicas Florestais; v.7, n.1).

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K.A.; MARIAUX, A. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F.H.; BERLYN, G. (Ed.). **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale University, (Bulletin, 94). 1981.

FELDE, J. L. Métodos de ajuste da função Weibull e seu desempenho na prognose do crescimento e produção de *Eucalyptus dunnii*. 2010. 77f. **Dissertação** (Mestrado em Manejo Florestal). Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati. 2010.

FOLI, E.G. **Crown dimensions and diameter growth of some tropical mixedforest tree s in Ghana.** 1993. 185 f. Thesis - University of Aberdeen, 1993.

FRITTS, H. **Tree rings and climate.** New York. **Academic Press.** Londres, 567 f. 1976.

FUPEF - Fundação de pesquisas florestais do Paraná. Diagnóstico dos Remanescentes Florestais. **In: Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, Subprojeto Conservação do Bioma Floresta com Araucária.** Relatório Final, Vol. I, 2001. 121p.

GLOVER, G. R.; HOOL, J. N. A basal area ratio predictor of loblolly pine plantation mortality. **Forest Science**, v. 25, n. 2, p. 275-282, 1979.

GONZÁLEZ, M. S.; RÍO, M. del; CAÑELLAS, I.; MONTERO, G. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 225, p. 262-270, 2006.

GRAHAM, E.A.; MULKEY, S.S.; KITAJIMA, K.; PHILLIPS, N.G.; WRIGHT, S.J. 2003. Cloud cover limits net CO₂ uptake and growth of a rainforest tree during tropical rainy seasons. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States Of America.** 100: p. 572-576.

HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation.** London: Faber and Faber, 1959. 123 p.

HOLMES, M.J.; REED, D.D. Competition indices for mixed species northernhardwo ods. **Forest Science**, v.37, n.5, p.1338-1349, 1991.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.de; CUNHA, U. S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas.** Curitiba: Ed. da UFPR, 1998.

HOWARD, A. F. A linear programming model for predicting the sustainable yield of timber from a community forest on the Osa Peninsula of Costa Rica. **Forest Ecology and Management.** Amsterdam, v. 61, n. 1-2, p. 29-43, 1993.

HUETE, A.R.; DIDAN, K.; SHIMABUKURO, Y.; RATANA, P.; SALESKA, S.R.; HUTYRA, L.R.; YANG, W.; NEMANI, R.R.; MYNENI, R. Amazong rainforests green-up with sunlight in dry season. **Geophysical Researc letters** v.33, L06405, 2006.

HUGHES, M. K. Dendrochronology in climatology: the state of the art. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 95-116, 2002.

HUSCH, B.; MILLER, I. C.; BEERS, T. W. **Forest mensuration.** New York: John Wiley, 402 p. 1982.

HYNENEN, J. **Modelling tree growth for managed stands.** The Finnish ForestResearch Institute, Research Papers 576, 1995, 59 p.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Série: Manuais técnicos em geociências n.1. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2 ed., 2012.

IUCN. 2017. IUCN Red List of Threatened Species (2013). Available at: <http://www.iucnredlist.org>. Accessed: 01 February 2017.

KLEIN, R. M. Aspectos fitofisionômicos da floresta estacional da fralda da Serra Geral (RS). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 34, 1983, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, v. 1, p. 73-110, 1983.

KLEIN, R. M. Síntese ecológica da floresta estacional da bacia do Rio Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, 1984, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata, v. 2, p. 265-278, 1984.

KOZLOWSKI T. T. & PALLARDY S. G. Growth Control in Woody Plants. **Academic Press**, San Diego. 1997.

LARA, A.; ARAVENA, J. C.; VILLALBA, R. WOLODARSKY, A.; LUCKMAN, B.; WILSON, R. Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forest at their northern distribution limit in the central Andes of Chile. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p.925-936, 2001.

LARSON P. R. The Vascular Cambium: Development and Structure. Springer- Verlag, **Berlin**. 1994.

LARSON, P. R. Evaluating the environment for studies of the inheritance of wood properties. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST AND TREE IMPROVEMENT, 1., 1963, Stockholm. **Proceedings**. Rome: FAO, 1963. p. 1-6.

LAUW, A. M. R. F. **Estudo de anéis anuais de crescimento de árvores como indicadores climáticos em Portugal**. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais) – Universidade técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1994.

LEUSCHNER, W. A. **Introduction to forest resource management**. Florida, Krieger Publishing Company, 1992. 298 p.

LISI, C. S. **Estudo dendrocronológico e da biomassa do carbono em anéis de crescimento do tronco de árvores da mata atlântica**. RELATÓRIO 2007/2008 das atividades com finalidade científica. IBAMA. 2009.

LOBÃO, M. S. ; ORTEGA, G. P. ; AMARAL, E. ; AMORIM, P. ; AMARO, M. A. ; ROIG, F. A. ; TOMAZELLO FILHO, M. . Análise de similaridade das árvores de *Cedrela* sp. sob diferentes condições de crescimento no leste do estado do Acre, Brasil. **Scientia Forestalis** , v. 44, p. 231, 2016.

LONGHI, S. J.; BRENA,D.A.; GOMES, J.F.; NARVAES, I.S.da; BERGER, G., SOLIGO, A. J. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta

Ombrófila Mista na Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1-2, p. 113-125. 2006.

LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; RIBEIRO, S. B.; GRACIOLI, C. R.; LONGHI, R. V.; MASTELLA, T. Fatores ecológicos determinantes na ocorrência de *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, na floresta ombrófila mista da Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 57-63, 2010.

LONGHI, S.J. **Agrupamento e análise fitossociológica em comunidades florestais na subbacia hidrográfica do Rio Passo Fundo - RS**. 1997.198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 1997.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. v. 1. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, 1992.

MACHADO, S. A.; SIQUEIRA, J. D. P. Distribuição natural da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: Encontro da IUFRO (International Union for Forestry Research Organization), 1979, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Anais do encontro da IUFRO (International Union for Forestry Research Organization) 1980. p. 4-9.

MAGNUSSEN, S. A method to adjust simultaneously for spatial microsite and competition effects. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 24, p. 985-995, 1994.

MAROCHI, C. I. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* – Meliaceae) aplicados à avaliação de taxa de crescimento e dendroclimatologia**. Curitiba, 2007. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2007.

MARTIN, G.J. **Ethnobotany: a methods manual**. Conservation series. Unite Kingdom: Earthscan, 2004. 268p.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G.F.; JADOSKI, S. O. Influência do clima no crescimento diamétrico de *Araucária angustifolia*: revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.8, n.2, p.104-111, 2015.

MARTINS, F.B.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; SOUZA, A.L.; CASTRO, R.V.O. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1089-1098, 2011.

MATTOS, P. P. de.; SANTOS, A. T. dos.; OLIVEIRA, Y. M. M. de.; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do Município de Cândói, PR. Notas Científicas. **Pesquisa Florestal brasileira**, Colombo, v. 29; n.54, p 153-156, 2007.

MATTOS, P.P. de.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F. ; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; Garrastazu, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.

MATTOS, P.P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. de SÁ. B. ; GASSON, P.; PAREYN, F.G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E. de L. Climate-tree

growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**. v. 21, p. 141-149, 2015.

MINATTI, M. **Dendrocronologia aplicada na geração de modelos de crescimento biométricos e ambientais para *Araucaria angustifolia* na fitorregião do Planalto Serrano, SC. 2015.** 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade do Estado de Santa Catarina., Lages, SC, 2015.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Tradução Interamericana, 1985. 434p.

OHEIMB, G.V.; LANG, A.C.; BRUELHEIDE, H.; FORRESTER, D.I.; WÄSCHE,I.; YU, M.; HÄRDITTE, W. Individualtree radial growth in a subtropical broadleaved forest: The role of local neighbourhood competition. **Forest Ecology and Management**, v.261, p. 499-507, 2011.

OLIVEIRA, B. R. U.; LATORRACA, J. V. de F.; FILHO, M. A.; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. de. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na região de Rio Claro, RJ. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 499-508, 2011.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze:** bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 2007. 139 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do SUL, Porto Alegre.

OLIVEIRA, M. F. de. **Crítérios para o manejo sustentável de duas espécies madeireiras das florestas tropicais do Mato Grosso.**2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

OLIVEIRA, M. V. N. d'; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 177-182, mar. 2006.

OSMATON, F.C. **The management of forest London: George Allen and Unwin.** 1968. 384p.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; KLAUBERG, C.; REIS, M. S. Estrutura demográfica e padrão espacial de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae), na Reserva Genética Florestal de Caçador, estado de Santa Catarina. **Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1109-1121, 2009.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p.1107-1119, 2011.

PELTONIEMI, M.; MÄKIPÄÄ, R. Quantifying distance independent tree competition for predicting Norway spruce mortality in unmanaged forests. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.30–42, 2011.

PIUTTI, E.; CESCATTI, A. A quantitative analysis of the introductions between climatic response and intraspecific competition in European beach. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 27, p. 277-284. 1997.

- PMFS. **Plano de manejo florestal em regime sustentado**. Erval Seco, RS, 1993.
- POTVIN, C.; DUTILLEUL, P. Neighborhood effects and size-asymmetric competition in a tree plantation varying in diversity. **Ecological Society of America**, v. 90, n. 2, p. 321-327, 2009.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura florestal**. IICA/BMZ/GTZ. 1997, 561 p.
- PUTZ, F. E. **Considerations of ecological foundation of natural Forest management in the American Tropics**. Durham: Center for Tropical Conservation, Duke University, 1993.
- RADTKE, P.J., WESTFALL, J.A., BURKHART, H.E. Conditioning a distancedependent competition index to indicate the onset of inter tree competition. **Forest Ecology and Management**, v.175, p.17-30, 2003.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**. Itajaí: SUDESUL: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 1978. 320 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M. **Araucariáceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966.
- RICKEN, Pollyni. **Incremento, espaço horizontal e competição em povoamento natural de *Araucaria angustifolia* no planalto catarinense**. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa, Lages, 2014.
- RINN, F. **TSAP, version 3.0, reference manual**: computer program for tree ring analysis and presentation. Heidelberg: Dipl.- Phys., 1996. 263 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Disponível em: <www.ufsm.br/ifcers>. Acesso em: 16 jun. 2015.
- RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 52.109, de 1º de dezembro de 2014. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **DOU**. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=61669&hTexto=&Hid_IDNorma=61669> Acesso em: 22 nov. 2016.
- RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 9.519, de 21 de janeiro de 1992. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.**DOU**. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/09.519.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- ROSA, P. A. da. **Dinâmica espaço-temporal de fragmentos florestais em duas microrregiões do noroeste do rio grande do Sul**. 2016. 129. Dissertação (Mestre em Geografia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: Tendências e tipologias. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Os climas do Sul: Em tempos de mudanças climáticas globais**. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. p. 217-271.

ROSSI, L.M.B.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. Modelagem da mortalidade em florestas naturais. **Revista Floresta**, v.37, p.275-291, 2007.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. **Perspectiva de Recuperação e manejo sustentável das Florestas de Araucária**. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2006. 264 p.

SANTAROSA, E.; OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Crescimento sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências Anatómicas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl. 1, p 618-620, jul. 2007.

SANTOS, A. T. ; MATTOS, P. P. ; BRAZ, E. M. ; ROSOT, N. C. . Determinação da época de desbaste pela análise dendrocronológica e morfométrica de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso em povoamento não manejado. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 699-709, 2015.

SARAIVA, C. L.M. **Desenvolvimento de um método de manejo de mata natural mista, pela utilização da distribuição de diâmetro**. 1988. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

SCHNEIDER, P.R.; BRENA, D. A.; FINGER, C. A. G. NACIMENTO, R. L. do. Enfoque do regime sustentado no manejo de floresta inequiana de *Araucaria angustifolia*. 1988. 6º Congresso Florestal Estadual. Nova Prata. **Anais**. V.2. p 793-825.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo Sustentado de Florestas Inequiânes Heterogêneas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Departamento de Ciências Florestais. 2000.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. 2ª ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SCHUUR, E.A.G. Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. **Ecology**. v. 84, p. 1165-1170, 2003.

SCHWEINGRUBER F. H. Tree Rings and Environment: **Dendroecology**. Hall Haupt Publishers, Berne and Stuttgart. 1996.

SCOLFORO, J. R. S.; RIOS, M. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; MAESTRI, R. Acuracidade de equações de afilamento para representar o perfil de *Pinus elliottii*. **Cerne**, Lavras. v. 4, n. 1, p. 100-122, 1998.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Dendrochronology of *Araucaria angustifolia* in southern Brasil: Preliminary results. **Revista Floresta**, Curitiba, v.18, n.12, p.55-61, 1988.

SOUZA, L. H. S. **Incremento Volumétrico de *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez em Floresta Ombrófila Mista**. Santa Maria, 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – UFSM, RS.2005

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

SPURR, S. H. A measure of point density. **Forest Science**, Washington, v.8, n. 1, p.85-96, 1962.

STAGE, A. R. **Prognosis model for stand development**. USDA Forest Service: Research Paper INT-137. June, 1973.

STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em arvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. 186 f. Tese (Doutor em Engenharia Florestal)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TABOADA, A.M. F.; ANTA, M. B.; VARELA, J.G.; ÁLVAREZ GONZÁLEZ, J. G. Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en *Pinus radiata* D. Don. **Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.**, v. 12, n. 2, p. 25-35, 2003.

TONINI, H. **Índice de competição e o seu uso na modelagem do crescimento das árvores**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. 30 p. (Documentos / Embrapa Roraima; 8).

THOMAS, P. 2013. *Araucaria angustifolia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T32975A2829141. Available [em:http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32975A2829141.en](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32975A2829141.en). Accessed: 01 February 2017.

VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests** Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

VENDRUSCOLO, R. Dinâmica fitossociológica e de crescimento de um fragmento florestal manejado em 1993, no noroeste do RS. 2015. 77 f. Dissertação (mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A.L. de; MÜLLER, J. J. V.; REIS, M. S. dos. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: resultados resumidos**. Blumenau. 2013. 37p.

WEBER, P.; BUGMANN, H.; FONTI, P.; RIGLING, A. Using a retrospective dynamic competition index to reconstruct forest succession. **Forest Ecology and Management**, v.254, p.96-106, 2008.

WHITMORE, T. C. **Secondary succession from seed in Tropical Rain Forests**. Forestry Abstracts, 1983. v.44, n.12, p.767-779.

WIMBERLY, M. C.; BARE, B. B. Distance-dependent and distance-independent models of Douglas-fir and western hemlock basal area growth following silvicultural treatment. **Forest Ecology and Management**, v. 89, p. 1-11, 1996.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

ZHANGREN, L. Harvesting system optimiser: an integrated window-based system for selection of timber harvesting system. In: Forests and Society: the role of research. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 21., 2000. Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur, 2000.

ANEXOS

Tabela 4 – Idade e incremento médio anual das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze

Indivíduos	Idade(anos)	Diâmetro do disco (cm)	Incremento (cm)		
			Mínimo	IMA*	Máximo
1	44	10,00	0,10	0,31	0,79
2	48	13,31	0,10	0,42	0,88
3	64	13,39	0,16	0,35	1,05
4	47	15,15	0,20	0,49	0,83
5	34	17,15	0,33	0,71	1,21
6	69	19,62	0,15	0,45	1,59
7	55	19,70	0,14	0,52	2,34
8	45	19,87	0,18	0,60	1,03
9	53	20,63	0,19	0,54	1,04
10	54	20,73	0,15	0,55	1,25
11	98	20,81	0,07	0,37	1,01
12	46	21,18	0,13	0,62	1,29
13	69	24,52	0,10	0,52	1,32
14	56	24,69	0,09	0,62	1,44
15	76	25,27	0,16	0,51	1,01
16	53	25,64	0,07	0,64	2,06
17	47	27,82	0,13	0,73	1,90
18	105	28,61	0,18	0,44	0,82
19	51	30,09	0,20	0,77	2,57
20	71	30,50	0,12	0,59	1,63
21	129	31,44	0,12	0,42	0,94
22	94	31,89	0,09	0,57	1,17
23	71	32,24	0,24	0,62	1,17
24	104	33,59	0,19	0,51	0,92
25	64	34,24	0,15	0,68	1,64
26	46	34,92	0,24	0,85	1,49
27	51	35,08	0,09	0,82	1,66
28	153	35,30	0,10	0,36	0,89
29	59	35,38	0,15	0,77	1,71
30	24	35,77	0,82	1,28	2,02
31	65	36,12	0,20	0,71	1,69
32	66	36,36	0,11	0,71	1,77
33	43	36,37	0,32	0,91	2,33
34	75	36,96	0,20	0,65	1,17
35	29	37,06	0,38	1,16	1,98
36	24	37,12	0,61	1,24	1,94
37	63	37,13	0,29	0,74	2,18
38	33	37,22	0,13	1,09	2,37
39	55	37,23	0,36	0,81	1,64
40	43	37,27	0,25	0,91	1,49
41	43	37,72	0,24	0,94	2,65
42	42	38,55	0,36	0,94	2,14
43	47	38,61	0,24	0,84	1,66
44	89	39,80	0,31	0,61	1,18
45	41	41,08	0,30	1,03	1,82
46	142	41,99	0,14	0,48	1,18
47	58	42,37	0,23	0,83	1,94
48	67	42,48	0,24	0,79	2,01
49	44	42,88	0,25	1,02	2,16
50	72	42,96	1,40	0,74	1,40
51	54	43,37	0,30	0,89	1,75

52	61	43,62	0,13	0,82	2,89
53	95	43,95	0,15	0,64	1,38
54	53	44,44	0,32	0,91	2,57
55	69	46,87	0,25	0,79	1,57
56	108	47,36	0,13	0,61	1,92
57	69	47,74	0,15	0,81	1,43
58	111	47,76	0,15	0,60	1,89
59	44	49,98	0,35	1,06	2,18
60	66	50,60	0,21	0,82	1,98
61	77	55,48	0,24	0,87	2,11
62	62	56,67	0,28	0,96	2,51
Média	64,35	34,25	0,23	0,72	1,64
DP	26,60	10,72	0,20	0,22	0,53
Erro Padrão	3,38	1,36	0,02	0,03	0,07

* IMA= incremento médio anual. Fonte: o autor.