

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA FLORESTAL**

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia*  
REGENERADA SOB *Pinus elliottii* E  
EM POVOAMENTO HOMOGÊNEO  
INTERPLANTADO COM *Pinus* spp**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Artur José Soligo**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* REGENERADA  
SOB *Pinus elliottii* E EM POVOAMENTO HOMOGÊNICO  
INTERPLANTADO COM *Pinus* spp.**

**por**

**Artur José Soligo**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal.**

**Orientador : Prof. Dr. César Augusto Guimarães Finger**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo-assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* REGENERADA SOB  
*Pinus elliottii* E EM POVOAMENTOS HOMOGÊNEOS  
INTERPLANTADOS COM *Pinus* spp.**

elaborada por  
**Artur José Soligo**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia Florestal.**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**César Augusto Guimarães Finger, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

---

**Franz Henrich Andrae, Dr., Dr. h.c.** (BOKU-Austria)

---

**Solon Jonas Longhi, Dr.** (UFSM)

Santa Maria, 30 de outubro de 2009

## Dedicatória

Dedico à Ester, Diogo, Daniele e Luna,  
a meu pai Adelvindo  
e à minha mãe Hilda Maria (in memoriam).

## AGRADECIMENTOS

A minha família pelo estímulo e suporte. Aos meus filhos Diogo e Daniele, por me permitirem testemunhar, utilizando os exemplos das obras naturais. À minha esposa Ester Lídia, mostrando-me a beleza e os encantos que a natureza esconde.

Ao meu avô Guilherme Bierende (in memoriam), que sabiamente plantou o gosto para entender a simplicidade dos elementos naturais.

Ao IBAMA, pelos anos de trabalho e por conceder a licença.

À UFSM, fonte de saber, oportunizando avançar e renovar o conhecimento teórico-prático do manejo florestal.

À comissão de orientação, Professores Paulo Renato Schneider, Frederico Dimas Fleig e, em especial, ao meu orientador, Professor César Augusto Guimarães Finger, pela paciência, dedicação e amizade.

Aos Professores Solon Jonas Longhi, Miguel Antão Durlo, e aos colegas Elisabete Vuaden, Cláudio Thomas, Carlos Alberto Martinelli de Souza, Charlotte Wink, Josita Soares Monteiro, Marta Silvana Volpato Scotti, Diego Martins Stangerlin, Marcos Theodoro Muller e Rafael Rodolfo de Melo, pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas de profissão, Thiago Augusto Cunha e Eduardo Righi dos Reis, pelo auxílio na coleta dos dados, apoio, incentivo e amizade.

À Professora Nara Blanco Medeiros Marques, pela colaboração na revisão deste trabalho

Aos colegas e servidores da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Edenice Brandão Ávila de Souza, José Rodrigues de Souza, Marco Aurélio de Oliveira, Peter Crawshaw e Arcelino Pereira de Moraes, pela disposição e solicitude.

Aos servidores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFSM em especial à Cerlene Machado (Tita), pela compreensão.

A Deus criador do universo.

## EPÍGRAFE

“A natureza é pródiga repõe à noite o que o homem consome durante o dia”.

**Ditado de Otto e seu filho Guilherme Bierende, 1929.**

“A lógica simplesmente não serve para determinar as relações entre os seres,  
pois a forma biológica é constituída de relações e não de partes”.

**Fritjof Capra, 1988.**

“ Ao implantarmos um povoamento de *Pinus* em ambiente campestre impactado pelo pisoteio e fogo, estabeleceu-se uma nova relação de ambiente (solo, planta e animais) e ao longo do ciclo desta espécie adaptada, formaram-se novas relações com elementos naturais antigos, dentre eles o mais comum e singular, a *Araucaria angustifolia*.”

**Artur José Soligo, 2009.**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* REGENERADA SOB *Pinus elliottii* E EM POVOAMENTO HOMOGÊNEO INTERPLANTADO COM *Pinus* spp.**

AUTOR: ARTUR JOSÉ SOLIGO

ORIENTADOR: DR. CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 30 de outubro de 2009.

Este estudo tem como objetivos de descrever e modelar o crescimento em altura da regeneração natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, estabelecida como sub-bosque de povoamento de *Pinus elliottii* Engelm., e modelar o crescimento em diâmetro e altura de araucárias oriundas de reflorestamento, e que, após liberadas, tiveram a concorrência de árvores de pinus, plantadas na entrelinha. O trabalho foi realizado na FLONA de São Francisco de Paula, Município de São Francisco de Paula - RS, coordenadas 29°24' de latitude sul e 50° 24' longitude oeste cujo clima é classificado como Cfb1. A obtenção dos dados de altura e diâmetro, ao longo do tempo, foi por análise completa de tronco em 18 araucárias regeneradas sob bosque de pinus, e em 6 oriundas de reflorestamento. Nestas áreas foram levantados dados de morfologia das árvores amostras e de suas concorrentes para fins de calcular os índices de concorrência. Na área experimental um, a regeneração natural de araucária foi separada em três classes de altura: Classe 1, (até 1,80m), Classe 2 (1,80m a 3,20m) e Classe 3 (acima de 3,20m), essas em árvores com e sem competição por interplântio de pinus. A equação que melhor descreveu o crescimento da altura em função da idade para a Classe de altura 1 com e sem concorrência e para a Classe 2 com concorrência foi a Quadrática sem intercepto  $h = b_1 t^2$ ; para a Classe 2 sem concorrência o modelo matemático de Prodan,  $h = t^2 / b_0 + b_1 t + b_2 t^2$  e para a Classe de altura 3 com e sem concorrência do plantio intercalar de *Pinus elliottii*, o modelo parabólico  $h = b_1 t + b_2 t^2$ . A comparação entre a regeneração natural, com e sem concorrência, dentro das classes e entre os indivíduos, foi feita pela ANACOVA, utilizando-se a equação Quadrática ( $h = b_1 t^2$ ), que também apresentou bom ajuste em todas as classes avaliadas. O crescimento em altura apresentou-se significativamente maior para

plantas que nasceram livres, independente da idade considerada. Tratando-se de araucárias jovens classe de altura 1 ou de araucárias mais velhas (alturas >1,80m), o fator que determinou a paralisação ou retomada do crescimento em altura foi o efeito da competição exercida pelo povoamento adulto do pinus. A retomada do crescimento em altura ocorreu depois do corte raso do pinus e consequente liberação da regeneração da araucária à luz. Sem esta condição, a regeneração natural de araucária, permanece como banco de plântulas, à semelhança do que ocorre numa floresta nativa, fator marcante às árvores (238 e 1312), que permaneceram como banco de plântulas até nove anos de idade, atingindo alturas de dois metros. O recrutamento aconteceu sempre próximo aos anos que ocorreram aberturas no dossel do povoamento de pinus. O estudo da morfometria mostrou que o diâmetro e a altura apresentaram correlação forte e positiva com a área e o comprimento de copa; a altura indicou correlação com a idade e a variável diâmetro. No estudo do crescimento das araucárias na área experimental dois, caracterizada pela manutenção das árvores dominadas após a realização de corte das araucárias dominantes, foram selecionadas seis árvores, duas em cada posição do terreno (posição inferior, média e superior), levando-se em consideração a existência de índices semelhantes de concorrência exercida pelo pinus interplantado. Com os pares de dados da ANATRO, foram feitos estudos do crescimento da altura e do diâmetro em função da idade, definindo-se o modelo de Gram para descrever o crescimento da altura em função da idade e o modelo de Backmann para o diâmetro. A análise do incremento periódico em altura das araucárias dominadas mostrou incrementos ascendentes até o 15<sup>o</sup> ano. Após, os incrementos foram muito reduzidos por um período de 20 anos, motivado pela concorrência e fechamento do dossel das árvores dominantes. Com a liberação das araucárias dominadas ocorreu a retomada do crescimento em altura, de forma significativa, somente nos últimos quatro anos, quando o incremento percentual em altura passou de 0,5% para 1,9%. O incremento corrente anual médio em diâmetro apresentou a mesma tendência da altura, mas com retomada imediata após a liberação, passando de 0,11cm para 0,23cm sem casca. As árvores amostras apresentavam elevada relação h/d da ordem de 87 e uma reduzida altura de copa =1,70m.

Palavras-chave: regeneração, concorrência, crescimento, interplântio, modelar, consórcio.



## ABSTRACT

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **GROWTH OF *Araucaria angustifolia* REGENERATED UNDER *Pinus elliottii* AND IN HOMOGENEOUS SETTLEMENT WITH *Pinus* spp. INTER-PLANTING.**

AUTHOR: ARTUR JOSÉ SOLIGO

ADVISER: DR. CÉSAR AUGUSTO GUIMARÃES FINGER

Place and Date of Defense: Santa Maria October 30, 2009.

This study has objectives of to describe and to model the height growth of a natural regeneration of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, established as sub-forest of settlement of *Pinus elliottii* Engelm., and to model the growth in diameter and height of araucarias originating from of reforestation, and that, after having been liberated, they had the competition of trees of pinus, planted in the he enter lines. The work was accomplished in FLONA de São Francisco de Paula, municipal district of São Francisco de Paula - RS, coordinates 29°24 ' of south latitude and 50° 24 ' longitude west. which climate was classify of the type Cfb1. The obtaining of the data in height and diameter, along the time, was by complete analysis of the log in 18 regenerate araucarias under forest of pinus, and in 6 araucarias originating from of reforestation. In these areas they were lifted up data of morphology of the sample trees and of your competitors for calculated the competition indexes. In the experimental area one, the natural regeneration of araucaria, was separate in three height classes: Class 1, (until 1,80m); Class 2 (1,80m up to 3,20m); Class 3 (above 3,20m) and in this trees with and without competition by pinus inter-planting. The equation that best described the growth of the height in function of the age for the Class of height 1 with and without competition and for the Class 2 with competition was the Quadratic without intercept ( $h = b_1 t^2$ ); for the Class 2 without competition, the mathematical model of Prodan. ( $h = t^2 / b_0 + b_1 t + b_2 t^2$ ); for the Class of height 3 with and without competition of the insert planting of pinus, the parabolic model ( $h = b_1 t + b_2 t^2$ ). The comparison between the natural regeneration, with and without competition, inside the classes and among the individuals, was done by ANACOVA, being used the quadratic equation ( $y = b_1 x^2$ ), that too presented good adjustment in all the appraised classes. The growth in height came significantly larger in plants that were

born free, independent of the considerable age. Being treated of the youngest natural regeneration (height < 1,80m) or of the araucarias higher ages, (height > 1,80m), the factor that determined the stoppage or retaking of the growth in height was the effect of the competition exercised by the adult settlement of the pinus. The retaking of the growth in height happened after the shallow cut of the pinus and consequent liberation of the regeneration of the araucaria the light. Without this condition, the natural regeneration of araucaria, stays as bank of plants, like happens at a native forest, outstanding factor to the trees (238 and 1312), that stayed as bank of plants until nine years old, reaching heights of 2 meters. The recruitment always happened near the age that openings were proceeded in the pinus settlement. The morphometric study showed that diameter and height presented strong and positive correlation with the area and the top length. The height showed correlation with the age. In the study of the growth of the araucarias in the experimental area two, characterized by the maintenance of the dominated trees, after the accomplishment of the rough-hewing, six trees were selected, two in each position of ground (inferior, medium and superior position), considering the existence of similar competition indexes exercised by the inter-planted pinus. With the pairs of data of ANATRO, were made studies of the growth of the height and of the diameter in function of the age. The model of Gram was defined to describe the growth of the height in function of the age and the model of Backmann for the diameter. The analysis of the periodic increment in height of the dominated araucarias showed ascending increments until the 15th year. After, the increments they were very reduced for a period of 20 years, motivated by the competition and closing of the dossal of the dominant trees. With the rough-hewing of the dominated araucarias, it happened the retaking of the growth in height in a significant way only in the last four years, when the percentile increment in height passed from 0,5% to 1,9%. The medium annual increment in diameter presented the same height tendency, but with immediate retaking after the liberation, passing from 0,11cm to 0,23cm sc. The sample trees presented high relationship h/d in the order of 87 and a reduced top height =1,70m.

Key words : regeneration, competition, growth, inter-planting, modeling, consortium.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** - Reflorestamento de *Pinus elliottii* Engelm. com idade de 18 anos, com regeneração de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....30
- FIGURA 2** - Localização das áreas de estudo na FLONA de São Francisco de Paula, RS. (Imagem ÍCONOS, setembro 2002). ....40
- FIGURA 3** - Exemplares de regeneração natural de araucária das classes de altura 2 e 3, Módulo I (esquerda) e classe de altura 1, Módulo II (direita). FLONA de São Francisco de Paula – RS.....43
- FIGURA 4** - Povoamento de Araucária, interplantado com *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Talhão 15, FLONA de São Francisco de Paula – RS.....47
- FIGURA 5** - Corte das araucárias selecionadas como Amostras, área experimental dois, Talhão 15. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....53
- FIGURA 6** - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. que se encontrava sob competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula-RS.....66
- FIGURA 7** - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....69
- FIGURA 8** - Crescimento da altura em função da idade (a) e curvas deslocadas para o ano do recrutamento (b) da regeneração natural de Araucária da Classe 1 com concorrência e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.....72
- FIGURA 9** - Crescimento da Araucária regenerada sob sub - bosque de *Pinus elliottii* que se encontrava em competição - curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula-RS. ....77
- FIGURA 10** - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas

deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	80
<b>FIGURA 11</b> - Crescimento em altura em função da idade (a) e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b) da regeneração natural de araucária da classe 2 com concorrência e sem concorrência, por plantio intercalar de <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	83
<b>FIGURA 12</b> - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de <i>Pinus elliottii</i> que se encontrava em competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	89
<b>FIGURA 13</b> - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de <i>Pinus elliottii</i> Engelm. que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	92
<b>FIGURA 14</b> - Crescimento em altura em função da idade da regeneração natural de araucária da classe de altura 3, com e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	96
<b>FIGURA 15</b> – Regeneração natural de araucárias, agrupadas por semelhanças no crescimento de altura ao longo da idade, deslocadas para o ano de recrutamento (a, b, c, d). FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	98
<b>FIGURA 16</b> - Curvas de crescimento em altura em função da idade, e curva média estimada, para araucárias mantidas sob a condição de árvores dominadas - FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	105
<b>FIGURA 17</b> - Curvas de crescimento em altura em função da idade, deslocadas para o ano de plantio para araucárias mantidas sob a condição de árvores dominadas. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	106
<b>FIGURA 18</b> - Curvas de incremento percentual médio, do incremento sobre a altura, para as araucárias dominadas. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	107
<b>FIGURA 19</b> - Curvas de crescimento do diâmetro em função da idade, para araucárias sob condição de dominadas. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	111

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – Altura média da regeneração natural de araucária por classe de altura. ....	45
<b>TABELA 2</b> - Avaliação nas áreas experimentais da FLONA de São Francisco de Paula – RS . ....	55
<b>TABELA 3</b> – Modelos para descrever o crescimento das araucárias nas áreas experimentais 1 e 2. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	56
<b>TABELA 4</b> - Eventos silviculturais e idades do <i>Pinus elliotti</i> Engelm. e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura para a regeneração natural de araucária, da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	62
<b>TABELA 5</b> – Eventos silviculturais do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. e idades, alturas e incrementos correntes em altura para a regeneração natural de araucária, da classe de altura 1 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	63
<b>TABELA 6</b> - Equações para descrever o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária da classe de altura 1, sob a condição de concorrência do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. ....	64
<b>TABELA 7</b> - Coeficientes estatísticos de ajuste e precisão do modelo, $h = b_1 t^2$ para árvores da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	65
<b>TABELA 8</b> – Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula-RS. ....	67
<b>TABELA 9</b> - Equações que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, Classe de altura 1 crescendo sem concorrência do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ...	67
<b>TABELA 10</b> - Coeficientes estatísticos de ajuste e precisão do modelo $h = b_1 t^2$ , para árvores de araucária da classe de altura 1, sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.....	68

<b>TABELA 11</b> - Comparação do crescimento entre a árvores de regeneração natural de Araucária da classe de altura 1 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	69
<b>TABELA 12</b> – Análise de covariância entre a regeneração natural de Araucária da classe de altura 1 crescendo com e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	71
<b>TABELA 13</b> - Eventos silviculturais e idades do <i>Pinus elliottii</i> , e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária, para classe de altura 2, com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	74
<b>TABELA 14</b> – Eventos silviculturais do <i>Pinus elliottii</i> e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária para Classe de altura 2, sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	75
<b>TABELA 15</b> –Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 2, sob a condição de concorrência do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	76
<b>TABELA 16</b> - Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 2 sem concorrência do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	78
<b>TABELA 17</b> - Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 2, crescendo sem concorrência de <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	80
<b>TABELA 18</b> – Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe 2 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	81
<b>TABELA 19</b> - Análise de covariância entre a regeneração natural de araucária da classe de altura 2, crescendo com e sem concorrência do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	82
<b>TABELA 20</b> - Eventos silviculturais e idades do <i>Pinus elliottii</i> e idades, diâmetros, incrementos correntes anuais em diâmetro, incrementos médios anuais em diâmetro, alturas, e incrementos correntes anuais em altura para a regeneração natural de araucária da classe de altura 3, com concorrência do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula – RS.....	85

<b>TABELA 21</b> - Eventos silviculturais do <i>Pinus elliottii</i> e Idades, diâmetros, incrementos correntes anuais em diâmetro, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária da classe de altura 3 sem concorrência, FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	87
<b>TABELA 22</b> - Equações selecionadas para descrever o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária da classe de altura 3, sob a condição de concorrência do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	88
<b>TABELA 23</b> – Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão do modelo $h = b_1t + b_2t^2$ , para árvores de araucária da classe de altura 3 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	89
<b>TABELA 24</b> - Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 3 com concorrência do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	90
<b>TABELA 25</b> - Equações que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 3, crescendo sem concorrência do <i>Pinus elliottii</i> Engelm. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	91
<b>TABELA 26</b> - Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão do modelo $h = b_1t + b_2t^2$ parabólico, para árvores de araucária da classe de altura 3 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	92
<b>TABELA 27</b> - Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 3 sem a concorrência do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	94
<b>TABELA 28</b> - Análise de covariância entre a regeneração natural de araucária da classe de altura 3, crescendo com e sem competição. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	95
<b>TABELA 29</b> – Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária das classes 1, 2 e 3, crescendo com e sem competição de <i>Pinus elliottii</i> Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS. ....	97
<b>TABELA 30</b> - Índices morfométricos e medidas dendrométricas da regeneração de araucária das classe 1, 2 e 3, mantidas com e sem concorrência, do <i>Pinus elliottii</i> . FLONA de São Francisco de Paula - RS .....	100

<b>TABELA 31</b> - Coeficientes de Correlação de Pearson da altura e as variáveis morfométricas e dendrométricas da regeneração natural de araucária da área experimental um. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	101
<b>TABELA 32</b> – Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade da araucária, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	103
<b>TABELA 33</b> – ANACOVA das curvas do $IPM_h$ para as araucárias dominadas 4, 5, 9, 12, 19 e 20, FLONA de São Francisco de Paula – RS.....	108
<b>TABELA 34</b> - Equações e estatísticas para descrever o crescimento do diâmetro em função da idade, para a araucária, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	110
<b>TABELA 35</b> - Índices morfométricos e dendrométricos de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze , das árvores que cresceram dominadas, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS. ....	113



## LISTA DE APÊNDICES

<b>APÊNDICE 1</b> - Dados da ANATRO, árvores amostras 4 e 12, associados aos eventos silviculturais da área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	126
<b>APÊNDICE 2</b> - Dados da ANATRO das árvores amostras 5 e 9, associados aos eventos silviculturais, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	128
<b>APÊNDICE 3</b> - Dados da ANATRO das árvores amostras 19 e 20, associados aos eventos silviculturais, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.....	129

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABPM	Associação Brasileira de Produtos de Madeira
AC	Área de copa
Arv	Árvore
ANACOVA	Análise de Covariância
ANATRO	Análise de Tronco
BAL	Basal Area Large
b	Diâmetro da copa
CF	Corte Final
cap	Circunferência na altura do peito
°C	Graus centígrados
DAP	Diâmetro Altura do Peito
d	Diâmetro em cm
dg	Diâmetro da árvore de Área Basal média
DL	Desbaste Leve
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
e	Exponencial
F	Valor de F Calculado
Ftab	Valor de F Tabelado
FAB	Fator de Área Basal
Fc	Formal de Copa
FV	Fonte de Variação
FLONA	Floresta Nacional
G	Área Basal por hectare
g	Área Basal individual
GL	Graus de liberdade
GLM	General Linear Models
GPS	Sistema de Posicionamento Global
h	Altura
há	Hectare
h est	Altura estimada

IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICA	Incremento Corrente Anual
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IC_S	Índice de Competição Silvicultural
Id	Incremento Diamétrico
IC_Seebach	Índice de espaço de Crescimento Seebach
IC_Hegyí	Índice de Concorrência Hegyi
INP	Instituto Nacional do Pinho
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IMA	Incremento Médio Anual
IPF	Instituto de Pesquisas Florestais
Ir	Incremento radial
IPM	Incremento Percentual Médio
k	Fator de Área Basal
Lc	Comprimento da Copa
Ln	Logaritmo neperiano
MMA	Ministério do Meio Ambiente
mm	Milímetros
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metro Quadrado
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
m <sup>3</sup> sc	Metro cúbico sem casca
N	Número de árvores por hectare
PE	<i>Pinus elliottii</i>
PRODEPEF	Programa de Desenvolvimento à Pesquisa Florestal
Prob F	Probabilidade de significância para F
Pt	<i>Pinus taeda</i>
QM	Quadrado Médio
R <sup>2</sup>	Coeficiente de Determinação
R <sup>2</sup> <sub>Aj</sub>	Coeficiente de Determinação Ajustado
RS	Rio Grande do Sul
Ri	Raio do ponto central
SC	sem casca
SQ	Soma dos Quadrados

$S_{xy}$	Erro Padrão da Estimativa
t	Idade
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UC	Unidade de Conservação
V	Volume por hectare
VP	Valor ponderado

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	24
<b>1.1 Objetivos</b> .....	27
1.1.1 Objetivo geral .....	27
1.1.2 Objetivos específicos.....	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
<b>2.1 Regeneração natural</b> .....	28
<b>2.2 Crescimento das árvores</b> .....	32
<b>2.3 Concorrência das árvores</b> .....	34
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
<b>3.1 A espécie <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze</b> .....	37
<b>3.2 O gênero <i>Pinus</i> L.</b> .....	38
3.2.1 A espécie <i>Pinus elliottii</i> E. ....	38
3.2.2 A espécie <i>Pinus taeda</i> L.....	39
<b>3.3 Caracterização dos locais de estudo</b> .....	39
<b>3.4 Caracterização das áreas experimentais e seleção das árvores amostras</b> .	42
3.4.1 Área experimental Um.....	42
3.4.1.1 Coleta dos dados .....	44
3.4.2 Área experimental Dois. ....	45
3.4.2.1 Coleta dos dados .....	46
<b>3.5 Variáveis mensuradas nas árvores amostras</b> .....	47
3.5.1 Variáveis dendrométricas:.....	48
3.5.1.1 Diâmetro (d) 48	
3.5.1.2 Altura total (h).....	48
3.5.2 Variáveis morfométricas .....	48
3.5.2.1 Altura de inserção do primeiro galho vivo.....	49
3.5.2.2 Comprimento da copa (Lc) .....	49
3.5.2.3 Raios da copa .....	49
3.5.2.4 Diâmetro da copa (b).....	49

3.5.2.5 Área da copa ( $A_c$ ) .....	49
3.5.2.6 Relação h/d	50
3.5.2.7 Formal de copa .....	50
3.5.2.8 Percentagem de copa .....	50
3.5.3 Medição da concorrência entre árvores .....	50
3.5.3.1 Índice de Concorrência de Hegyi - ( $IC_{Hegyi}$ ) .....	51
3.5.3.2 Índice de Concorrência Silvicultural ( $IC_S$ ) .....	51
3.5.3.3 Índice do Espaço de Crescimento Seebach ( $I_{Seeb}$ ) .....	51
3.5.3.4 Índice de BAL Modificado (Basal Area Larger) .....	52
3.5.4 Medidas de densidade do povoamento .....	52
<b>3.6 Coleta de dados para estudo retrospectivo do crescimento</b> .....	<b>53</b>
<b>3.7 Modelagem do crescimento e das variáveis dendrométricas</b> .....	<b>55</b>
3.7.1 Seleção de equações .....	55
3.7.2 Parâmetros estatísticos para seleção do modelo de regressão .....	56
3.7.2.1 Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ) .....	57
3.7.2.2 Coeficiente de Variação (CV%) .....	57
3.7.2.3 Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ) .....	58
3.7.2.4 Valor significância de F .....	58
3.7.2.5 Distribuição dos resíduos .....	59
<b>3.8 Análise comparativa do crescimento</b> .....	<b>59</b>
3.8.1 Análise de Covariância .....	59
3.8.2 Análise de Correlação de Pearson .....	59
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>4.1 Crescimento em altura da <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, regenerada em sub-bosque de <i>Pinus elliottii</i>.</b> .....	<b>61</b>
4.1.1 CLASSE DE ALTURA 1 – Plantas com altura até 1,8 metros .....	62
4.1.1.1 Descrição do crescimento das árvores sujeitas á competição .....	64
4.1.1.2 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucárias da classe de altura 1, mantidas sob competição .....	66
4.1.1.3 Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição .....	67
4.1.1.4 Comparação do crescimento em altura da regeneração de araucária, árvores da classe de altura 1 mantidas sem competição .....	69

4.1.1.5	Análise comparativa do crescimento em altura entre a regeneração natural de araucária, crescendo com e sem competição. ....	70
4.1.2	CLASSE DE ALTURA 2 – Plantas com alturas entre 1,80 metros e 3,20 metros, quando da instalação do experimento.....	73
4.1.2.1	Descrição do crescimento das árvores sujeitas à competição .....	76
4.1.2.2	Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 2, mantidas sob competição .....	77
4.1.2.3	Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição .....	79
4.1.2.4	Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 2 mantidas sem competição.....	81
4.1.2.5	Análise comparativa do crescimento em altura da regeneração natural de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, crescendo com e sem competição .....	82
4.1.3	CLASSE DE ALTURA 3 – Plantas com alturas maiores de 3,20 metros. ....	83
4.1.3.1	Descrição do crescimento das árvores sujeitas à competição .....	88
4.1.3.2	Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 3 mantidas sob competição.....	90
4.1.3.3	Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição .....	91
4.1.3.4	Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 3 mantidas sem competição.....	93
4.1.3.5	Análise comparativa do crescimento em altura entre a regeneração natural de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, crescendo com e sem competição.....	94
4.1.4	Comparação do crescimento em altura da regeneração natural entre as diferentes classes de altura com e sem competição.....	96
4.1.5	Análise de correlação da altura com as variáveis dendrométricas e morfométricas da área experimental um. FLONA de São Francisco de Paula - RS.	99
<b>4.2</b>	<b>Crescimento da <i>Araucaria angustifolia</i>, sob competição, Área experimental dois.....</b>	<b>103</b>
4.2.1	Crescimento em altura .....	103
4.2.1.1	Incremento Percentual Médio em altura (IPM <sub>h</sub> ).....	106
4.2.1.2	Comparação do crescimento em altura.....	108
4.2.2	Crescimento em diâmetro .....	109
4.2.3	Índices morfométricos e dendrométricos das araucárias, área experimental dois, FLONA São Francisco de Paula - RS.....	112

<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	114
<b>5.1 Araucária regenerada em sub bosque de <i>Pinus elliottii</i> Engelm.</b> .....	114
<b>5.2 Araucárias que cresceram sob competição e que, após liberadas, receberam interplântio de <i>Pinus</i> spp.</b> .....	115
<b>5.3 Considerações e recomendações</b> .....	115
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	117



## INTRODUÇÃO

O esgotamento das reservas de Pinheiro brasileiro vem ocorrendo desde meados do século passado, acentuando-se de forma drástica, com a redução da cobertura florestal no Sul do Brasil para dar lugar às atividades agrícolas. O alto valor econômico e madeireiro da espécie impulsionou economias locais promovendo o desenvolvimento industrial e urbano de muitas regiões. As vias férreas e fluviais conduziram madeira em toros e serrada, acumulando saldos positivos na balança comercial do país junto com outros produtos como café e açúcar.

As matas com araucária cobriam 20 milhões de hectares da paisagem no Sul do Brasil. A destruição dessas matas ocorreu de forma tão intensa como em nenhum outro ecossistema florestal na América do Sul, existindo em 1980, menos de 3% da área original coberta com este tipo florestal (MACHADO e SIQUEIRA, 1980).

Devido à ameaça de extinção, e com fins de proteger e preservar os últimos remanescentes, especialmente os de mata nativa, o manejo e a utilização da madeira da araucária estão sob várias restrições de uso. No início dos anos sessenta os reflorestamentos nas áreas desmatadas geralmente foram feitos com gêneros exóticos de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Acacia*, que prometiam maior crescimento e mais lucro, mesmo nos sítios de qualidade mais baixa. Essa fase de reflorestamentos com exóticas e de manejo incipiente da araucária causou danos irreparáveis, aumentando ainda mais o desinteresse comercial da araucária. Atualmente, nas florestas nativas dominadas pela araucária, o manejo é muito restrito na busca de proteger os últimos refúgios que restaram. A questão é se essa forma de proteção conduz ao resultado desejado. A história mostrou que uma restrição no uso de um recurso natural raramente é aceita pela população, quando existe a necessidade de seu uso como matéria-prima ou como fonte de rendimento. A proteção, via proibição do uso, significa uma desvalorização do bem que, em muitos casos, tem como consequência a perda de interesse na conservação da matéria-prima. Por causa disso, formas de manejo que consideram ambos os objetivos, lucro e conservação, geralmente são de maior eficiência (NAUBER, 1995).

As espécies do gênero *Pinus* são amplamente utilizadas em reflorestamentos no Brasil devido, principalmente, ao seu rápido crescimento. Sua madeira é usada

em construções leves e pesadas, na produção de laminados, compensados, chapas de fibras e de partículas, na produção de celulose e papel, entre outros. As espécies que se destacam na região sul são o *Pinus elliottii* Engelm. e o *Pinus taeda* L., o primeiro ainda com possibilidades da extração de resina e o segundo com amplos usos, mas, de forma especial, na produção de celulose e papel.

O Brasil possui 530 milhões de hectares de florestas nativas, uma área de 43,5 milhões de hectares com Unidades de Conservação Federal, 4,8 milhões de hectares com plantações, sendo 1,8 milhões de hectares de *Pinus* e 3 milhões de hectares de *Eucalyptus* (REMADE - Revista da Madeira, 2004).

As Florestas Nacionais (FLONAS), definidas pela LEI do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação 2000), pertencentes à categoria das Unidades de Conservação de Uso Sustentado, têm como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais e contam com uma área total de 19.590.157 ha. Na Região Sul dez unidades totalizam uma área de 15.147 ha (0,08%), onde são encontradas a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, sejam em florestas nativas ou em reflorestamentos implantados a partir de 1945, pelo então Instituto Nacional do Pinho (INP).

Os reflorestamentos de *Pinus* sp., no Rio Grande do Sul, iniciaram a partir de 1960, estabelecidos onde anteriormente existia cobertura florestal nativa, em campos nativos de altitude, mas principalmente em áreas de agricultura itinerante, em que a vegetação original já havia sido removida nas décadas anteriores.

A *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, apesar de ser uma espécie secundária, avança sobre as áreas abertas e ocupa regiões dos campos, tomando estes espaços de forma lenta: tem sua propagação restrita por ações antrópicas que diminuem ou impedem o seu avanço natural.

Nos sub-bosques dos plantios de pinus, a araucária regenera e coloniza bem, já antes da realização do primeiro desbaste, que ocorre em torno dos 10 anos de idade. As razões deste recrutamento são as proximidades de bordas florestais nativas que vegetam exemplares dispersores. A regeneração aumenta em áreas onde existe um equilíbrio mínimo desses ambientes. Observa-se que o aumento desta regeneração ocorre em plantios dispostos em sistemas do tipo mosaico, e associados com elevado grau de conservação dos ambientes, contando também com a contribuição de agentes importantes, como a gralha azul e a cutia, dispersores das sementes da araucárias dos quais são dependentes.

Em muitos povoamentos de *Pinus* sp. que atingiram a rotação final, em torno de 40 anos, sobrevivem inúmeros indivíduos de araucária, com diferentes idades, tamanhos e constituições de copa. Estas plantas encontram-se na forma de sub-bosque, aglomeradas ou dispersas, e podem, com sucesso, serem conduzidas, constituindo um povoamento multiânneo, com araucária e outras nativas ou um povoamento misto de pinus e de araucária.

A construção deste modelo está alicerçada no conhecimento dos princípios de Crescimento e Produção Florestal que, segundo Finger (2006), busca conduzir florestas sempre adequadas ao sítio, que tenham tanto quanto possível menor intervenção do homem; florestas com mistura de espécies permitindo obter diferentes sortimentos, qualidades e tipos de madeira. Assim, povoamentos multiâneos, com maior número de espécies da flora e da fauna, propiciariam uma maior estabilidade do ecossistema, e a manutenção da capacidade de produção do sítio.

O manejo e a implementação de um sistema de regeneração natural passa a ser o ponto mais difícil. Em plantios de pinus, pode-se observar que a araucária estabelecida no interior da floresta tem crescimento reduzido. Dependendo da intensidade da luz e do tempo que permanece nessas condições, chega a ter a copa reduzida em diversos graus ou até mesmo eliminada.

Com a retirada do estrato superior do dossel, as plantas de regeneração natural, então expostas à luz plena, poderão retomar o crescimento.

Além da luminosidade e de outros fatores de competição como água, nutrientes e de espaço, a idade da planta vai influir na dimensão e no vigor da mesma e, especificamente, na copa. Assim, após a retirada do estrato superior, é comum observar plantas de diversas alturas e dimensões de copa, não se conhecendo a capacidade de resposta do crescimento da espécie às novas condições de ambiente.

Estudos de crescimento de araucária em povoamentos nativos e de reação aos desbastes em povoamentos puros foram testados por programas de pesquisas desenvolvidos pelo Programa de Desenvolvimento à Pesquisa Florestal - (PRODEPEF), Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - (IBDF) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na década de 1960. Porém, poucos estudos desenvolveram-se com relação à associação e após o advento do pinus. O Pinus, espécie com boa adaptação às condições climáticas, aos solos e

altitudes do sul e, paralelamente, com a redução dos estoques da araucária, passou a ganhar o mercado madeireiro de lâminas, além do inicialmente previsto, de papel e celulose.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Determinar o crescimento da Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, sob diferentes níveis de competição e sua capacidade de retomada do crescimento para auxiliar na tomada de decisão sobre as intervenções futuras nos povoamentos florestais.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Modelar o crescimento em altura em função da idade para árvores de regeneração natural estabelecidas como sub-bosque em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm.;
- Comparar o crescimento em altura da regeneração natural estabelecida em sub-bosque, quando passa a sofrer concorrência do plantio intercalar de *Pinus elliottii* Engelm., com as de crescimento livre;
- Modelar o crescimento em diâmetro e altura da araucária em plantios que tiveram concorrência de árvores de *Pinus* spp. plantados na entre linha do plantio de araucária.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Regeneração natural**

A regeneração natural de florestas é um processo autógeno de perpetuação das espécies arbóreas, sendo uma forma de perpetuar os povoamentos florestais pela dispersão natural das sementes (INOUE,1979).

Segundo Finol (1971), a regeneração natural engloba todos os indivíduos descendentes das plantas arbóreas que se encontram entre alturas de 0,10 m e um limite de 10 cm de DAP, ou ainda no limite de diâmetro estabelecido pelo levantamento estrutural, sendo a regeneração natural o apoio ecológico de sobrevivência das espécies florestais no ecossistema.

O estudo da regeneração natural é de importância na preparação dos planos de manejo florestal, pois deve informar se pode ser utilizada para as medidas de transformação (FOSTER,1973 e PETIT,1969 apud LONGHI, 1980).

Os levantamentos da regeneração natural são classificados normalmente por categorias de tamanho. Finol (1971) e Petit (1969), utilizaram as classes de altura associadas com os diâmetros. Foster (1973), usou apenas a altura para classificar a regeneração, dividindo-a em três classes, até 1,5 m, de 1,60 m a 3,0 m e a classe três, englobando a regeneração com alturas maiores que 3,0 metros.

Segundo Reitz e Klein (1966), de forma geral, o próprio pinheiro é que forma a fase inicial nos capões situados nos campos secos. Nos capões estabelecidos em locais úmidos, a presença da araucária, como pioneira, se processa conjuntamente com as demais espécies, ou o processo invasivo ocorre imediatamente após a instalação das espécies higrófitas.

A alta mortalidade de pinheiros no dossel, em florestas bem velhas, que combinada com a baixa regeneração no subdossel, pode trazer incertezas no processo regenerativo da espécie (SANQUETA e MATTEI, 2002). Para Soares (1975), povoamentos velhos e decadentes cedem lugar a comunidades de latifoliadas, por não haver regeneração natural no sub bosque, sendo necessário

que haja algum tipo de distúrbio de moderada intensidade para que possa regenerar-se naturalmente.

Estudos realizados em quatro tipos de vegetação (Floresta Ombrófila Mista, plantação de araucária, plantação de pinus e plantação de eucalyptus), na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, mostraram que a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é capaz de colonizar e se estabelecer em todos os tipos de vegetação deste mosaico ambiental (PEREIRA, 2004).

Lambertz (2003), ao estudar um plantio de *Pinus elliottii* Engelm. com 15 anos, em área de 0,62 hectares na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, encontrou 219 indivíduos jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, com altura até 30cm. Reitz e Klein (1966), Baches (2001) e Lambertz (2003) descrevem a capacidade da araucária de se estabelecer e colonizar diferentes tipos de vegetação, como campos e plantações florestais.

Duarte et al. (2002), estudando o recrutamento da araucária, registrou a ausência de regeneração na floresta primária, num ano de baixa produção de sementes, porém observou plântulas da espécie estabelecidas em plantios com pinus e araucária.

A renovação da floresta com árvores maduras, deve ser feita no momento em que se possa conduzir, com segurança, as árvores remanescentes constituídas de árvores jovens.

A Figura 1 mostra a ocorrência de plantas jovens de araucária como sub-bosque em talhão de pinus com 18 anos de idade, na FLONA de São Francisco de Paula - RS.



**FIGURA 1 - Reflorestamento de *Pinus elliotii* Engelm. com idade de 18 anos, com regeneração de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

A disponibilidade de luz não influencia o estabelecimento e a sobrevivência de indivíduos jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, em plantios de pinus e araucária (DUARTE et al., 2002), porém registrou-se maior crescimento da espécie em níveis intermediários de luz (DUARTE e DILLENBURG, 2000).

Em levantamentos realizados em povoamentos de pinus e araucária, com idades entre 25 e 30 anos, estabelecidos em solos degradados, foram encontradas, 121 espécies de plantas lenhosas, além de espécies de ervas, gramíneas, samambaias e cipós. Nestes povoamentos, o grau de cobertura do solo não dependia da densidade do estrato superior composta pelos pinheiros; a abundância e a frequência das espécies não variaram dentro dos povoamentos (ANDRAE et al., 2005).

Segundo Pereira (2004), o padrão de distribuição espacial dos indivíduos regenerantes de araucária pode indicar que existem fatores ambientais agindo sobre a capacidade dos indivíduos explorarem os espaços disponíveis. Em seu estudo, a regeneração de araucária, com altura maior de 2 m e DAP menor que 10 cm, estabelecida em plantio de pinus, mostrou a existência de agrupamentos que podem estar relacionados com a formação de clareiras artificiais, quando do desbaste seletivo.

Segundo Gray e Spies (1997), as clareiras artificiais formadas a cada 15 anos pelos desbastes funcionam como micro-sítios importantes para a sobrevivência de indivíduos regenerantes. A germinação das sementes é limitada a um período de tempo com condições favoráveis de luz, nutrientes e umidade existente no solo (KHURANA e SINGH, 2001).

Assim, as plantas se estabelecem quando há condições favoráveis, e em tempo reduzido de exposição à predação dos animais (VIERA e SCARIOT, 2006).

A taxa de germinação também depende da disponibilidade de sementes, quanto maior for a disponibilidade, menor será a remoção (JANSEN et al., 2004). Outro fator está na diferença de produção de sementes. Iob (2007), realizou estudos de produção de sementes da araucária na FLONA de São Francisco de Paula, e encontrou diferenças significativas entre a produção das áreas de florestas nativas e os plantios. As áreas plantadas tiveram uma produção média de 143.744 sementes por hectare para uma produção média estimada de 53.510 na área nativa. O índice de sobrevivência para as áreas plantadas com araucária foi de 58% e para áreas nativas de 42%.

O uso da regeneração natural é uma alternativa de manejo que tem vantagens e desvantagens. As vantagens são o baixo custo inicial, o menor trabalho durante o estabelecimento e o menor impacto sobre o solo. Dentre as desvantagens são mencionados, principalmente, a necessidade de realizar o controle da densidade e o uso de material genético de menor qualidade.

Por outro lado, a regeneração natural não sofre o denominado stress hídrico de transplante, pois conta com um sistema radicular bem desenvolvido que permite acessar fontes de água mais profundas (HARRINGTON et al., 1989), e as árvores remanescentes do desbaste pré-comercial apresentam um potencial de crescimento individual similar ao registrado em plantações comerciais onde se utiliza material genético melhorado (REBOTTARO e CABRELLI, 2007).

Existem várias formas de implantação de um povoamento florestal: o plantio, a semeadura direta e a regeneração natural. No caso da araucária, estas três opções podem ser utilizadas devendo-se, segundo Alonso (1978), utilizar a regeneração natural sempre que for tecnicamente possível.

A regeneração natural de araucária depende da existência de quantidade mínima de sementes, da existência de agentes dispersores, de clareiras que



permitam a entrada de luz e o contato da semente com o solo para que ocorra a germinação.

A regeneração natural é mais econômica que o plantio, de *Pinus patula* na Rússia, segundo Kalinivhenko et al. (1973), e financeiramente mais competitiva na Geórgia, conforme Dangerfield JR. e Edwards (1990), sendo este o meio mais utilizado pelos agricultores, para o reflorestamento no Sul dos Estados Unidos. Na Carolina do Norte e do Sul, a regeneração natural de *Pinus taeda* é utilizada como alternativa de manejo, com um custo cinco vezes menor do que a regeneração artificial (VAN LAAR et al., 1982).

## 2.2 Crescimento das árvores

A árvore é parte de interesse central na formação de uma floresta. O seu desenvolvimento é possível devido a um determinado potencial genético e é produto do ambiente de crescimento (ANDRAE, 1978). Assim, crescimento é o resultado das inter-relações de inúmeros fatores ambientais e da capacidade produtiva do vegetal, definida pela carga genética, sendo o nível de produtividade variável e dependente da espécie, da idade, e da qualidade do habitat.

A relação do crescimento em função do tempo descreve curvas com formas características, que podem ser determinadas por funções matemáticas, onde os fatores ambientais e genéticos são considerados constantes (FINGER, 1992).

O processo de crescimento dos organismos vivos segue a forma sigmoidal, podendo esta forma variar em função do genótipo e do ambiente em que este organismo cresce (DANIEL et al., 1979).

A curva de crescimento indica a dimensão alcançada em cada idade. Na fase inicial, de crescimento lento; depois, de forma íngreme, indicando incrementos crescentes; para depois estabilizar, e passando a ter incrementos decrescentes. Com isso, identificam-se as fases: juvenil, adulta e senil. Desta forma, os processos biológicos como o crescimento do volume, da altura, do diâmetro das árvores e dos povoamentos serão descritos por este tipo de curva (SCHNEIDER, 1993).

Neste quadro as espécies têm crescimento e estágios fisiológicos diferentes; portanto, o tempo de maturidade do pinus acontece numa idade mais curta do que o tempo de maturidade da araucária.

O crescimento em povoamentos onde ocorre mistura de espécies, pode ter diferentes ritmos de crescimento, dependendo das espécies participantes da mistura. Este ritmo natural sofre variações com a idade, com o tipo de mistura e o método de ordenamento dos desbastes. Espécies com diferentes exigências de luz em povoamentos mistos podem produzir acréscimos nos incrementos, e serem mais eficientes na assimilação do que em povoamentos puros (ASSMANN, 1970).

Mielikäinen (1980), pesquisando o crescimento de povoamento em mistura de pinus e bétula, concluiu que o povoamento misto cresceu mais que o povoamento puro de bétula, porém menos que o pinus puro.

A lei de incrementos aditivos de Krenn é válida para três grupos de mistura: para espécies de luz e sombra ou meia sombra, para espécies de sombra e meia sombra e entre espécies de luz sobrepostas (FINGER, 2006).

Assim, para o sistema em estudo (Araucária X Pinus), tratando-se de espécies de luz sobrepostas, o crescimento deverá atingir, no máximo, o do melhor povoamento puro, neste caso o povoamento de pinus. Mesmo que os povoamentos mistos não propiciem acréscimos nos incrementos volumétricos, eles são ecologicamente mais estáveis.

Oliveira et al. (2007), estudando a araucária em habitat florestal, encontraram taxas de incremento em área basal baixas e constantes, até a realização de desbastes seletivos pelo alto, quando aumentaram abruptamente. Esta liberação contribuiu também para que mais de 40% das araucárias se estabelecessem, e tivessem crescimento livre de concorrência.

Mason apud Daniel et al. (1982), referem-se a casos em que a aceleração de crescimento não ocorre imediatamente após a liberação pelo desbaste. Isto quer dizer que a árvore leva ao redor de quatro anos para formar suficiente superfície folhar e radicular, para produzir o incremento em espessura dos anéis. No entanto, certas árvores não respondem a liberação devido à incapacidade de utilizar um espaço livre maior, por serem dominantes ou carecerem de um bom sistema radicular, e a uma alta proporção de copa viva, que permita responder a modificação do ambiente. Também existem diferenças entre as espécies em responder a

liberação. Em geral, as espécies tolerantes respondem mais rápido e melhor que espécies intolerantes.

### **2.3 Concorrência das árvores**

As dimensões e a forma da árvore são consideradas como resultante de uma combinação de fatores como: o sítio, a idade e a concorrência, (STERBA, 2006).

O termo “concorrência” pode indicar a “concorrência simétrica”, que é caracterizada pela competição da planta, pelos nutrientes e água no solo, e a “concorrência assimétrica” que se caracteriza-se pela competição por luz. No estudo, estas reações serão avaliadas de forma conjunta, expressas através das curvas de crescimento.

A existência de uma relação estreita entre o tamanho dos indivíduos e o número por unidade de área em diferentes situações de competição, referida por Yoda e Kira (1963), foi denominada de princípio do autodesbaste, e agora mais recentemente chamada de relações inter-específicas de tamanho e densidade. Estas relações independem da idade, da qualidade do sítio e oferecem uma base de conhecimento das inter-relações competitivas entre os indivíduos de um povoamento (REINEKE, 1933).

Já a descrição numérica da concorrência é dada por vários índices, desenvolvidos por autores como Newnham (1964), Bella (1977), Hegyi (1974) e Kahn e Pretzsch (1997), citados por Schneider e Schneider (2008). A concorrência, como também a densidade de um povoamento, pode ser expressa pelo número de árvores por hectare, pela área basal ou pelo volume por hectare. O número de árvores por hectare é a medida de densidade mais simples que indica o espaço médio ocupado pelo indivíduo, é de fácil obtenção, mas sofre influências com a idade e a qualidade do sítio.

A densidade de um povoamento florestal, para Schneider e Schneider (2008), é o grau de aproveitamento do solo pelas árvores, e pode ser expresso em termos de área basal, volume, número de árvores, ou superfície de copa por unidade de superfície.

Os métodos tradicionais de Spurr (1962), que segue o princípio da amostragem por pontos, desenvolvido por Bitterlich (1948), informam a densidade, através do conhecimento do número de árvores por hectare e a área basal. Pélico Netto e Brena (1997), consideram uma inovação o uso deste método, sobre o de área fixa, principalmente em inventários de áreas de florestas plantadas. Assim, o conhecimento e a ordenação da densidade podem ser fatores determinantes, sobre o estabelecimento das espécies durante o período de regeneração, fator modificador da qualidade do tronco e da taxa de crescimento em diâmetro. Outro aspecto importante é que, dentro de certos limites de densidade, o incremento em volume não é afetado pela densidade, se eliminados os limites extremos da concorrência, o fator determinante do crescimento restringe-se à capacidade do sítio (MAR MOLLER, data apud SCHNEIDER, 1993).

O desbaste é uma intervenção cultural que se promove nos povoamentos com objetivo de regular a densidade e proporciona às árvores remanescentes um melhor desenvolvimento. Sempre se espera que, com a diminuição da concorrência, haja um aumento significativo no incremento das árvores remanescentes. Segundo Assmann (1970), nos locais com déficit de água e nutrientes, a supressão de árvores dominadas e suprimidas, ou a remoção do mato competição trará benefícios às plantas escolhidas para permanecerem no povoamento.

Uma das características ecofisiológicas da regeneração natural de pinus é de receber grandes aberturas pelos desbastes, pois influi significativamente sobre a resposta ao crescimento (EDWARDS, 1987). Constatação feita por Duryea (1987): que existe uma grande restrição no crescimento da regeneração natural de *Pinus elliottii*, quando a densidade aos 3 anos de idade é superior a 5.000 árvores ha<sup>-1</sup>. Essa restrição ao crescimento, embora não determinada para a araucária, pode ser considerada como existente em maior ou menor grau. Nas florestas mistas em espécies e idades, as intervenções seguem regimes periódicos cuja organização é feita por classe de idade. A orientação do manejo deve ser voltada para o indivíduo ou grupo de árvores, modelos e tabelas de produção não podem ser aplicados (ANDRAE, 2008). Às vezes, grupos homogêneos são mais interessantes do que uma mistura de espécies. A densidade elevada é interessante desde que propicie a desrama natural e iniba o engrossamento dos galhos. O estado denso deve qualificar e promover uma altura livre de galhos que atinja 5 a 8 metros de fuste limpo, pois 80% do valor das árvores concentram-se nesta porção. Nestes grupos

homogêneos e densos seguem-se, a cada período, cortes de liberação. Na renovação natural, quando da formação destes grupos, existindo espaços, pode-se plantar outras espécies de forma a estruturar o sistema em mosaicos (ninhos). Os ninhos possuem uma dúzia ou mais de plantas formando aglomerados coincidentes, como encontrado na regeneração natural de araucária em sub-bosque de pinus que, após a rotação final, pode ser completado com pinus ou mesmo com araucária.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 A espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

A espécie pertence ao gênero *Araucaria*, gênero que se distribui do Sul da América (Planalto Brasileiro e Andes Austrais) a Oceania. As árvores têm folhas escamiformes ou lanceoladas e sementes soldadas às escamas do cone (MARCHIORI, 2005).

O gênero *Araucaria* pertence à família Araucariaceae, contando com 16 espécies, somente no hemisfério Sul, das quais duas originárias da América do Sul, e o restante na Oceania (REITZ e KLEIN, 1966).

A araucária é a única representante da família na flora brasileira e é conhecida popularmente como “Pinheiro brasileiro” ou “Pinheiro do Paraná”, em espanhol como Pino missioneiro, Paraná pine em inglês e em Alemão de Brasilkiefer (LAMPRECHT, 1986).

Trata-se de uma árvore dióica, com folhas medindo entre 2 e 6 cm de comprimento por 4 a 10 mm de largura. A casca espessa, acinzentada, áspera e profundamente fendilhada, descama em placas retangulares e em lâminas na parte superior do tronco (MARCHIORI, 2005).

A araucária destaca-se das outras espécies brasileiras pela forma original, apresentando fuste reto sem nenhum desvio e se ramifica apenas no topo. Possui um ciclo de vida que pode ultrapassar 200 anos. Inicia o ciclo reprodutivo entre os 10 e 15 anos em florestas plantadas, enquanto nas formações naturais este ciclo ocorre mais tarde, em torno de 20 anos (BRDE, 2005).

A araucária ocorre e distribui-se originalmente no sul do Brasil, tendo a sua maior área no estado do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Na região do planalto sul brasileiro, a araucária limita-se entre as latitudes de 15º e 30º sul e longitude de 43º30´ e 57º30´ oeste (RAMBO, 1956 e HUECK, 1972). São encontrados remanescentes florestais com araucária em Minas Gerais, e no Rio de Janeiro, na Depressão Central e Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul.

Os pinheirais são formados por diversos estratos (sinusias) de vegetação, que variam sensivelmente, de acordo com os diferentes tipos de solos e microclimas dos locais (REITZ e KLEIN, 1966).

A espécie ocorre nos mais variados tipos de solos, sendo que os melhores crescimentos acontecem em solos profundos e bem drenados, enquanto os solos rasos e hidromórficos determinam baixos incrementos, ainda associados a elevado teor alumínico (IBDF, 1983).

### 3.2 O gênero *Pinus* L.

O nome genérico é bastante antigo e corresponde em latim ao termo “pinheiro”. Reúne cerca de 90 espécies distribuídas, sobretudo pelas regiões temperadas do hemisfério norte (MARCHIORI, 2005).

De acordo com o mesmo autor, o pinus é um gênero de fácil cultivo em povoamentos homogêneos, sendo largamente utilizados em reflorestamentos, inclusive no Brasil. A diversidade de exigências ecológicas das numerosas espécies confere-lhe importância mundial. O gênero *Pinus* tem 76% do seu plantio nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde região o clima é mais favorável. Boa parte destas áreas são coincidentes à região de ocorrência natural da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze.

#### 3.2.1 A espécie *Pinus elliottii* E.

Originário do sudeste dos Estados Unidos, onde é conhecido como “slash pine” ou “american pitch pine” cresce em terras de baixa altitude até 150 metros, alcançando cerca de 25 a 30 m de altura. A casca é marrom-acinzentada e sulcada em indivíduos jovens, modificando-se, com o passar do tempo, apresentando placas espessas (2 a 4 cm) e marrom-avermelhadas em exemplares adultos (MARCHIORI, 2005).

Cresce a pleno sol ou à meia-sombra, ocorrendo em solos argilosos até arenosos, levemente alcalinos até ácidos, bem drenados e ocasionalmente úmidos; é tolerante aos solos pobres e moderadamente tolerante às secas e solos salinos; solos úmidos com ph alto, são danosos para a espécie (FLORIANO, 2004).

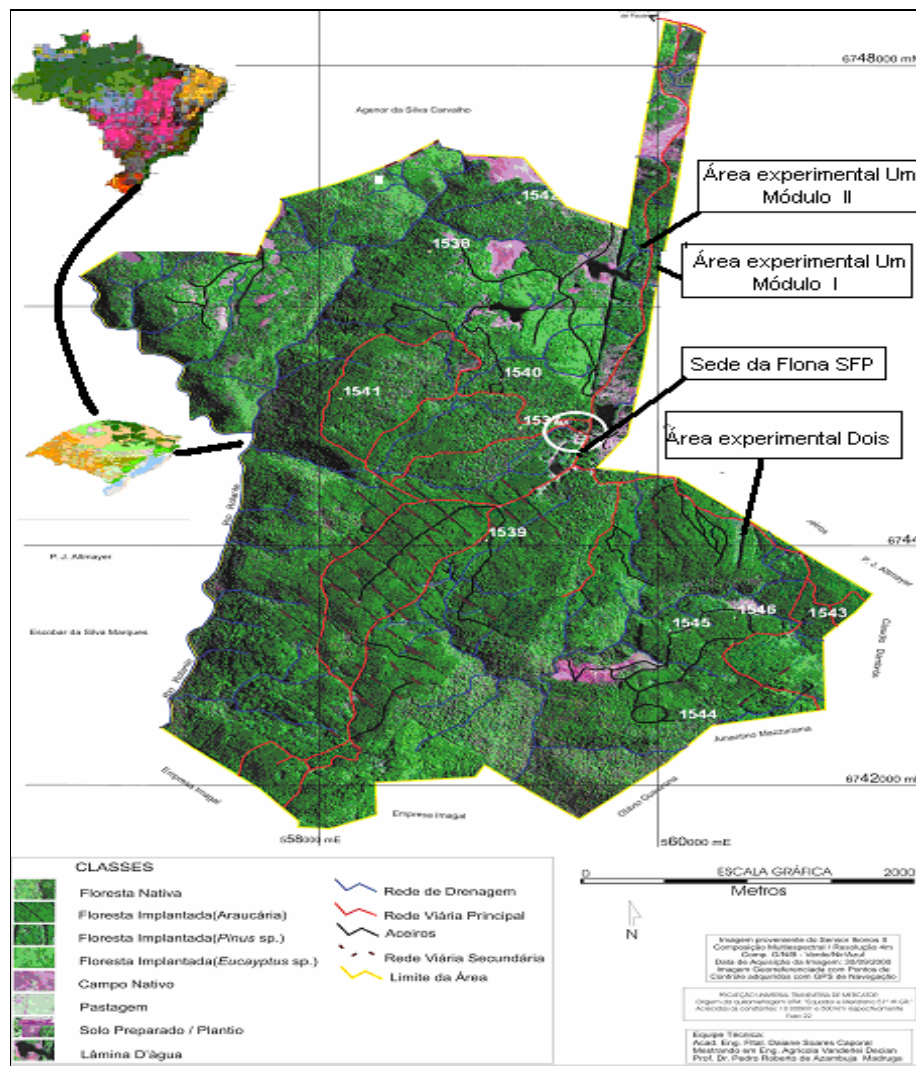
### 3.2.2 A espécie *Pinus taeda* L.

Árvores com cerca de vinte metros, às vezes, até com maiores alturas, podendo alcançar um metro de diâmetro. Copa ligeiramente arredondada e densa. Caule liso e cinzento nas plantas novas, tornando-se gretado. Ramos acinzentados e rugosos. Folhas em grupos de três, verde claras. Originário do Sudeste dos Estados Unidos, mas apresenta uma distribuição mais ampla do que o *Pinus elliottii* Engelm, alcançando o Texas, Arkansas, Tennessee e Virginia. É conhecido por “Loblolly pine” (MARCHIORI,2005). Espécie mais cultivada na serra gaúcha e no planalto catarinense, onde árvores com 45 anos de idade alcançaram, em povoamentos conduzidos na Floresta Nacional de São Francisco de Paula - RS, 30 metros de altura e 1,20 m de diâmetro.

## 3.3 Caracterização dos locais de estudo

Os dados para o estudo foram levantados no Município de São Francisco de Paula – RS, em povoamentos pertencentes à Floresta Nacional de São Francisco de Paula (Figura 2). A Floresta Nacional localiza-se entre as coordenadas geográficas 29º 23’ e 29º 27’ de latitude sul e 50º 23 e 50º 25’ de longitude oeste pertence ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).





**FIGURA 2 - Localização das áreas de estudo na FLONA de São Francisco de Paula, RS. (Imagem ÍCONOS, setembro 2002).**

A Floresta Nacional, com área total de 1606,70 hectares, possui 901,9 ha de florestas nativas (56,13%), 559,30 ha de florestas plantadas (34,80%), 121,9 ha de áreas não estocadas (7,6%), 23,6 ha de campos, lagos e sede (1,47%). A área de efetivo plantio dividi-se em 318,6 ha de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, 36,8 ha de *Pinus taeda* L., 154,9 ha de *Pinus elliottii* Engelm., 9,9 ha de floresta mista de araucária e *Pinus elliottii*, 34,1 ha de *Eucalyptus* sp., 5,0 ha de *Cryptomeria japonica*, (ICMBIO, MMA, Plano de Manejo da FLONA de São Francisco de Paula, 2006), versão preliminar não publicada.

De acordo com a classificação fisiográfica do Rio Grande do Sul, a área pertence à região dos Campos de Cima da Serra, formada por planícies de origem basáltica (RAMBO,1956). O relevo da região é suave, com recortes profundos de alguns rios, afluentes da bacia do Rio dos Sinos, como o Arroio Lajeado e o Rolantinho.

A região enquadra-se no grupo de solo São Bento, que abrange as formações da Serra Geral, Botucatu e Rosário do Sul. Especificamente, o local em estudo encontra-se na formação Serra Geral caracterizada por derrames de lava basáltica (BRASIL,1973 e CARRARO et al., 1974).

O solo da região faz parte da unidade de mapeamento Bom Jesus, sendo pouco desenvolvido e classificado como Cambisol Húmico. Suas principais características são: álico, textura argilosa, relevo ondulado a fortemente ondulado, e substrato basáltico. Predominam solos profundos, moderadamente drenados, de coloração escura e bruno-avermelhada, friáveis, ácidos e com baixa saturação de bases, apresentando teores elevados de alumínio trocável e de matéria orgânica, chegando a 5% no horizonte A. A fertilidade natural do solo, em alguns locais é elevada. Porém, existem variações frequentes quanto à ocorrência de perfis mais rasos, com horizonte B menos profundo, perfis litólicos, e perfis hidromórficos de altitude e afloramento de rochas. O solo, devido ao relevo, aliado a uma precipitação média elevada, é suscetível à erosão (EMBRAPA, 1999).

O clima dominante, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo "Cfb1", temperado úmido. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 18,3° C, no mês mais frio há uma variação entre -3°C e 18°C. A precipitação média anual é de 2468 mm e a umidade relativa do ar média de 86% (MORENO,1961). A precipitação média anual é de 2468 mm e a umidade relativa do ar média de 86% (MORENO,1961). Segundo dados da estação meteorológica do Ministério da Agricultura – INMET/ 8º Distrito, a precipitação média anual de 2252mm representa a região onde são registrados os maiores índices pluviométricos do Estado. A temperatura média anual é de 14,5°C; a média das máximas de 20°C; e a média das mínimas de 9,9°C e a mínima absoluta -6,5°C. Ainda segundo dados obtidos junto a FLONA de São Francisco de Paula, a precipitação média anual do período entre 2000 e 2008 foi de 1646 mm distribuídos em 112 dias do ano.

### 3.4 Caracterização das áreas experimentais e seleção das árvores amostras

Os dados para o estudo foram levantados em duas áreas experimentais, denominadas por um e dois.

A área experimental um continha regeneração natural de araucária em reflorestamento de *Pinus elliottii*. Após o corte raso do pinus a área recebeu novo plantio com a mesma espécie. A área dois estava estocada com araucária e, após os desbastes realizados aos 50 anos, foi interplantada com *Pinus elliottii* e *P. taeda*.

#### 3.4.1 Área experimental Um

A área experimental um foi instalada no talhão 21 na FLONA. Por ocasião da coleta dos dados, o plantio de *Pinus elliottii* Engelm., contava com 5 anos de idade e já exercia competição sobre a regeneração natural de araucária, conforme mostra a Figura 3 (esquerda). O talhão implantado em 1963, recebeu corte raso em 15 ha nos anos de 2001 e 2002, permanecendo a regeneração da araucária recrutada ao longo da rotação do povoamento principal. Segundo dados do inventário florestal, realizado por ocasião do corte, o povoamento de pinus contava com área basal de  $34,9\text{m}^2\text{ ha}^{-1}$  e altura média de 30 metros na idade de 38 anos. O povoamento foi enquadrado no índice de sítio 26 da tabela de produção do Plano de Manejo da FLONA de São Francisco de Paula. Em área remanescente de 5 ha, o talhão 21 contava, no ano de 2008, com 215 árvores de pinus com idades de 45 anos e 1400 araucárias regeneradas ao longo do anos, totalizando 1615 plantas por hectare.

Na área de estudo foram mantidas duas situações quanto ao manejo da regeneração natural de araucária.

Na primeira, denominada de MÓDULO I, foi realizado replantio de *Pinus elliottii*, em espaçamentos regulares de 2,0 m x 2,5 m, no ano de 2003, oferecendo concorrência à regeneração da araucária (Figura 3, esquerda). Neste consórcio, o total de plantas alcançou 2358, compondo-se de 1350 mudas de *Pinus elliottii*, 850 araucárias e 158 plantas de espécies nativas.

Na segunda área, denominada de MÓDULO II, não foi feito replantio de pinus, permanecendo somente a regeneração de araucária como plantas dominantes (Figura 3, direita). A regeneração natural de pinus, que poderia oferecer concorrência às araucárias, foi cortada durante o período de realização do estudo.



**FIGURA 3 - Exemplos de regeneração natural de araucária das classes de altura 2 e 3, Módulo I (esquerda) e classe de altura 1, Módulo II (direita). FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Devido à grande heterogeneidade nas dimensões da regeneração natural de araucária, com alturas variando de 0,5 m a 10,5 m, as árvores foram separadas em três classes de altura, segundo a metodologia adaptada de Daniel et al. (1982), a saber:

- Classe 1 – altura até 1,80 metros – pequenas;
- Classe 2 – altura entre 1,8 m e 3,2 metros – médias;
- Classe 3 – altura maior que 3,2 metros – grandes.

### 3.4.1.1 Coleta dos dados

Após a definição dos padrões de altura, foram identificadas 45 plantas, no Módulo I, com plantio de pinus intercalar e, no Módulo II, sem interplântio, foram identificadas outras 15 plantas de araucária.

A regeneração natural amostrada continha variações de altura, de diâmetros e, ainda, de idades.

Em cada classe de altura, 15 plantas foram selecionadas, numeradas sequencialmente e identificadas na altura do dap (diâmetro à altura do peito). Cada árvore amostra foi descrita e denominada como pertencente ao Módulo I.

No Módulo II, o mesmo procedimento foi realizado, sendo classificadas 5 árvores de regeneração de araucária em cada uma das três classes pré-estabelecidas.

Em local visível da regeneração foi amarrada uma fita e fixada uma placa plástica de identificação contendo o número da planta. A seguir, foram medidos os diâmetros à altura do peito, a altura total, a altura de inserção da copa e o diâmetro da copa tomado sob quatro raios localizados nos pontos cardeais.

Para tomada das medidas de diâmetro, altura e área da copa foram utilizadas fita dendrométrica, Vertex, trena e a vara graduada. Também foram registradas as coordenadas das árvores com auxílio de GPS, como indicador de referência.

Os procedimentos foram realizados em junho de 2006. A partir de então, os diâmetros e as alturas da regeneração de araucária foram acompanhadas semestralmente: junho de 2006, janeiro de 2007, julho de 2007, dezembro de 2007 e em abril de 2008. A coleta de fatias transversais para a análise de tronco total (ANATRO) foi realizada quando o pinus, interplântado, exerceu competição para a regeneração da araucária. Esse ponto, ocorreu de forma mais intensa, para os padrões de regeneração das classes de alturas pequenas e médias (Classe 1 e 2), tendo sido identificado no final do ano de 2007.

O acompanhamento do crescimento da altura da regeneração natural de araucária sob a floresta de pinus (Área experimental Um, Módulo I e II), no período que antecedeu a coleta das amostras para o estudo da análise de tronco, (junho de 2006 a abril de 2008), está apresentado na Tabela 1.

**TABELA 1 – Altura média da regeneração natural de araucária por classe de altura.**

Classe de altura	Altura das araucárias selecionadas (m)					Pinus concorrentes
	jun/06	jan/07	jul/07	dez/07	abr/08	abr/08
1	1,2	1,9	2,2	2,5	2,8	7,2
2	2,3	3,2	3,9	4,3	4,8	6,4
3	7,2	7,7	8,2	8,5	8,9	6,4

Em que; m= metros.

Os dados referem-se às alturas médias da regeneração da araucária nas classes de altura, previamente estabelecidas e acompanhadas durante dois anos. Nas classes 1 e 2, a araucária teve a altura ultrapassada pelo pinus interplantado, com cinco anos de idade, configurando a concorrência entre as plantas.

O agrupamento da regeneração natural de araucária em classes de altura permitiu a formação de estratos homogêneos, nos quais foram tomadas três plantas para fins do estudo retrospectivo do crescimento, por análise de tronco.

O critério de escolha das três plantas em cada classe de altura foi baseado em padrões de semelhança de vitalidade, características de copa e concorrência.

Nas plantas de mesma vitalidade, características de copa e de concorrência foi realizado sorteio sem reposição, para a seleção.

A coleta do material ocorreu em abril de 2008, período do repouso vegetativo.

As três plantas de cada classe de altura, nos Módulos I e II, foram abatidas e seccionadas, obtendo-se os discos de madeira ao longo do tronco, nas posições de 0,10m, 0,50m, 1,30m e de metro em metro. Estas foram levadas para o Laboratório de Crescimento e Produção da Universidade Federal de Santa Maria para a análise de tronco, possibilitando o estudo do crescimento de diâmetro e altura, seguindo a rotina descrita por Finger (1992).

### 3.4.2 Área experimental Dois.

A área experimental dois (Figura 2), localizada no talhão 15, na FLONA de São Francisco de Paula, foi reflorestada com araucária, no ano de 1959. Procederam-se dois desbastes seletivos: o primeiro em 1975 e o segundo em 1993.

Neste talhão, em uma área de 2,0 ha, as árvores de araucária do dossel superior foram abatidas no ano de 1997, permanecendo as plantas de araucária do estrato inferior, menos vigorosas e dominadas. Em 1998, foi realizado o plantio intercalar com mudas de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*.

O povoamento de araucária, antes do corte pelo alto, apresentava área basal de 20 m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> e, altura média de 12 m. Após o desbaste no estrato inferior, remanesceram 7,6m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> de área basal, diâmetro médio de 10 cm e altura média de 10,5 metros.

O novo sistema misto estabelecido apresentava-se no ano de 2008 com um total de 1527 árvores, sendo 741 araucárias e 786 pinus.

A Figura 4 mostra a situação de concorrência tomada em abril de 2008, por ocasião da coleta de dados para análise de tronco.

#### 3.4.2.1 Coleta dos dados

Na coleta dos dados foram tomadas, aleatoriamente, no ano de 2003, vinte árvores amostras de araucária, as quais foram igualmente mensuradas como descrito anteriormente para a área experimental um.

No período de 2003 à 2008 foram medidos o dap (diâmetro à altura do peito), altura total, altura da inserção dos galhos das árvores amostras e dos pinus limítrofes a estas. Em torno das vinte árvores de araucária foram quantificadas 55 árvores de pinus que exerciam concorrência. Os pinus apresentavam diâmetro médio de 8,6 cm em 2003, passando para 16,1cm, em 2008. A altura média era de 8,0 m, em 2003 e 11,3 m, em 2008. Nestes cinco anos de acompanhamento ocorreu a morte de 3 árvores de pinus concorrentes.

As árvores amostras de araucária na primeira medição em 2003 apresentaram um diâmetro médio de 14,1 cm e 16,4 cm em 2008. A altura média teve pouca alteração no período avaliado, mantendo-se em torno de 10,7 metros.

Dentre as 20 árvores, seis foram selecionadas para abate e medição dos anéis de crescimento. A altura média total das seis árvores selecionadas, em abril de 2008, era de 10,9 m. Nesta ocasião a altura das árvores concorrentes era de 11,3 metros, tendo o pinus ultrapassado a altura da araucária no período de 2007/2008.





**FIGURA 4 - Povoamento de Araucária, interplantado com *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. Talhão 15, FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

As seis árvores de araucária abatidas para análise de tronco estavam localizadas, duas a duas, na encosta inferior, média e superior do relevo. Estas reuniam características: de boa forma de copa e vitalidade, e apresentavam situação de concorrência semelhantes com o pinus, quantificado na data de corte.

### **3.5 Variáveis mensuradas nas árvores amostras**

Para fins de caracterização das árvores e povoamentos nas áreas estudadas, foram medidas variáveis dendrométricas, variáveis morfométricas, quantificada a concorrência entre árvores e medida a densidade dos povoamentos.



### 3.5.1 Variáveis dendrométricas:

Para avaliar o estado de desenvolvimento das árvores amostras e suas concorrentes foram determinados;

#### 3.5.1.1 Diâmetro (d)

O diâmetro à altura do peito (d), tomado a 1,30 m de altura, foi medido com suta, diretamente sobre as árvores, tomando-se duas medidas cruzadas do diâmetro e anotada a média com precisão de 0,5 cm. Em árvores de altura menor que 1,3m, não foi medido o diâmetro.

#### 3.5.1.2 Altura total (h)

A medição da altura total com precisão de cm foi realizada com fita métrica e vara graduada para regeneração com alturas pequenas e médias. Para a regeneração de árvores de grandes dimensões foi utilizado o hipsômetro Vertex, com precisão de 10 cm.

### 3.5.2 Variáveis morfométricas

Com a finalidade de descrever a forma e dimensão da copa das árvores, foram tomadas as seguintes dimensões:

### 3.5.2.1 Altura de inserção do primeiro galho vivo

Considerada a distância vertical ao longo do eixo da árvore medida do solo até o início da copa viva.

### 3.5.2.2 Comprimento da copa (Lc)

Obtida pela diferença entre a altura total e a altura de inserção do primeiro galho vivo.

### 3.5.2.3 Raios da copa

Tomados com auxílio de uma bússola, trena e Vertex, nos 4 pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste), com precisão de cm.

### 3.5.2.4 Diâmetro da copa (b)

Calculado pela duplicação do valor do raio médio da copa sobre o solo.

### 3.5.2.5 Área da copa (Ac)

Calculada pela projeção da copa sobre o solo, obtida pela fórmula:

$$Ac = \frac{\pi \cdot (b)^2}{4}$$

Em que: Ac= área da copa, b= diâmetro da copa

### 3.5.2.6 Relação h/d

Quociente entre a altura da árvore e o diâmetro.

### 3.5.2.7 Formal de copa

Razão entre o diâmetro da copa e o comprimento da copa

$$Fc = \frac{b}{Lc}$$

Em que.: Fc= Formal de copa, b= diâmetro da copa; Lc= Comprimento da copa

### 3.5.2.8 Percentagem de copa

É o comprimento da copa em relação a altura da árvore em percentagem.

$$\% \text{ Copa} = \frac{Lc}{h} * 100$$

Em que: % copa= Percentagem de copa; Lc= Comprimento da copa em m; h= altura total da árvore em m.

### 3.5.3 Medição da concorrência entre árvores

Para a descrição da concorrência foram levantados dados para cálculo de índices de concorrência, dependentes e independentes da distância.

### 3.5.3.1 Índice de Concorrência de Hegyi - (IC\_Hegyi).

Índice de Concorrência de Hegyi (1974), citado por Davis e Johnson (1987), foi calculado pela relação entre o diâmetro da árvore concorrente ( $dap_i$ ) e o diâmetro da árvore concorrida ( $dap_j$ ), multiplicado pelo inverso da distância entre as árvores ( $1/d_{ij}$ ). Quanto maior for o valor do IC\_Hegyi, maior será a competição entre as árvores.

$$I_H = \sum \frac{dap_i}{dap_j} * \frac{1}{d_{ij}}$$

Em que;  $dap_i$ = diâmetro da árvore concorrente;  $dap_j$ = diâmetro da árvore concorrida;  $d$ = distância entre as árvores consideradas.

### 3.5.3.2 Índice de Concorrência Silvicultural (IC\_S)

A partir do modelo usado por Hegyi, foram definidas como árvores concorrentes aquelas que, por critério silvicultural, exercessem concorrência efetiva. Neste caso as árvores posicionadas ao redor da árvore objetivo foram verificadas quanto à dimensão de copa e altura, avaliando sua capacidade de concorrer com a árvore objetivo.

Assim, somente as árvores posicionadas ao redor da árvore objetivo e que exercessem concorrência foram consideradas. O cálculo desse índice foi feito com a fórmula de Hegyi, acima.

### 3.5.3.3 Índice do Espaço de Crescimento Seebach (I\_Seeb).

Expresso pela relação entre o diâmetro da copa ( $b$ ) e o diâmetro da árvore ( $d$ ), representando a variação da área de projeção de copa em relação à dimensão do diâmetro da árvore. Assim, quanto menor for o valor deste índice, menor será a

área ocupada pela copa para produzir um diâmetro específico, maior será a área basal, e o volume por hectare.

$$I_{Seeb} = \left(\frac{b}{d}\right)^2$$

Em que; b = diâmetro da copa; d= diâmetro da árvore.

#### 3.5.3.4 Índice de BAL Modificado (Basal Area Larger)

O índice de BAL quantifica a concorrência por espaço entre as árvores considerando como competidoras aquelas com área basal maior que a árvore considerada. Quanto maior o índice, maior a competição exercida sobre o indivíduo considerado (DELLA-FLORA, 2001).

Calculado pelo somatório das áreas basais superiores à árvore considerada..

$$BAL = \sum_{i=1}^n g$$

Em que: n= número de árvores com circunferência à altura do peito maior que a árvore amostra no ponto amostral g= área basal transversal em metros quadrados.

#### 3.5.4 Medidas de densidade do povoamento

Indicam o estágio de desenvolvimento de um povoamento, o estado de grandeza e o grau de aproveitamento do solo pelas árvores, podendo ser expressas pela área basal, volume, número de árvores, e superfície de copas por unidade de área.

Para quantificar o número de plantas por hectare e a área basal foi utilizado o método de Spurr (1962), que considera o fator de área basal fixo de 2,3, tendo como ponto central as árvores amostras, neste caso 18 araucárias selecionadas na área experimental um e 6 na área experimental dois. A área da amostra é variável de acordo com as dimensões das plantas, sendo mais apropriada para levantamentos de áreas plantadas (área dois) e da regeneração natural com diferentes dimensões (área um).

### 3.6 Coleta de dados para estudo retrospectivo do crescimento

O estudo retrospectivo do crescimento em diâmetro e da altura, de acordo com a área estudada, foi feito pela análise de tronco total.

Nas áreas experimentais foram derrubadas árvores amostras (Figura 6). Para isso, os indivíduos selecionados foram abatidos com o uso de motosserra e retirados discos de 5,0 cm de espessura na altura de 0,10 m, de 0,50 m, de 1,30 m e de 1 em 1 metro ao longo do tronco. Próximo ao ápice, esta distância foi reduzida retirando-se a fatia entre os nós.



**FIGURA 5 - Corte das araucárias selecionadas como Amostras, área experimental dois, Talhão 15. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

As posições de retirada das fatias no tronco, bem como a altura total da árvore foram registradas em fichas próprias, segundo metodologia descrita por Schneider et al. (1988). As fatias foram identificadas em uma face, com uso de lápis anilina, constando o número da árvore amostra e a posição de retirada do tronco. Os discos acondicionados em sacos de ráfia foram transportados para o Laboratório de Crescimento e Produção da UFSM. Após 24 horas expostos em ambiente

ventilado e sem luz solar direta, os discos foram secos em estufa com ventilação forçada, a uma temperatura de 40° centígrados, pelo período de 5 dias quando atingiram peso constante.

As peças foram lixadas, iniciando-se com lixa de grã 60, eliminando as marcas da motosserra. Para as amostras da regeneração, conseguiu-se boa visibilidade dos anéis, usando-se uma segunda lixa com grã de 180. Para as árvores do Talhão 15, (Área experimental 2), onde o crescimento diamétrico foi reduzido, fez-se necessário ainda o uso de lixas de 240, 320 e de 500, de forma que as peças ficassem com polimento perfeito para a definição dos limites dos anéis.

A medição dos anéis de crescimento foi feita sobre quatro raios perpendiculares marcados sobre cada fatia, sendo o primeiro marcado com ângulo de 45° no sentido anti-horário em relação ao maior raio da seção, e os demais a 90° um do outro. Os anéis de crescimento foram identificados com microscópio estereoscópio marca Leica, com aumento de 6.3, e suas espessuras medidas com auxílio de mesa de medição micrométrica, com deslocamento horizontal e precisão de 1/100 mm, e um sistema de iluminação de fibra ótica, para melhor visualizar a amostra, acoplada a um computador com sistema operacional Windows para operação do software TSAP-Win (2000). A medida dos raios foi feita no sentido medula para a casca.

A identificação dos anéis de crescimento foi realizada de acordo com a orientação de Schweingruber (1996), que descreve os problemas na identificação dos anéis próximos à medula e a existência de falsos anéis causados por estresse.

Após a medição dos anéis de crescimento, realizado no aparelho LINTAB II,(2000), foram gerados arquivos de dados com informações de controle das árvores e das dimensões dos raios. Posteriormente, este arquivo foi transformado, através de programa ANARQ.EXE, num arquivo tipo dat e esse lido no programa ANATRON. EXE (Schneider,1984) que realiza os cálculos dendrométricos por idade, gerando diâmetro, altura, área basal, volume e seus incrementos, além do fator de forma.

De posse destes dados, foram testados modelos matemáticos para ajuste da equação que melhor expressasse o crescimento do diâmetro e da altura, em função da idade.

### 3.7 Modelagem do crescimento e das variáveis dendrométricas

Com os dados levantados foram ajustados modelos de crescimento lineares, citados na literatura, e funções obtidas por procedimento stepwise de regressão do sistema estatístico Statistical Analysis System, SAS Institute (1999).

Na descrição do crescimento foram utilizadas as equações que melhor expressavam o crescimento em diâmetro e altura em função da idade e a descrição do incremento periódico percentual médio da altura (IPM<sub>h</sub>), conforme sumarizado na Tabela 2.

**TABELA 2 - Avaliação nas áreas experimentais da FLONA de São Francisco de Paula – RS .**

Local	Área Experimental	Estudos realizados		
São Francisco de Paula	Um (1)	$h = f(t)$		
	Dois (2)	$h = f(t)$	$d = f(t)$	$i_h = f(t)$

Em que: h= altura em m; d= diâmetro em cm; t= idade em anos; i<sub>h</sub>= incremento em altura em m.

#### 3.7.1 Seleção de equações

Em decorrência da grande heterogeneidade dimensional das árvores amostras, e do processo de regeneração natural ser contínuo no tempo, após seu estabelecimento inicial, alguns modelos puderam ser diretamente descartados, como os modelos não lineares para descrever o crescimento de árvores com pouca idade.

Na Tabela 3 foram relacionados modelos testados para descrever o crescimento em função da idade.

Além dos modelos relacionados, eventualmente foram realizadas mudanças na variável independente do modelo básico como a logaritmização, elevação à potência dois, ou três, a fim de melhorar o ajuste e precisão.

A variável y representou o diâmetro à altura do peito, a altura total, e os incrementos de acordo com o interesse de ajuste.



**TABELA 3 – Modelos para descrever o crescimento das araucárias nas áreas experimentais Um (1) e Dois (2). FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Equação	Modelo	Autor
1	$y = e^{(b_0+b_1 \ln x)}$	Stofells
2	$y = e^{(b_0+b_1 1/x)}$	Shumacher/Curtis
3	$y = e^{(b_0+b_1 \ln x+b_2 \ln^2 x)}$	Backmann
4	$y = e^{(b_0+b_1 1/x+b_2 \ln x)}$	Hoerl
5	$y = e^{(b_0+b_1 x+b_2 x^2+b_3 x^3)}$	Moiseev
6	$y = e^{(b_0+b_1 \ln x+b_2 x)}$	Gram
7	$y = x^2 / b_0 + b_1 x + b_2 x^2$	Prodan
8	$y = b_0 * (1 - e^{(-b_1 x) b_2})$	Chapman - Richards
9	$y = b_0 + b_1 * (1/x)$	Curtis
10	$y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$	Parabólica
11	$y = b_0 + b_1 x^3$	Cúbica
12	$y = b_1 x$	Linear simples sem intercepto

Em que: y= variável dependente, assumindo o diâmetro à altura do peito, a altura, incremento em diâmetro e incremento em altura, conforme a conveniência; x=variável independente, a idade em anos;  $b_0, b_1, b_2, \dots$  = coeficientes das equações; ln= logaritmo neperiano; e= exponencial.

### 3.7.2 Parâmetros estatísticos para seleção do modelo de regressão

A seleção do melhor modelo foi realizada por ranqueamento, considerando o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), o coeficiente de variação (CV%), e o valor de significância de F.

O valor ponderado (VP) foi o critério considerado para selecionar as equações, tomando-se como base os parâmetros estatísticos de cada equação. Atribuiu-se pesos às estatísticas calculadas, sendo ordenados de acordo com a eficiência. A melhor equação recebia peso 1 e as demais, valores crescentes, formando uma escala de valores, para cada parâmetro. O somatório formou o valor ponderado.

A equação que apresentou o menor valor ponderado dos escores foi considerada a equação selecionada

O sistema estatístico SAS subprograma regression, na aplicação para os modelos lineares apresenta parâmetros estatísticos com os resultados já calculados.

Para as equações não lineares estes parâmetros foram calculados pelas fórmulas usuais apresentadas aqui.

### 3.7.2.1 Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ )

O coeficiente de determinação  $R^2$  determina o grau de ajustamento da equação ao conjunto de dados. Apresenta valores de 0,0 a 1,0 sendo que quanto mais próximo de 1,0 melhor é o ajuste; portanto, melhor o modelo.

Para esse fim foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado, pois permite comparar equações com diferentes números de coeficientes, sendo calculado pela equação:

$$R^2_{aj} = R^2 - \left( \frac{k-1}{n-k} \right) * (1 - R^2)$$

Em que: k= número de coeficientes do modelo; n= número de observações;  $R^2$ = coeficiente de determinação.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), foi calculado pela expressão:

$$R^2 = \frac{SQ_{regressão}}{SQ_{total\ corrigido}}$$

Em que:  $R^2$ = Coeficiente de determinação; SQ= Soma dos Quadrados da regressão; SQtc= Soma dos Quadrados total corrigido.

### 3.7.2.2 Coeficiente de Variação (CV%)

O coeficiente de variação (CV%) foi obtido pela razão entre o erro padrão da estimativa e a média da variável dependente. O melhor modelo foi aquele que apresentou menor valor percentual do coeficiente de variação.

$$CV\% = \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} * 100$$

Em que: CV%= coeficiente de variação em percentagem;  $S_{yx}$ = erro padrão da estimativa;  $\bar{Y}$ = média da variável dependente.

### 3.7.2.3 Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ )

Calculado pela raiz quadrada da soma dos quadrados dos resíduos, expressa o desvio padrão das distâncias verticais dos valores observados até a linha da regressão. Esses são chamados de resíduos, sendo expressos na mesma unidade de y, indicando a precisão do ajuste do modelo. (SCHNEIDER e SCHNEIDER, 2008).

$$S_{yx} = \sqrt{SQM}$$

Em que:  $S_{yx}$ = erro padrão da estimativa; SQM= Soma do quadrado médio dos resíduos,

O quadrado médio dos resíduos foi obtido pela raiz quadrada da soma dos quadrados total diminuído da soma dos quadrados da regressão, expresso pela fórmula:

$$QM_{res} = \sqrt{\frac{SQ_{total} - SQ_{reg}}{n - k - 1}}$$

Em que:  $QM_{res}$ = Quadrado médio dos resíduos;  $SQ_{total}$ = Soma dos Quadrados total;  $SQ_{reg}$ = Soma dos Quadrados da Regressão; n= nº de observações; k= nº de coeficientes da equação angular.

### 3.7.2.4 Valor significância de F

O valor de F calculado na análise da variância das equações foi utilizado como um dos parâmetros estatísticos na relação do modelo, sendo o melhor modelo aquele que apresentasse maior valor de F.

Calculado pela razão entre o quadrado médio do modelo pelo quadrado médio do erro.

$$F = \frac{QM_{md}}{QM_{erro}}$$

Em que: F= valor de significância;  $QM_{md}$ = quadrado médio do modelo;  $QM_{erro}$ = quadrado médio do erro.

### 3.7.2.5 Distribuição dos resíduos

Para confirmar ou justificar a escolha entre equações com semelhança de valores ponderados, realizou-se a análise dos resíduos entre os valores reais e os valores estimados pelo modelo, verificando-se a tendência dos valores, sendo eleita a equação que apresentou a menor diferença entre estes valores.

## 3.8 Análise comparativa do crescimento

### 3.8.1 Análise de Covariância

A análise foi empregada para testar as hipóteses de igualdade em nível e inclinação entre as curvas de regressão em função da co-variável de classificação árvore.

A análise foi realizada no Sistema SAS, no procedimento General Linear Models (GLM) associando a variável de classificação a uma ou mais variáveis independentes.

Em todas as situações foram analisadas a significância do teste F a nível de 5% de erro utilizando a soma dos quadrados do Tipo III. A inclinação definida pela variável Class, para cada árvore amostra, segundo a interação da variável independente X árvore.

### 3.8.2 Análise de Correlação de Pearson

A correlação entre as variáveis morfométricas e dendrométricas levantadas a campo, em cada unidade experimental, foi obtida com o Coeficiente de Correlação de Pearson, que é a divisão da covariância entre as duas variáveis pelo produto de seus desvios.

$$r_{x,y} = \frac{\text{Cov}(x,y)}{\sqrt{\text{Var}(x) \cdot \text{Var}(y)}}$$

Em que:  $r_{x,y}$  = Coeficiente de correlação de Pearson;  $\text{Cov}(x,y)$  = Covariância de x,y;  $\text{Var}(x)$ ;  $\text{Var}(y)$  = Variância de x e y (Schneider, 1998).

A correlação de Pearson indicou a força e a direção do relacionamento linear entre as duas variáveis. Quanto mais se aproxima do valor absoluto 1, maior a correlação, sendo igual a 1 a correlação será perfeita, sendo igual a 0, as duas variáveis não dependem uma da outra linearmente.

Quando o valor de  $r_{x,y} = r$  (Pearson) for positivo, as duas variáveis crescem no mesmo sentido, quando  $r_{x,y} = r$ , for negativo, o aumento de uma implica no decréscimo da outra. Para analisar o grau de associação das variáveis da correlação utilizou-se a escala de valores, com os pesos:

$$0,8 \leq r < 1 = \textit{forte}$$

$$0,5 \leq r < 0,8 = \textit{moderada}$$

$$0,1 \leq r < 0,5 = \textit{fraca}$$

Portanto, a análise de correlação teve como objetivo identificar as variáveis que mais fortemente influenciaram e encontravam-se relacionadas com o desenvolvimento da altura e do diâmetro, no intuito de explicar o desempenho do crescimento ao longo da idade estudada. Ao relacionar as situações específicas de concorrência, e ações de manejo realizadas nas áreas de estudo, buscou-se conhecer a dependência entre as variáveis, muito embora Costa Neto (1977), afirme que existindo correlação entre as variáveis, nada se possa afirmar, portanto a correlação apenas indicaria uma associação, mas não invalida determinada situação ou ocorrência constatada na análise estatística da covariância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento em altura da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, regenerada em sub-bosque de *Pinus elliottii*.

A descrição do crescimento em altura, estratificada em classes de dimensões, e sob a condição de plantas que, após o corte do povoamento de pinus, se encontravam com e sem competição, foi realizada com a modelagem resultando em equações de maior ordem, à medida que as plantas alcançaram maior altura e idade. Mesmo dentro de uma classe de dimensão, foram verificadas diferenças expressivas na idade das árvores por ocasião do corte.

A análise de tronco das árvores forneceu as dimensões do diâmetro, da altura e o incremento em altura para cada idade. Possibilitou também determinar o ano de germinação da planta, associando-o aos eventos ocorridos na floresta.

Em se tratando de crescimento da altura em função da idade, entre seis modelos testados, foram selecionados o de Prodam e Backmann para descrever a altura dominante e a altura média, respectivamente, para as espécies pinus e araucária quando da elaboração do Plano de Manejo da FLONA de São Francisco de Paula, em 1989. Finger e Cozer (1991), estudando a influência da intensidade dos desbastes, no desenvolvimento da altura média e altura dominante para *Pinus elliottii* Engelm. utilizaram o modelo de Backmann. Já para as espécies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. maid. e *E. urophylla* S.T.Blake, com 6,5 anos de idade, Cabacinha (2003) utilizou as equações de Prodam e Curtis. De forma geral, no estudo da altura da araucária regenerada sob o pinus, dentre os modelos testados para descrever o crescimento, o modelo expresso por  $y = b_1 t^2$  obteve bom desempenho, apresentando coeficiente de determinação ajustado superior a 71% em todas as classes de altura, nas condições de plantas com ou sem concorrência pelo interplântio de pinus da segunda rotação.

## 4.1.1 Classe de Altura 1 – Plantas com altura até 1,8 metros

Nas Tabelas 4 e 5 foram reunidos os valores observados para cada árvore amostra que apresentava até 1,8 m de altura quando da instalação do experimento, sob condição de concorrência e sem concorrência, respectivamente.

**TABELA 4 - Eventos silviculturais e idades do *Pinus elliotti* Engelm. e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura para a regeneração natural de araucária, da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

ANO		ÁRVORE	IDADE	d	h	ICA <sub>h</sub>
Corte Final	2002	112	1		0,20	0,20
Plantio Pe	2003		2		0,42	0,22
1	2004		3		0,84	0,42
2	2005		4		1,17	0,33
3	2006		5	1,5	1,80	0,63
4	2007		6	2,5	2,85	1,05
5	2008		7	3,5	3,70	0,85
Corte Final	2002					
Plantio Pe	2003	113	1		0,68	0,68
1	2004		2		0,85	0,17
2	2005		3		1,16	0,31
3	2006		4	1,3	1,80	0,64
4	2007		5	2,8	2,75	0,95
5	2008		6	4	4,50	1,75
Corte Final	2002	114	1		0,30	0,30
Plantio Pe	2003		2		0,41	0,11
1	2004		3		0,65	0,25
2	2005		4		1,05	0,39
3	2006		5	1,3	1,80	1,02
4	2007		6	2,5	3,01	0,95
5	2008		7	3,5	4,00	0,99

Em que: Idade= anos; d= diâmetro em cm sem casca; h= altura em metros; ICA<sub>h</sub>= incremento corrente anual em altura em cm; Pe= *Pinus elliottii*.

**TABELA 5 – Eventos silviculturais do *Pinus elliottii* Engelm. e idades, alturas e incrementos correntes em altura para a regeneração natural de araucária, da classe de altura 1 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

ANO		ARVORE	IDADE	d	h	ICA <sub>h</sub>
REC	1999	214	1		0,15	0,15
DL	2000		2		0,21	0,06
	2001		3		0,33	0,12
Corte Final	2002		4		0,44	0,11
	2003		5		0,57	0,13
	2004		6		0,69	0,12
	2005		7		0,88	0,19
	2006		8		1,16	0,28
	2007		9	1,7	1,65	0,49
	2008		10	3,1	3,00	1,35
REC / DL	2000	215	1		0,13	0,13
	2001		2		0,17	0,04
Corte Final	2002		3		0,25	0,08
	2003		4		0,35	0,1
	2004		5		0,51	0,16
	2005		6		0,73	0,22
	2006		7		1,02	0,29
	2007		8	0,7	1,60	0,58
	2008		9	1,9	2,60	1,00
Corte Final	2002					
	2003					
REC	2004	216	1		0,22	0,20
	2005		2		0,44	0,22
	2006		3		0,98	0,54
	2007		4	1,9	1,80	0,82
	2008		5	3,9	3,50	1,70

Em que: REC=Recrutamento; DL= Desbaste Leve; Idade= anos; d= diâmetro em cm sem casca; h= altura em metros; ICA<sub>h</sub>= incremento corrente anual em altura em cm.

As árvores da classe de altura 1 possuíam idade média de 7,3 anos, idade mínima de 5 anos e máxima de 10 anos (Tabelas 4 e 5). As de maior incremento em altura foram as de menor idade, árvores 113 e 216.

O fator determinante do surgimento da regeneração foi a abertura no dossel, decorrente do manejo no povoamento. De acordo com os dados cadastrais onde estão registrados os tratamentos silviculturais realizados nos talhões e a idade das árvores amostradas, nos anos próximos à realização do desbaste leve (DL), estabeleceu-se



a regeneração das árvores 214 e 215. Após o corte raso das árvores de pinus, regeneraram as árvores 112, 113, 114 e 216.

Plantios experimentais de araucária, acompanhados pela EMBRAPA em 1986, no Município de Cascavel - PR, em espaçamento de 3m X 2m, apresentaram, aos 4 anos de idade, altura média de 5,2m e diâmetro médio de 8,0cm. As árvores amostras, 113 com 6 anos e 216 com 5 anos, apresentaram alturas e diâmetros menores (Tabela 4 e 5). O experimento da EMBRAPA apresentou uma relação h/d de 65, enquanto a regeneração natural de araucária da área de estudo apresentou relação h/d de 71 e 86, para as árvores com e sem competição, respectivamente. Um maior grau de esbeltez indicou a existência de uma maior competição entre as plantas.

#### 4.1.1.1 Descrição do crescimento das árvores sujeitas á competição

Dentre os modelos matemáticos testados para descrever o crescimento em altura, apresentados na Tabela 3, foram relacionados, na Tabela 6, os de melhor desempenho para as árvores da classe de altura 1, com alturas até 1,80m na data da instalação do experimento. Estas árvores, por ocasião do corte, sofriam competição direta de outras plantas e posteriormente do interplântio de pinus.

**TABELA 6 - Equações para descrever o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária da classe de altura 1, sob a condição de concorrência do *Pinus elliottii* Engelm.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	Cv%	F <sub>Cal</sub>	Escores			Total
1	$h = t^2 / b_0 + b_1 t + b_2 t^2$	9,078	0,274	0,023	0,868	28,24	123,43	4	4	4	12
2	$h = t^2 / b_1 t + b_2 t^2$	-	3,812	-0,302	0,873	27,84	194,85	3	3	2	8
3	$h = b_1 t^2$	-	0,086	-	0,954	27,46	400,01	1	2	1	4
4	$h = b_0 + b_1 t^2$	0,239	0,079	-	0,883	26,72	144,61	2	1	3	6

Em que: h= altura em m; t= idade em anos; b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub> = coeficientes da regressão; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.

Os modelos relacionados na Tabela 6, apresentaram coeficientes de determinação ajustado variando entre 86 e 95%, com coeficiente de variação próximo a 27%.

Sob o critério da seleção, que considera o total de pontos, o modelo 3 (modelo quadrático) foi escolhido para descrever as alturas de plantas com competição nesta classe, com quatro pontos.

A análise gráfica da distribuição dos resíduos não mostrou nenhuma tendência de ajuste, confirmando a seleção do modelo.

O ajuste do modelo selecionado para os dados de cada árvore individualmente elevou o coeficiente de determinação para 99% e reduziu o de variação para 11%, aproximadamente, conforme apresentado na Tabela 7.

**TABELA 7 - Coeficientes estatísticos de ajuste e precisão do modelo,  $h = b_1 t^2$  para árvores da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Árvore	$b_1$	$R^2_{AJ}$	CV%	F cal
112	0,076	0,997	7,28	2090,63
113	0,121	0,980	17,19	291,83
114	0,080	0,993	10,73	1010,35

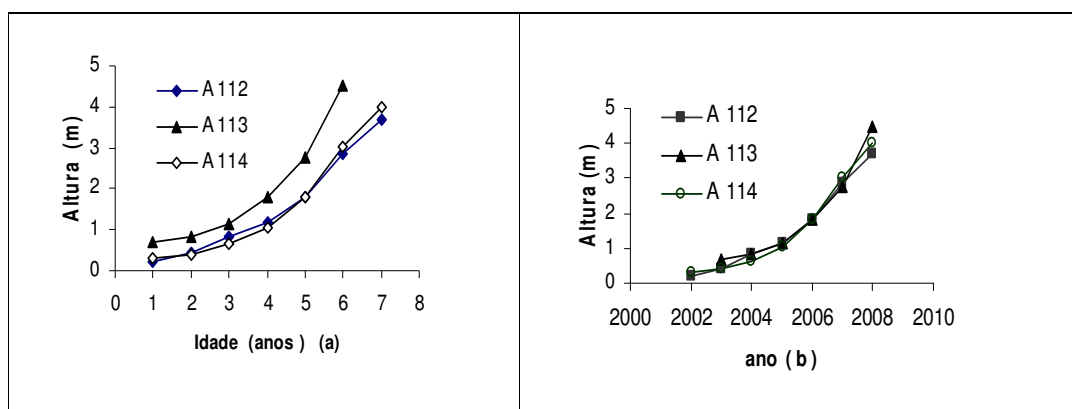
Em que:  $b_1$  = coeficiente da regressão;  $R^2_{AJ}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em%;  $F_{cal}$  = valor de F da análise da variância.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados o crescimento em altura das árvores de cada classe, com e sem concorrência, respectivamente. As curvas individuais foram calculadas com o modelo selecionado e representadas em função da idade (a) e em função do ano de seu recrutamento (b), pois todas as árvores tiveram em comum o ano de corte, havendo diferença de idade em função do ano de seu estabelecimento como regeneração natural. As árvores dessa classe de altura alcançaram, entre 2002, ano da liberação, e 2008, ano do seccionamento para estudo de análise de tronco, cerca de 4 m de altura.

A Figura 6 (a) mostra que as árvores 112 e 114 tiveram curvas sobrepostas, enquanto a árvore 113 encontra-se em nível superior às anteriores, demonstrando ter maior incremento.

Deve ser observado que a árvore 113 tem menor idade que as demais, estabelecendo-se no ano seguinte ao do corte raso; portanto, cresceu exposta à luz

direta. A Figura 6 (b), que mostra as curvas de crescimento representadas segundo o ano de recrutamento da árvore, apresenta as curvas sobrepostas, mas com tendência de manutenção do maior incremento em altura da árvore 113 nos anos seguintes.



**FIGURA 6 - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. que se encontrava sob competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula-RS**

4.1.1.2 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucárias da classe de altura 1, mantidas sob competição.

A análise de covariância (ANACOVA) das curvas de crescimento em altura da regeneração natural, árvores 112, 113 e 114 que cresceram sob competição, indicou diferença significativa para a inclinação das curvas de crescimento,  $F_{\text{prob}} 0,003$ . O teste de coincidência não tem sentido de ser realizado visto que o modelo não tem intercepto, sendo as curvas coincidentes, conforme apresentado na Tabela 8.

O mesmo teste aplicado às curvas de crescimento em altura da regeneração natural das árvores 112 e 114, que apresentaram grande semelhança no desenvolvimento (Figura 6), confirmou, na análise da covariância (Tabela 8), que as duas curvas tinham mesma inclinação indicada com a falta de significância da interação Idade X Árvore ( $t^2 \times Arv$ ), obtida pela soma de quadrados do Tipo III. A não significância desta interação confirma o paralelismo das curvas de crescimento, também evidenciado na Figura 6 (a) e (b).

**TABELA 8 – Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 1 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula-RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Prob >F
Árv 112 x 113 x 114	3	0,286	0,09	2,49	0,103
t <sup>2</sup>	1	31,026	31,03	811,10	0,0001
t <sup>2</sup> x árv	2	0,725	0,04	9,47	0,003
Resíduo	14	0,536	0,04	-	-
Árv 112 x 114	2	0,030	0,15	0,67	0,535
t <sup>2</sup>	1	21,955	21,95	972,39	0,0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,039	0,04	1,73	0,218
Resíduo	10	0,226	-	-	-

Em que: FV=fonte de variação; GL= graus de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM= quadrado médio; Fcal= F calculado; Prob.> F= nível de probabilidade de erro; significância de F a 5%, com a função  $y = b_1x^2$ ; x= idade.

A significância existente, deve-se à regeneração 113 ter, na primeira análise apresentado nível de crescimento levemente superior e maior altura que as demais, mesmo com um ano de idade a menos. A mesma recrutou livre do povoamento de pinus, e apresentou o índice de competição silvicultural igual a 3,8; e nas árvores 112 e 114, este valor estava em torno de 5,3; indicando maior concorrência.

#### 4.1.1.3 Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição

A modelagem do crescimento em altura com as árvores que permaneceram sem concorrência, após o corte da floresta de pinus, indicou o modelo linear simples e o quadrático sem intercepto para descrever o crescimento em altura, conforme foi relacionado na Tabela 9.

**TABELA 9 - Equações que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, Classe de altura 1 crescendo sem concorrência do *Pinus elliottii* Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F <sub>Cal</sub>	Escores			Total
1	$h = b_1t$	-	0,210	0,731	71,34	66,14	1	1	1	3
2	$h = b_1t^2$	-	0,027	0,711	73,97	59,97	2	2	2	6

Em que: h= altura em m; t= idade em anos; b<sub>0</sub> e b<sub>1</sub>; = coeficientes da regressão; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.

Sob o critério de escores para a seleção, o modelo 1, que representa uma função linear sem intercepto, foi selecionado. A análise gráfica dos resíduos desse modelo mostrou pequena tendência levando à seleção do modelo 2, quadrático sem intercepto, com coeficiente de determinação pouco menor e coeficiente de variação de 73,9%.

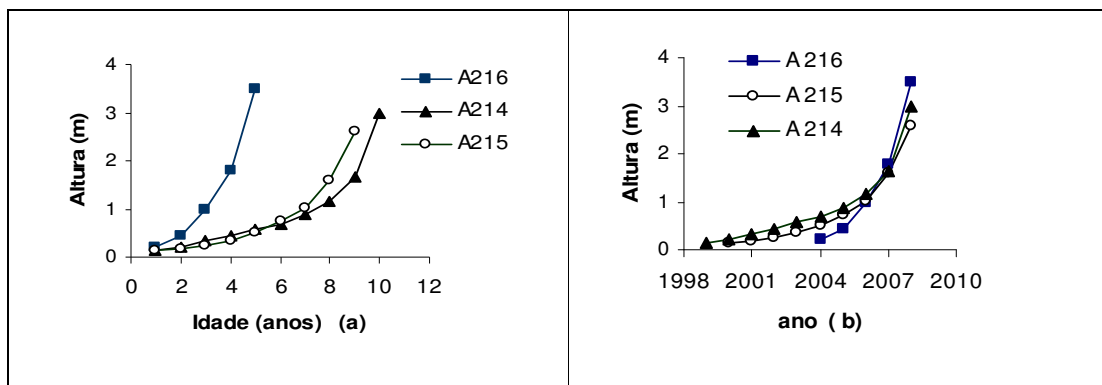
O ajuste do modelo selecionado para os dados de cada árvore individualmente elevou o coeficiente de determinação ajustado para 95% e reduziu o de variação, conforme apresentado na Tabela 10.

As curvas apresentadas na Figura 7 (a), elaboradas em função da idade, mostram diferença de inclinação e idade. Ao serem construídas em relação ao ano, com a dimensão final locada no ano do corte, verificou-se que as curvas mostram inclinações semelhantes para as duas árvores que recrutaram nos anos anteriores ao corte raso do povoamento de pinus. Já a árvore que recrutou dois anos após o corte raso, árvore 216, estabelecida no ano de 2004, teve crescimento inicial mais acelerado, sobrepondo a altura das árvores 214 e 215 estabelecidas nos anos de 1998 e 1999, respectivamente. Considerando que o povoamento de pinus sofreu corte raso em 2002, essas duas árvores cresceram e permaneceram sob o dossel da floresta por quatro e três anos, respectivamente, apresentando crescimento idêntico. Por outro lado, a árvore 216 já nasceu sem concorrência, explicando assim o maior crescimento.

**TABELA 10 - Coeficientes estatísticos de ajuste e precisão do modelo  $h = b_1 t^2$ , para árvores de araucária da classe de altura 1, sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Árvore	$b_1$	$R^2_{AJ}$	CV%	Fcal
214	0,024	0,945	31,78	171,22
215	0,027	0,962	26,82	228,52
216	0,130	0,986	15,76	344,72

Em que:  $b_1$  = coeficiente da regressão;  $R^2_{AJ}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em%;  $F_{cal}$  = valor de F da análise da variância.



**FIGURA 7 - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

#### 4.1.1.4 Comparação do crescimento em altura da regeneração de araucária, árvores da classe de altura 1 mantidas sem competição.

Na análise de covariância das curvas de crescimento em altura da regeneração natural 214, 215 e 216 (Tabela 11), foram encontradas diferenças significativas Prob.  $F > 0,0001$ , com  $F_{cal} = 31,63$  para a inclinação das curvas de crescimento da altura.

Ainda na Tabela 11, a comparação entre as curvas de crescimento em altura das árvores 214 e 215, não mostrou diferença de inclinação, Prob  $F > 0,346$  com  $F_{cal} = (1; 15; 0,05\%) = 0,95$ , indicando o paralelismo das curvas.

**TABELA 11 - Comparação do crescimento entre a árvores de regeneração natural de Araucária da classe de altura 1 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Prob> F
Árv 214 x 215 x 216	3	0,042	0,01	0,20	0,898
$t^2$	1	12,049	12,05	168,86	0,0001
$t^2 \times \text{árv}$	2	4,514	2,26	31,63	0,0001
Resíduo	18	1,284	0,07	-	-
Árv 214 x 215	2	0,021	0,01	0,14	0,870
$t^2$	1	10,695	10,69	144,02	0,0001
$t^2 \times \text{árv}$	1	0,070	0,07	0,95	0,346
Resíduo	15	1,114	-	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Grau de liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; Fcal= F calculado; Prob.>F= nível de probabilidade do erro; Ftab= F tabelado; significância de F a 5%, com a função  $h = b_1 t^2$ ; Árv= árvore; t= idade.

A análise gráfica das curvas de crescimento em altura das árvores da classe 1 sem concorrência evidenciou a diferença de inclinação da curva da regeneração natural 216 (Figura 7 a). A razão desta diferença encontra-se no ano do surgimento da regeneração (2002), após o corte raso do povoamento de *Pinus elliottii*, tendo assim a planta crescido livre de concorrência.

As árvores de regeneração natural 215 e 214 não mostraram diferença de crescimento em altura, pois recrutaram e permaneceram sob o dossel do povoamento principal durante três e quatro anos, respectivamente, vindo posteriormente a crescer com taxas de incrementos semelhantes.

#### 4.1.1.5 Análise comparativa do crescimento em altura entre a regeneração natural de araucária, crescendo com e sem competição.

A comparação das curvas de crescimento da regeneração natural com alturas iniciais até 1,80 metros, conduzidas com e sem concorrência de outras plantas (Tabela 12), mostrou diferenças significativas ( $\text{Prob } F > 0,0001$ , com  $F_{\text{cal}}=56,65$ ) para a inclinação das curvas.

Nesta análise, a curva tomada como referencial foi a árvore amostra 216 que compara as inclinações com as demais. Portanto, a análise da classe 1 com e sem concorrência, a qual avalia a inclinação do coeficiente  $b_1$ , interação ( $t^2 \times \text{arv}$ ), mostrou significância, indicando diferença no ritmo de crescimento em altura, observado também pela análise gráfica da Figura 8.

Na Tabela 12, verificou-se a igualdade de inclinação, ou seja, de crescimento entre as árvores de regeneração natural 214 e 215 ( $F_{\text{prob}} > 0,346$ ) como também o paralelismo das curvas de crescimento em altura, entre as árvores amostras 216 e 113 ( $F_{\text{prob}} > 0,121$ ) e das árvores 112 e 114 ( $F_{\text{prob}} > 0,218$ ).

As semelhanças no crescimento ocorrem aos pares, de acordo com o recrutamento ter sido antes ou após o corte raso, comprovado pela análise de covariância.

**TABELA 12 – Análise de covariância entre a regeneração natural de Araucária da classe de altura 1 crescendo com e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Prob >F
Árv 112 x113 x114 x 214 x 215 x216	6	0,328	0,06	0,96	0,467
t <sup>2</sup>	1	39,285	39,29	690,98	,0001
t <sup>2</sup> x árv	5	16,110	3,22	56,65	,0001
Resíduo	32	1,820	0,06	-	-
Árv 216 x 113	2	0,277	0,14	2,02	0,203
t <sup>2</sup>	1	15,577	15,58	227,08	,0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,213	0,21	3,11	0,121
Resíduo	7	0,480	0,07	-	-
Árv 214 x 215	2	0,02	0,01	0,14	0,870
t <sup>2</sup>	1	10,69	10,69	144,02	0,0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,07	0,07	0,95	0,346
Resíduo	15	1,11	0,07	-	-
Árv 112 x 114	2	0,03	0,15	0,67	0,535
t <sup>2</sup>	1	21,95	21,95	972,39	0,0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,04	0,04	1,73	0,218
Resíduo	10	0,23	0,02	-	-

Em que : FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Prob.> F= Probabilidade de F; Árv= árvore; significância de F a 5%, com a função  $h=t^2$ .

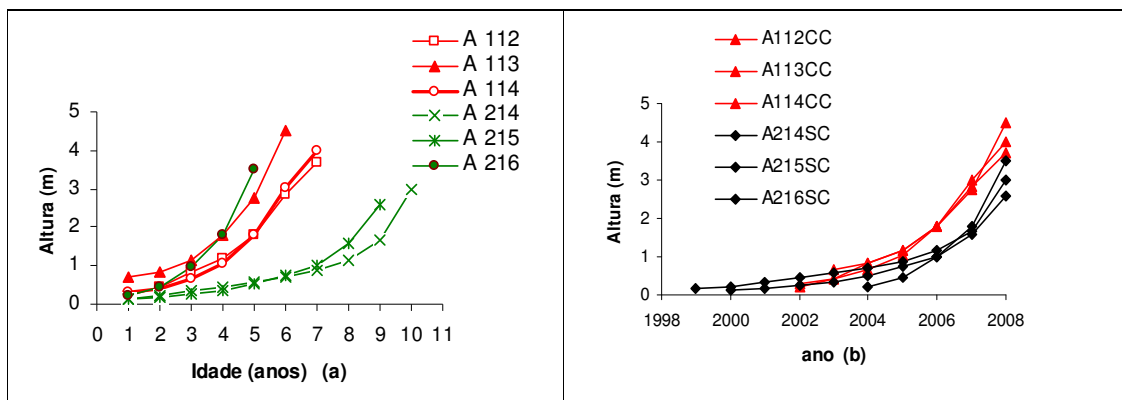
A análise gráfica da Figura 8 mostra que as árvores amostras pertencentes a classe sem concorrência apresentaram crescimento inferior às do grupo com concorrência. Nos dois grupos, a regeneração natural estabelecida antes do corte final do pinus, ocorrido no ano de 2002, apresentou incremento inferior à regeneração que surgiu após o corte, o que deve ser atribuído à menor intensidade lúmica sob o dossel de pinus.

Na classe sem concorrência, a regeneração 216, estabelecida no ano de 2004, superou o crescimento de sua classe, atingindo uma altura de 3,5 metros, com cinco anos de idade, enquanto as regenerações 214 e 215, com 9 e 10 anos de idade, alcançaram 2,6 e 3,0 metros de altura, menores, portanto, que a planta que nasceu liberada da concorrência do povoamento de pinus.

O efeito do interplântio de *Pinus elliottii* Engelm., realizado em 2003, em espaçamento de 2m X 2,5m, inicialmente não deve ter influenciado no incremento em altura da regeneração da araucária mantida com concorrência, pois todas as



árvores dessa classe apresentaram curvas de crescimento com nível superior às mantidas sem concorrência.



**FIGURA 8 - Crescimento da altura em função da idade (a) e curvas deslocadas para o ano do recrutamento (b) da regeneração natural de Araucária da Classe 1 com concorrência e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Entretanto, como observado nos gráficos, as plantas mantidas com competição germinaram no ano do corte raso do povoamento de pinus, crescendo sem concorrência na fase inicial e alcançando alturas semelhantes às plantas de maior idade (214 e 215) que se estabeleceram ainda sob o dossel. Essa diferença de idade não pôde ser observada por ocasião da seleção das árvores amostras no ano de 2006, pois as regenerações já apresentavam alturas semelhantes.

Essa interpretação foi ratificada na análise de covariância apresentada na Tabela 12, onde a regeneração 216 não diferiu com relação ao crescimento da árvore 113 mantida com concorrência. Estas árvores regeneraram muito próximas, isto é nos anos de 2003 e 2004, tendo o mesmo padrão de crescimento com níveis de altura semelhantes. As árvores 112 e 114, com alturas intermediárias e muito semelhantes (3,7m e 4,0m), recrutaram no mesmo ano, tendo por ocasião do corte, sete anos de idade.

Os gráficos mostram ainda que a regeneração natural das araucárias 214 e 215, com idades de nove e dez anos, compunham o banco de plântulas de forma semelhante ao que ocorre numa floresta nativa. Neste caso, as mesmas permaneceram sem crescer por cinco anos, alcançando altura próxima a 50 cm.

Após dois anos do corte do povoamento de pinus, com a entrada de luz no chão da floresta apresentaram incrementos significativos.

A regeneração de araucárias com até 10 anos de idade, com plantio intercalar de pinus, e com níveis de concorrência de  $IC\_Hegyí= 10,1$  e  $IC\_S= 5$ , mostraram-se ter maiores taxas de crescimento da altura. A busca pela luz levou-as a manter-se acima da concorrência do pinus.

A abertura do dossel superior traz resultado semelhante independente de ocorrer em reflorestamentos de pinus, araucária ou em florestas nativas. Esta abertura motivada pelo manejo ou por eventos naturais, reflete no crescimento de forma diferenciada dependendo da espécie e da idade da planta, isto é, do tempo em que a mesma permanece sob o sub-bosque. Scolforo (1998) registrou ainda que, se a posição da planta no povoamento for sombreada, a culminação do incremento em altura será mais tardio, uma vez que, o suprimento de luz propicia apenas a manutenção ou um reduzido crescimento da planta.

4.1.2 Classe de Altura 2 – Plantas com alturas entre 1,80 metros e 3,20 metros, quando da instalação do experimento.

Nas Tabelas 13 e 14 foram reunidos os valores observados e calculados para cada árvore amostra, sob condições de concorrência e sem concorrência, associados aos eventos ocorridos ao longo dos anos na área de estudo.

As árvores da classe dois, apresentaram a maior homogeneidade de idades, alcançando a máxima de 12 e mínima de 10, sendo 11 anos a idade predominante.

À semelhança da classe de altura 1, o surgimento das árvores amostras da classe 2 ocorreu entre a realização do 5º desbaste (1995) e do desbaste leve (DL), em 2000, isto é, nos anos de 1997, 1998 e 1999.

**TABELA 13 - Eventos silviculturais e idades do *Pinus elliottii*, e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária, para classe de altura 2, com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

ANO		ÁRVORE	IDADE	d	h	ICA <sub>h</sub>
REC	1997	123	1		0,12	0,10
	1998		2		0,20	0,08
	1999		3		0,40	0,20
DL	2000		4		0,70	0,30
	2001		5		1,10	0,40
Corte Final	2002		6	1,2	1,50	0,40
Plantio Pe	2003		7	2,1	1,90	0,40
1	2004		8	2,7	2,19	0,29
2	2005		9	3,2	2,60	0,41
3	2006		10	4,5	3,15	0,55
4	2007		11	5,7	4,00	0,85
5	2008		12	7,1	5,00	1,00
REC	1999	129	1		0,07	0,07
DL	2000		2		0,11	0,04
	2001		3		0,21	0,10
Corte Final	2002		4		0,40	0,19
Plantio Pe	2003		5		0,67	0,27
1	2004		6		1,06	0,39
2	2005		7	1,1	1,67	0,61
3	2006		8	2,4	2,52	0,85
4	2007		9	3,8	3,78	1,26
5	2008		10	4,9	4,80	1,02
REC	1999	1213	1		0,24	0,24
DL	2000		2		0,36	0,12
	2001		3		0,53	0,17
Corte Final	2002		4		0,62	0,09
Plantio Pe	2003		5		0,73	0,11
1	2004		6		1,03	0,30
2	2005		7	0,7	1,45	0,42
3	2006		8	1,4	1,82	0,37
4	2007		9	2,1	2,30	0,48
5	2008		10	2,9	3,50	1,20

Em que: REC= Recrutamento; DL= Desbaste Leve; Pe= *Pinus elliottii*; Idade= anos; d= diâmetro (em cm) sc; h= altura em metros; ICA<sub>h</sub>= incremento corrente anual em altura.

**TABELA 14 – Eventos silviculturais do *Pinus elliottii* e idades, diâmetros, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária para Classe de altura 2, sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

ANO		ARV	IDADE	d	h	ICA <sub>h</sub>
REC	1998	222	1		0,19	0,19
	1999		2		0,27	0,08
DL	2000		3		0,42	0,15
	2001		4		0,72	0,30
Corte Final	2002		5		1,17	0,45
	2003		6	0,6	1,52	0,35
	2004		7	1,1	1,76	0,24
	2005		8	1,9	2,06	0,30
	2006		9	3,1	2,62	0,56
	2007		10	4,8	3,48	0,86
	2008		11	6,4	4,20	0,72
REC	1998	227	1		0,50	0,50
	1999		2		0,55	0,12
DL	2000		3		0,66	0,16
	2001		4		0,82	0,18
Corte Final	2002		5		1,00	0,19
	2003		6		1,19	0,25
	2004		7	0,41	1,44	0,43
	2005		8	1,15	1,87	0,50
	2006		9	2,28	2,37	0,50
	2007		10	3,44	3,25	0,88
	2008		11	4,54	4,80	1,55
REC	1998	229	1		0,19	0,19
	1999		2		0,26	0,07
DL	2000		3		0,42	0,16
	2001		4	0	0,61	0,19
Corte Final	2002		5	0	0,96	0,35
	2003		6	0,4	1,34	0,38
	2004		7	1	1,60	0,26
	2005		8	2,3	2,01	0,41
	2006		9	3,6	2,65	0,64
	2007		10	4,5	3,49	0,84
	2008		11	5,7	4,30	0,81

Em que: REC= Recrutamento; D L= Desbaste Leve; ARV= árvore; Idade= anos; d= diâmetro (em cm) sc; h= altura em metros; ICA<sub>h</sub>= incremento corrente anual em altura.

#### 4.1.2.1 Descrição do crescimento das árvores sujeitas à competição

Dentre os modelos matemáticos testados para descrever o crescimento em altura foram relacionados, na Tabela 15, os de melhor desempenho na classe de altura 2, com alturas entre 1,80m e 3,20m, na data da instalação do experimento e que, por ocasião do corte, sofriam competição direta de outras plantas.

**TABELA 15 –Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 2, sob a condição de concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F <sub>Cal</sub>	Escores			Total
1	$h=t^2/b_0+b_1t+b_2t^2$	38,12	-2,204	0,118	0,934	23,09	348,21	2	2	3	7
2	$h=t^2/b_1t+b_2t^2$	-	6,560	-0,361	0,921	25,30	432,42	3	3	2	8
3	$h = b_1t^2$	-	0,036	-	0,972	22,44	1105,5	1	1	1	3

Em que: h= altura em m; t= idade em anos; b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub> = coeficientes da regressão; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.

Os modelos selecionados na Tabela 15 apresentam coeficientes de determinação ajustado superiores a 92%, com coeficientes de variação próximos a 23%.

Sob o critério da seleção que considera o valor ponderado com menor peso, o modelo 3, quadrático sem intercepto foi escolhido para descrever as alturas de plantas com competição nesta classe.

Na Figura 9 é mostrado o crescimento em altura das árvores da classe 2 com concorrência, calculado com o modelo selecionado para cada árvore amostra, sendo representadas em função da idade (a) e em função do ano do recrutamento (b), tendo em comum o ano de corte e havendo diferença de idade em função do ano do seu estabelecimento. A árvore de melhor desempenho foi a 129, atingindo 4,8m de altura em 10 anos de idade.

As curvas apresentadas mostram diferença de desenvolvimento ao longo dos anos, havendo maior diferença nas inclinações das curvas dois anos após a realização do desbaste.

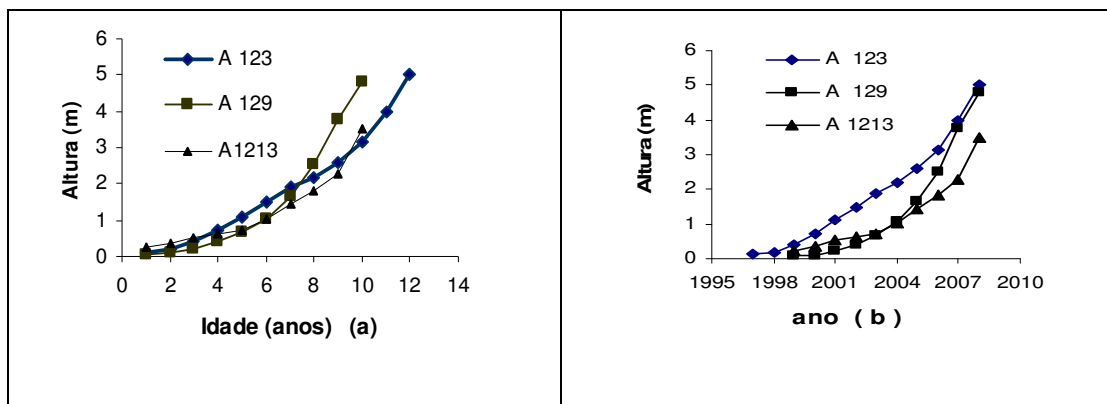


FIGURA 9 - Crescimento da Araucária regenerada sob sub - bosque de *Pinus elliottii* que se encontrava em competição - curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula-RS.

A curva de crescimento da árvore 123 teve maior crescimento inicial quando comparado com as árvores 129 e 1213, mesmo tendo recrutado dois anos antes.

#### 4.1.2.2 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 2, mantidas sob competição

A ANACOVA das curvas de crescimento em altura da regeneração natural, árvores 123, 129 e 1213 que cresceram sob a competição após o corte do povoamento, seguida pela competição do pinus interplantado, indicou diferença significativa para a inclinação das curvas de crescimento,  $F_{\text{prob}} > 0,0001$ . A diferença significativa apontada para a interseção não pode ser considerada, pois a função selecionada não tinha esse coeficiente.

Na Tabela 16 encontra-se os resultados estatísticos da análise de covariância para o crescimento da altura em função da idade, sendo utilizado o modelo matemático  $h = b_1 t^2$ , com 95% de probabilidade de confiança.

A análise de covariância das curvas das árvores 123 e 129, indicou ser significativa para a inclinação,  $F_{\text{prob}} > 0,0001$ . Porém, as curvas de crescimento em altura da regeneração natural 123 e 1213, não diferem,  $F_{\text{prob}} > 0,225$ .

**TABELA 16- Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 2 sem concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Pr>F
Árv 123 x 129 x 1213	3	0,607	0,202	4,16	0,016
t <sup>2</sup>	1	52,550	52,550	1080,70	< 0001
t <sup>2</sup> * x árv	2	2,272	1,136	23,36	< 0001
Resíduo	26	1,264	0,049	-	
Árv 123 x 129	2	0,549	0,274	5,47	0,014
t <sup>2</sup>	1	47,886	47,886	954,64	< 0001
t <sup>2</sup> x árv	1	1,848	1,848	36,84	< 0001
Resíduo	18	0,903	0,050	-	
Árv 123 x 1213	2	0,186	0,093	2,88	0,082
t <sup>2</sup>	1	28,458	28,458	881,10	< 0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,051	0,051	1,58	0,225
Resíduo	18	0,581	0,032	-	

Em que: FV= Fonte de Variação; GL = Graus de liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; Fcal= F calculado; Árv= árvore; significância de F a 5%, função.  $h = b_1 t^2$ .

O padrão diferenciado de crescimento responde, significativamente, a liberação pelo corte final do pinus realizado em 2002. O interplântio de pinus não interferiu no crescimento em altura da regeneração da araucária, esta concorrência não foi tão intensa de forma a reduzir a capacidade de assimilação fotossintética.

O valor do Índice de Concorrência Silvicultural (IC\_S), de 7,49, para árvore amostra 1213, determinou um crescimento menor, reduzindo a Área de Copa (AC), para 0,98m<sup>2</sup> (Tabela 30). Já as árvores amostras 123 e 129, possuem área de copa (AC), de 4,5m<sup>2</sup> e 1,67m<sup>2</sup>, respectivamente, representando quatro e duas vezes a (AC) da árvore amostra 1213.

A araucária 123, regenerada em 1997, apresentou um padrão de crescimento inicial levemente superior que às árvores de seu grupo (129 e 1213). Este padrão de crescimento permaneceu em nível superior, ao longo do tempo, possivelmente por ser detentora da maior área de copa.

A regeneração 129, recrutada em 1999, alcançou a dimensão da árvore amostra 123 e superou a de número 1213. Este crescimento foi determinado pelo equilíbrio do índice, (IC\_S=3,75), pela área de copa, (AC=1,67m<sup>2</sup>), e pela idade de recrutamento.

Neste grupo de plantas, classe de altura dois com concorrência, os fatores ligados à maior permanência sob o dossel, equilíbrio na área de copa, e do índice de

concorrência silvicultural, estabelecido pelo novo povoamento, estariam atuando de forma conjugada, na determinação das alternâncias dos padrões de crescimento em altura.

Portanto, a regeneração 129, após o corte raso do pinus em 2002, teve incrementos crescentes e superiores à árvore amostra 123, Porém a árvore 1213, recrutada no mesmo ano, não imprimiu o mesmo crescimento em altura. Seu menor crescimento em altura deveu-se ao menor comprimento de copa ( $L_c = 2,55\text{m}$ ) e à menor área de copa ( $AC = 0,98\text{ m}^2$ ). Somado a isso, encontrava-se com o dobro do valor no Índice de Concorrência Silvicultural ( $IC_S = 7,49$ ), quando comparada à árvore 123.

Contudo, pela análise de covariância, as árvores amostra 1213 e 123, são semelhantes no crescimento em altura e não apresentaram diferenças significativas.

A concorrência moderada não influenciou o crescimento em altura, para as classes de altura 1 e 2, a um índice de competição silvicultural ( $IC_S$ ), em torno de 3, mas acima deste passou a determinar incrementos menores, com a redução da área e do comprimento de copa.

#### 4.1.2.3 Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição

A modelagem do crescimento das árvores, que permaneceram sem a condição de concorrência, mostrou quatro modelos com coeficientes de determinação ajustado superiores a 94% e coeficientes de variação entre 9% e 31,3% (Tabela 17).

Sob o critério de escores para a seleção, os modelos 1 e 2, apresentaram os menores VP, sendo selecionado o modelo 1, de Prodan. A análise gráfica dos resíduos desse modelo mostrou pequena tendência, porém permitindo a sua escolha. O coeficiente de determinação alcançou 98,5% e coeficiente de variação de 9,2%.

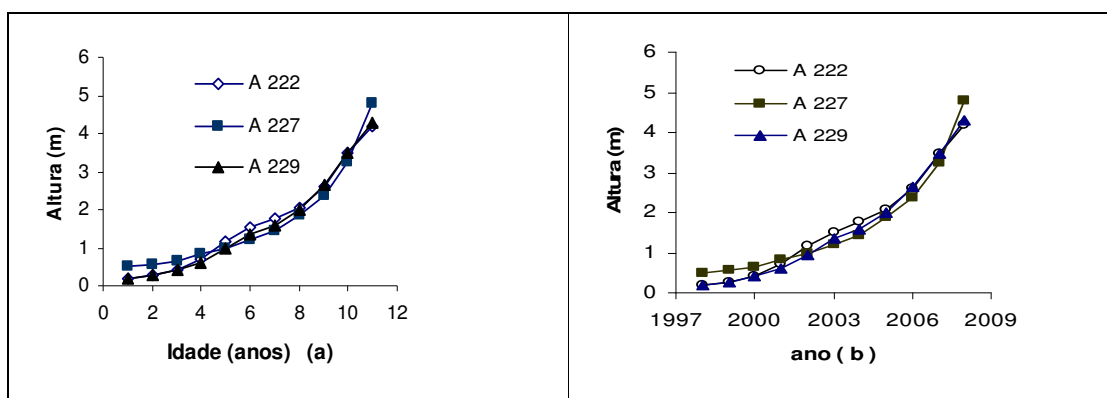


**TABELA 17 - Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 2, crescendo sem concorrência de *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F <sub>Cal</sub>	Escore			Total
								1	2	3	
1	$h = t^2 / b_0 + b_1 t + b_2 t^2$	-4,827	8,784	-0,533	0,986	9,19	2069,18	1	1	2	4
2	$h = t^2 / b_1 t + b_2 t^2$	-	7,511	-0,456	0,985	9,71	2778,87	2	2	1	5
3	$h = b_1 t + b_2 t^3$	-	0,123	0,003	0,948	29,53	299,45	3	3	4	10
4	$h = b_1 t^2$	-	0,033	-	0,941	31,24	530,90	4	4	3	11

Em que: h= altura em m; t= idade em anos; b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub> = coeficientes da regressão; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.

Nas curvas de crescimento de cada árvore amostra, representadas na Figura 10, foi possível verificar a grande homogeneidade de crescimento entre as árvores.



**FIGURA 10 - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

As curvas de crescimento apresentadas na Figura (10b), em função do ano de recrutamento, encontram-se sobrepostas evidenciando a homogeneidade do crescimento sob a competição e após a liberação com o corte do pinus, visto que, todas as árvores desta classe de estudo foram recrutadas no mesmo ano.

#### 4.1.2.4 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 2 mantidas sem competição.

Na análise de covariância das curvas de crescimento em altura da regeneração natural das árvores de araucária 222, 227 e 229 (Tabela 18), não foram encontradas diferenças significativas para a inclinação das curvas de crescimento,  $F_{\text{prob}} > 0,79$ .

**TABELA 18 – Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe 2 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

FV	GL	SQ	Q Médio	F cal	Pr > F
Árv 222 x 227 x 229	3	0,414	0,138	2,57	0,075
$t^2$	1	5,284	52,837	986,08	<.0001
$t^2$ x árv	2	0,025	0,013	0,24	0,790
Resíduo	27	1,447	0,054	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM: Quadrado médio; Fcal= F calculado; Pr= Probabilidade de F; Árv= árvore; significância de F a 5%, função  $h = b_1 t^2$ .

As curvas de crescimento em altura das árvores amostras 222, 227 e 229, apresentaram semelhanças de desenvolvimento, conforme a Figura 11 (a e b), confirmando o resultado da análise da covariância e indicando que estas árvores possuem o mesmo ritmo de crescimento.

Os dados morfométricos, da regeneração natural da classe dois sem competição, apresentaram semelhanças na altura, área de copa e no percentual de copa (Tabela 30).

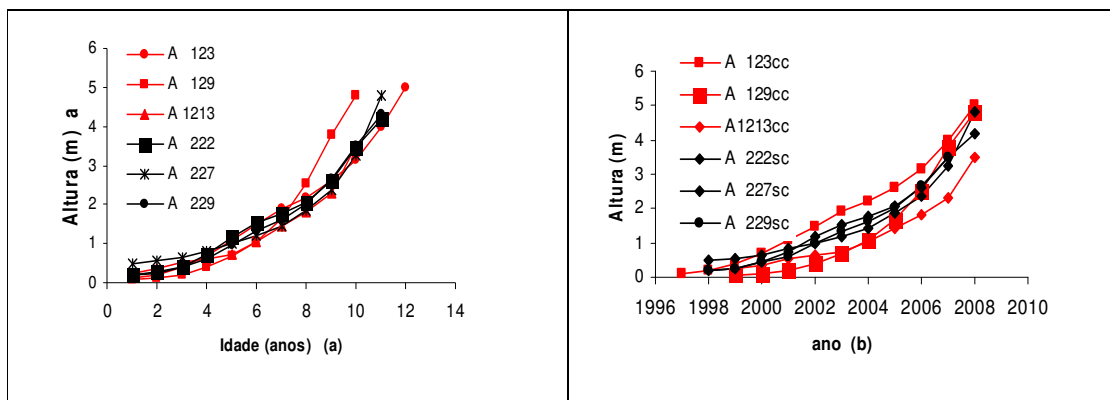
4.1.2.5 Análise comparativa do crescimento em altura da regeneração natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, crescendo com e sem competição.

A comparação das curvas de crescimento da regeneração natural, com alturas entre 1,80 e 3,20 metros, conduzidas com e sem concorrência, tendo como referência a equação quadrática para as árvores das duas condições de competição, mostrou diferenças significativas (Prob  $F > 0,0001$ ). Nesta análise, a curva referencial que compara as inclinações com as demais foi a da regeneração 1213, sendo que a única a diferir na análise foi a árvore amostra 129 (Tabela 19).

**TABELA 19 - Análise de covariância entre a regeneração natural de araucária da classe de altura 2, crescendo com e sem concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

FV	GL	SQ	Q M	F cal	Pr > F
Árv 1213 x 123 x 129 x 222 x 227 x 229	6	1,020	0,170	3,32	0,0075
$t^2$	1	104,98	104,978	2052,28	<. 0001
$t^2$ x árv	5	2,475	0,495	9,61	<. 0001
Resíduo	53	2,711			
Árv 1213 x 123 x 222 x 227 x 229	5	0,600	0,120	2,66	0,034
$t^2$	1	80,778	80,778	1792,31	<.0001
$t^2$ x árv	4	0,098	0,025	0,54	0,704
Resíduo	45	2,028	0,045		

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; P= probabilidade; Árv= árvore; significância de F a 5%, função  $h = b_1 t^2$ .



**FIGURA 11 - Crescimento em altura em função da idade (a) e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b) da regeneração natural de araucária da classe 2 com concorrência e sem concorrência, por plantio intercalar de *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

A análise de covariância que comparou as curvas de crescimento em altura da regeneração natural de araucárias da classe dois, com alturas entre 1,8m e 3,20m, que cresceram sob o povoamento de pinus (árvores 1213, 123, 222, 227 e 229), não mostrou significância estatística,  $F_{\text{prob}} > 0,704$ , indicando que a competição pelo interplântio do pinus, neste estágio de desenvolvimento, não interferiu no crescimento em altura.

Nesta classe também ficou evidente que o fechamento do dossel do povoamento de pinus determinou nova diferença no crescimento em altura da regeneração natural. A árvore 129 apresentou diferença significativa de inclinação, a nível de 95% de probabilidade de confiança, diferindo das demais no padrão de crescimento em altura, provavelmente por seu recrutamento ter ocorrido mais próximo do desbaste leve (DL) e do corte raso (CF) do pinus, no ano de 1999, conforme Tabela 13 e Figura 11.

#### 4.1.3 Classe de Altura 3 – Plantas com alturas maiores de 3,20 metros.

Nas Tabelas 20 e 21 foram reunidos os valores observados para cada árvore amostra, nas condições de concorrência e sem concorrência, associados aos eventos ocorridos na área de estudo.

As árvores amostras pertencentes a classe de altura três apresentaram as seguintes idades: máxima de 20, mínima de 10 e idade média em torno de 14 anos. Esta classe apresentou a maior amplitude de idades entre as araucárias amostradas.

Comparando os dados com as intervenções silviculturais, realizadas ao longo dos anos no povoamento de pinus, observou-se que o recrutamento da regeneração natural de araucária ocorreu próximo às datas onde foram realizados o 4º e 5º desbastes e próximo ao desbaste moderado (DL). O manejo do povoamento de pinus, promovendo a abertura do dossel, permitiu a germinação e o estabelecimento da araucária.

**TABELA 20- Eventos silviculturais e idades do *Pinus elliottii* e idades, diâmetros, incrementos correntes anuais em diâmetro, incrementos médios anuais em diâmetro, alturas, e incrementos correntes anuais em altura para a regeneração natural de araucária da classe de altura 3, com concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

ANO		ARV	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>
5° Desbaste	1995		0					
REC	1996	1309	1				0,24	0,20
	1997		2				0,29	0,05
	1998		3				0,42	0,13
	1999		4				0,67	0,25
D L	2000		5				1,03	0,36
	2001		6	0,7	0,71	0,12	1,57	0,54
CF	2002		7	1,8	1,07	0,25	2,25	0,68
Plantio Pe	2003		8	2,8	1,06	0,36	2,81	0,56
1	2004		9	4,2	1,32	0,46	3,30	0,49
2	2005		10	5,3	1,11	0,53	3,84	0,54
3	2006		11	6,2	0,91	0,56	4,26	0,42
4	2007		12	7,4	1,18	0,61	5,10	0,84
5	2008		13	8,6	1,27	0,66	6,20	1,10
REC	1989	1312	0					
4° Desbaste	1990		1				0,20	0,20
	1991		2				0,24	0,04
	1992		3				0,33	0,09
	1993		4				0,43	0,10
	1994		5				0,70	0,27
5° Desbaste	1995		6				0,98	0,28
	1996		7				1,20	0,22
ANO	ARV	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	ANO
	1997		8	1,0	0,97	0,12	1,70	0,50
	1998		9	1,8	0,79	0,19	2,38	0,68
	1999		10	2,5	0,71	0,25	2,96	0,58
D L	2000		11	3,0	0,58	0,28	3,52	0,56
	2001		12	3,6	0,53	0,30	4,05	0,53
Corte Final	2002		13	4,0	0,43	0,31	4,58	0,53
Plantio Pe	2003		14	5,0	1,01	0,36	4,90	0,32
1	2004		15	6,1	1,05	0,4	5,02	0,12
2	2005		16	7,1	1,04	0,44	5,30	0,28
3	2006		17	7,8	0,66	0,46	5,75	0,45
4	2007		18	8,3	0,58	0,46	6,49	0,74
5	2008		19	9,1	0,78	0,48	7,70	1,21

**TABELA 20- Eventos silviculturais e idades do *Pinus elliottii* e idades, diâmetros, incrementos correntes anuais em diâmetro, incrementos médios anuais em diâmetro, alturas, e incrementos correntes anuais em altura para a regeneração natural de araucária da classe de altura 3, com concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS. Continuação...**

ANO	ARV	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	
REC	1988	1315	0					
	1989		1			0,29	0,30	
4º Desbaste	1990		2			0,33	0,04	
	1991		3			0,44	0,11	
	1992		4			0,81	0,37	
	1993		5	0,4	0,44	0,09	1,42	0,61
	1994		6	1,0	0,60	0,17	2,01	0,59
5º Desbaste	1995		7	1,8	0,72	0,25	2,56	0,55
	1996		8	2,5	0,69	0,31	3,10	0,54
	1997		9	3,2	0,75	0,36	3,71	0,61
	1998		10	3,8	0,62	0,38	4,36	0,65
	1999		11	4,6	0,74	0,41	4,98	0,62
D L	2000		12	5,1	0,57	0,43	5,54	0,56
	2001		13	5,6	0,47	0,43	5,93	0,39
Corte Final	2002		14	6,2	0,55	0,44	6,16	0,23
Plantio Pe	2003		15	7,3	1,10	0,48	6,34	0,18
1	2004		16	8,3	1,07	0,52	6,85	0,51
2	2005		17	9,2	0,91	0,54	7,41	0,56
3	2006		18	9,9	0,66	0,55	7,61	0,20
4	2007		19	10,7	0,84	0,56	8,25	0,64
5	2008		20	12,0	1,25	0,60	8,70	0,45

Em que: DL= Desbaste Leve; Des= Desbaste; REC= Recrutamento; Pe= *Pinus elliottii*; ARV= árvore; Idade= anos; d= diâmetro em (cm)sc; h= altura em metros; ICA= incremento corrente anual.

Nas Tabelas 20 e 21, observou-se ainda que o surgimento da regeneração natural deu-se de forma coincidente, sempre próximo à abertura do dossel superior e maior iluminação do solo. No ano de 1988 e 1989, germinaram e estabeleceram-se as araucárias 1312 e 1315, sendo que o desbaste do pinus foi realizado no ano de 1990. Em 1995 foi realizado o 5º desbaste e, em 1996, recrutou a árvore amostra 1309; e em 1997, as árvores 231 e 238. A árvore 233 regenerou em 1999, sendo realizado o DL em 2000.

**TABELA 21 – Eventos silviculturais do *Pinus elliottii* e Idades, diâmetros, incrementos correntes anuais em diâmetro, alturas e incrementos correntes anuais em altura da regeneração natural de araucária da classe de altura 3 sem concorrência, FLONA de São Francisco de Paula - RS**

ANO		ARV	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>
5° Desbaste	1995						
REC	1997	231	1			0,6	0,60
D L	1998		2			0,73	0,13
	1999		3			1,06	0,33
	2000		4	0,9	0,85	1,73	0,67
Corte Final	2001		5	2,1	1,20	2,47	0,74
	2002		6	3,3	1,28	3,02	0,55
	2003		7	4,7	1,36	4,02	1,00
	2004		8	6,4	1,69	4,88	0,86
	2005		9	7,8	1,37	5,26	0,38
	2006		10	9,2	1,43	5,85	0,59
	2007		11	10,6	1,44	6,50	0,65
	2008		12	12,0	1,33	8,10	1,60
REC	1999	233	1			0,46	0,50
D L	2000		2			0,60	0,14
	2001		3			1,00	0,40
Corte Final	2002		4	0,7	0,74	1,50	0,50
	2003		5	1,5	0,75	1,90	0,40
	2004		6	2,5	1,05	2,35	0,45
	2005		7	4,5	1,93	3,30	0,95
	2006		8	5,9	1,47	4,30	1,00
	2007		9	7,2	1,24	5,05	0,75
	2008		10	8,3	1,09	6,00	0,95
5° Desbaste	1995						
REC	1997	238	1	0	0	0,16	0,2
DL	1998		2	0	0	0,24	0,08
	1999		3	0	0	0,41	0,17
	2000		4	0	0	0,54	0,13
Corte Final	2001		5	0	0	0,63	0,09
	2002		6	0	0	0,71	0,08
	2003		7	0	0	0,88	0,17
	2004		8	0	0	1,2	0,32
	2005		9	1,4	1,4	2	0,8
	2006		10	2,9	1,53	3,22	1,22
	2007		11	4,5	1,58	4,1	0,88
	2008		12	5,9	1,38	5,1	1

Em que.: REC= Recrutamento; DL= Desbaste Leve; ARV= árvores; Idade= anos d= diâmetro em (cm)sc; h= altura em metros; ICA= incremento corrente anual.



#### 4.1.3.1 Descrição do crescimento das árvores sujeitas à competição

Dentre os modelos matemáticos testados para descrever o crescimento em altura, foram relacionados, na Tabela 22, os de melhor desempenho para as árvores da classe de altura 3, isto é, com alturas superiores a 3,20m., e que por ocasião do corte sofriam competição direta de outras plantas.

**TABELA 22 - Equações selecionadas para descrever o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária da classe de altura 3, sob a condição de concorrência do *Pinus elliottii* Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F <sub>Cal</sub>	Escore			Total
1	$h = e^{(b_0+b_1t+b_2t^2)}$	-2,003	0,457	-0,013	0,961	29,97	634,8	3	7	6	16
2	$h = e^{(b_0+b_1t+b_2 \ln^2 t)}$	-1,162	-0,316	1,055	0,968	27,38	765,4	2	5	5	12
3	$h = t^2 / b_0 + b_1t + b_2t^2$	19,313	0,109	0,071	0,948	17,01	912,4	4	1	2	7
4	$h = b_1t + b_2t^2$	-	0,257	0,009	0,977	18,83	1111,3	1	4	1	<b>6</b>
5	$h = b_1t^2$	-	0,025	-	0,944	29,40	881,0	6	6	3	15
6	$h = b_0 + b_1t$	-0,874	0,454	-	0,942	18,00	832,1	7	3	4	14
7	$h = b_0 + b_1t + b_21/t t$	-1,461	0,499	1,219	0,947	17,18	459,2	5	2	7	14

Em que: h= altura em m; t= idade em anos; b<sub>0</sub>; b<sub>1</sub>; b<sub>2</sub> = coeficientes da regressão; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.

Os modelos selecionados na Tabela 22 apresentaram coeficientes de determinação ajustado (R<sup>2</sup><sub>AJ</sub>), superiores a 94%, com coeficientes de variação entre 17% e 30%.

Sob o critério de seleção, que considera o total de pontos dos escores, o modelo quatro, parabólico sem intercepto, foi escolhido para descrever as alturas de plantas em competição nesta classe (Tabela 22).

A análise gráfica dos resíduos desse modelo mostrou pequena tendência mas que ainda permitiu a seleção do modelo que apresentou R<sup>2</sup><sub>AJ</sub>= 97,71% e CV=18,83%.

Na Figura 12 é apresentado o crescimento em altura das árvores das classes com concorrência, calculado com o modelo selecionado e representado em função

da idade (a) e em função do ano de seu recrutamento (b). Todas as árvores tiveram em comum o ano do corte, podendo haver diferença de idade em função do ano de seu estabelecimento como regeneração natural.

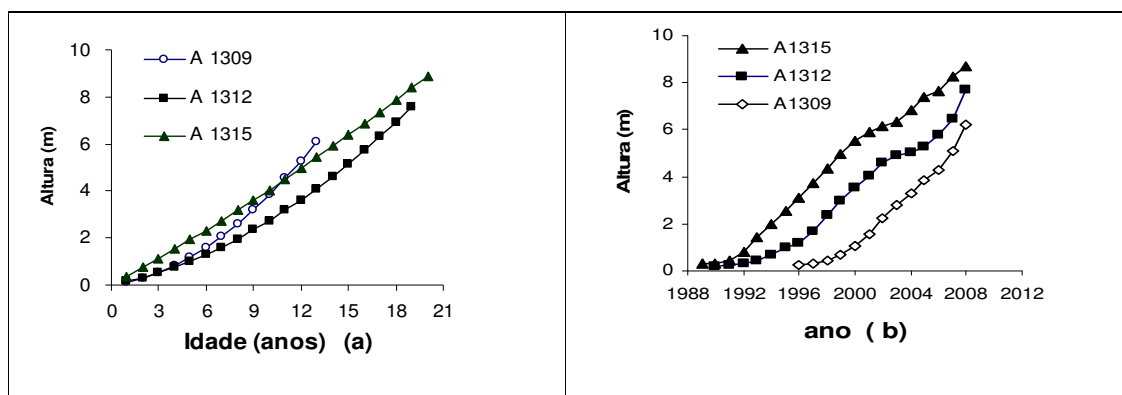
Observou-se que as curvas de crescimento, em função do ano de recrutamento, mantiveram a mesma tendência de crescimento, abaixo do povoamento de pinus, no período inicial de estabelecimento da araucária.

As curvas apresentadas na Figura 12 (a e b) foram geradas com o modelo quatro, parabólico sem intercepto, conforme os coeficientes e estatísticas da Tabela 23. Nesta tabela observou-se o aumento do  $R^2_{AJ}$  e a redução do CV%, com o cálculo da curva para as árvores individuais.

**TABELA 23 – Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão do modelo  $h = b_1t + b_2t^2$ , para árvores de araucária da classe de altura 3 com concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

Árvore	$b_1$	$b_2$	$R^2_{AJ}$	CV%	F <sub>cal</sub>
1309	0,093	0,029	0,997	6,54	2414,8
1312	0,134	0,014	0,992	10,98	1226,7
1315	0,365	0,004	0,994	8,92	1752,6
1312 1315	0,244	0,009	0,978	18,07	875,9

Em que:  $b_1$ ,  $b_2$  = coeficiente da regressão;  $R^2_{AJ}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em%;  $F_{cal}$  = valor de F da análise da variância.



**FIGURA 12 - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* que se encontrava em competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula -RS.**

A Figura 12 (b) mostra que, apesar do crescimento das árvores apresentar curvas com desenvolvimento sobre a idade muito próximas, o recrutamento ocorreu com diferença de idade de até 8 anos.

#### 4.1.3.2 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 3 mantidas sob competição.

A comparação realizada com a análise de covariância das curvas de crescimento em altura das árvores mantidas sob a competição, indicou diferença significativa para a inclinação das curvas,  $F_{\text{prob}} > 0,0001$  (Tabela 24).

Com a análise de covariância verificou-se ainda que o crescimento em altura da regeneração natural 1312 não diferiu da 1315,  $F_{\text{prob}} > 0,613$ . Estas diferenças e semelhanças de crescimento em altura podem ser visualizadas na forma gráfica na Figura 12.

**TABELA 24 - Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 3 com concorrência do *Pinus elliottii* Engelm. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

FV	GL	SQ	QM	F cal	Pr>F
Árv 1309 x 1312 x 1315	3	16,43	5,478	16,18	<,0001
$t^2$	1	172,95	172,95	510,90	<.0001
$l t^2$ x árv	2	7,34	3,67	10,84	0,0001
Resíduo	46	15,57	0,34	-	-
Árv 1315 x 1309	2	1,91	0,956	7,61	0,002
$t^2$	1	99,06	99,06	795,58	<.0001
$t^2$ x árv	1	7,16	7,16	57,02	<.0001
Resíduo	28	3,52	0,13	-	-
Arv 1315 x 1312	2	16,09	8,05	18,55	<.0001
$t^2$	1	233,73	233,73	538,83	<.0001
$t^2$ x árv	1	0,11	0,11	0,26	0,613
Resíduo	35	15,18	0,43	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Árv= árvore; significância de F a 5%, função  $h = b_1 t^2$ .

A árvore 1309, regenerada mais próxima à ocorrência do corte final do pinus, ocorrido em 2002, impõe um ritmo de crescimento levemente superior às duas araucárias da mesma classe de altura. Esta apresentou um percentual de copa (PC), de 74%, sendo este percentual 20% superior às demais da mesma classe (Tabela 30), podendo esse valor ser responsável pelo maior incremento dessa árvore. As árvores 1312 e 1315 permanecem sob a competição do pinus por quatorze anos enquanto a árvore 1309 permanece por um período menor, como banco de plântulas, somente seis anos.

#### 4.1.3.3 Descrição do crescimento das árvores mantidas sem competição

Os resultados da Tabela 25 mostraram quatro modelos potenciais para descrever o crescimento da altura da araucária sem concorrência atual, pertencentes à classe de altura 3. Esses modelos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 71%, com coeficientes de variação moderadamente altos, em torno de 42%.

**TABELA 25 - Equações que descrevem o crescimento da altura em função da idade, da regeneração natural de araucária, classe de altura 3, crescendo sem concorrência do *Pinus elliottii* Engelm. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

Equação	Modelo	$b_0$	$B_1$	$b_2$	$R^2_{AJ}$	CV%	$F_{Cal}$	Escores			Total
1	$h = t^2 / b_0 + b_1 t + b_2 t^2$	-2,973	4,375	-0,195	0,703	42,55	86,8	4	3	4	11
2	$h = t^2 / b_1 t + b_2 t^2$	-	3,562	-0,146	0,709	42,16	132,3	3	2	3	8
3	$h = b_1 t^2$	-	0,049	-	0,881	43,61	244,0	2	4	1	7
4	$h = b_1 t + b_2 t^2$	-	0,200	0,028	0,888	42,15	132,4	1	1	2	4

Em que: h= altura em m; t= idade em anos;  $b_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$  = coeficientes da regressão;  $R^2_{AJ}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%;  $F_{Cal}$ = valor de F da análise da variância.

Sob o critério de escores, o modelo quatro, Parabólico sem intercepto, apresentou o menor valor ponderado. A análise gráfica dos resíduos desses modelos mostrou pequenas tendências, com o modelo parabólico subestimando as

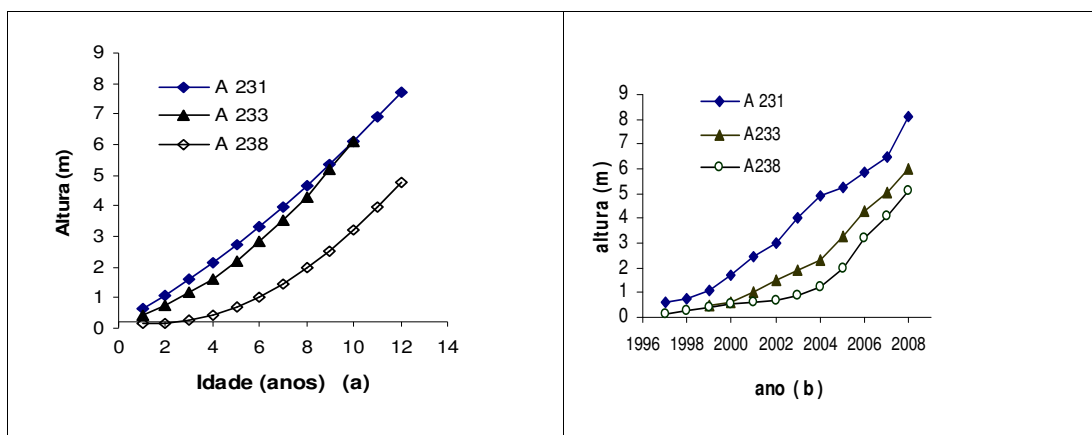
alturas iniciais, mas que ainda permitiram a sua seleção, sendo os coeficientes recalculados para as árvores 231, 233 e 238 e apresentados na Tabela 26.

**TABELA 26** Coeficientes e estatísticas de ajuste e precisão do modelo  $h = b_1t + b_2t^2$  parabólico, para árvores de araucária da classe de altura 3 sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.

Árvore	$b_1$	$b_2$	$R^2_{AJ}$	CV%	F <sub>cal</sub>
231	0,412	0,018	0,997	6,53	1952,8
233	0,202	0,039	0,997	6,68	1641,7
231 233	0,321	0,026	0,995	8,85	2026,3
238	**0,104**	0,038	0,978	20,62	264,8

Em que:  $b_0$ ,  $b_1$  = coeficientes da regressão;  $R^2_{AJ}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em%;  $F_{cal}$  = valor de F da análise da variância, \*\* coeficiente não significativo.

As curvas apresentadas na Figura 13 (a) foram geradas com o modelo parabólico sem intercepto, conforme os coeficientes e estatísticas da Tabela 26. O ajuste do modelo selecionado para os dados de cada árvore, individualmente, elevou o coeficiente de determinação ajustado para 98% e reduziu o de variação para 9%, aproximadamente.



**FIGURA 13** - Crescimento da araucária regenerada sob sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. que se encontrava sem competição – curvas em relação à idade (a), e curvas deslocadas para o ano de recrutamento (b). FLONA de São Francisco de Paula – RS.

As curvas apresentadas na Figura 13 (a), construídas em função da idade mostram diferença de inclinação e idade, o mesmo acontecendo quando construídas em relação ao ano, com a dimensão final locada no ano do corte. Para a árvore amostra 238, evidenciou-se o baixo crescimento em altura até a realização do corte raso do pinus, ocorrido em 2002, passando, a partir de então, a aumentar o incremento anual, provavelmente devido ao maior grau de luminosidade que passou a receber.

#### 4.1.3.4 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária, árvores da classe de altura 3 mantidas sem competição.

Na análise de covariância das curvas de crescimento em altura da regeneração natural 231, 233 e 238 (Tabela 27), foram encontradas diferenças significativas  $\text{Prob } F > 0,0001$ , com  $F=20,65$  para a inclinação das curvas de altura. A diferença foi significativa quando comparada às curvas de crescimento em altura das árvores 233 e 238,  $F_{\text{prob}, > 0,0001}$ . Ainda, na Tabela 27, a comparação entre as curvas das árvores 231 e 233 não mostrou diferença de inclinação,  $F_{\text{prob}} > 0,129$ , indicando o paralelismo das curvas. Verificou-se, portanto, que as árvores 231 e 233, tiveram a mesma tendência de crescimento, porém diferindo da regeneração 238.

**TABELA 27 - Comparação do crescimento entre as árvores de regeneração natural de araucária da classe de altura 3 sem a concorrência do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

FV	GL	SQ	Q médio	F cal	Pr>F
Arv 231 x 233 x 238	3	5,637	1,879	13,61	<.0001
t <sup>2</sup>	1	113,648	113,648	823,50	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	2	5,700	2,850	20,65	<.0001
Resíduo	28	3,864	0,138	-	-
Arv 233 x 238	2	1,119	0,560	4,95	0,019
t <sup>2</sup>	1	60,146	60,146	532,02	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	1	4,063	4,063	35,94	<.0001
Resíduo	18	2,035	0,113	-	-
Arv 231 x 233	2	5,417	2,709	25,04	<.0001
t <sup>2</sup>	1	85,506	85,506	790,49	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,275	0,275	2,54	0,129
Resíduo	18	1,947	0,108	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Árv= árvore; significância de F a 5%, função  $h=t^2$ .

A árvore de regeneração natural 238 sofreu concorrência inicial superior às demais do seu grupo, determinado pelo povoamento principal de pinus. Na floresta, constatou-se que, na proximidade da árvore 238, encontravam-se cinco tocos de pinus, remanescentes do corte realizado em 2002, distando de 2 a 4 metros da araucária. Já para as árvores 231 e 233 foram encontrados somente dois tocos nas distâncias de 2 e 4 metros, o que estabeleceu diferença de concorrência.

A diferença de concorrência exercida pelo *Pinus elliottii* na regeneração natural alterou o padrão de crescimento entre as árvores, conforme demonstrado na Figura 13 (b).

#### 4.1.3.5 Análise comparativa do crescimento em altura entre a regeneração natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, crescendo com e sem competição.

A comparação das curvas de crescimento em altura entre a regeneração natural com alturas iniciais superiores a 3,20m, conduzidas com e sem concorrência

de outras plantas (Tabela 28), mostrou diferenças significativas  $P_{\text{rob}} F > 0,0001$ , para a inclinação das curvas.

**TABELA 28 - Análise de covariância entre a regeneração natural de araucária da classe de altura 3, crescendo com e sem competição. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Pr> F
Árv 1315 x 1312 x 1309 x 231 x 233 x 238	6	22,069	9,678	14	<.0001
$t^2$	1	227,01	227,008	864,28	<.0001
t X árv	5	41,793	8,358	31,82	<.0001
Resíduo	74	19,437	0,263	-	-
Árv 1309 x 238 x 233 x 231	4	5,9752	1,4938	13,69	<.0001
$t^2$	1	154,01	154,005	1411,7	<.0001
$t^2$ x árv	3	7,730	2,577	23,62	<.0001
Resíduo	39	4,255	0,109	-	-
Árv 1309 x 238	2	0,558	0,279	2,54	0,103
$t^2$	1	7,108	7,108	646,9	<.0001
$t^2$ x árv	1	0,051	0,051	0,47	0,502
Resíduo	21	2,308	0,110	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Árv= árvore; Pr> F = Probabilidade de significância de F a 5%, função  $h=t^2$ .

O resultado da Tabela 28 indicou também que existem diferenças de níveis de crescimento, porém esse resultado é inconsistente, pois o modelo testado tinha intercepto zero.

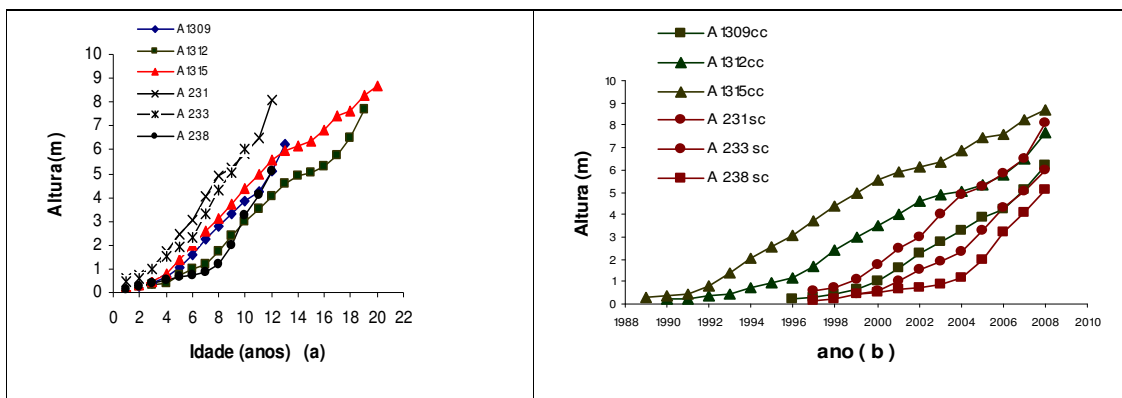
A análise das curvas entre a regeneração 1315 e 1312, indicou semelhança,  $F_{\text{prob}} > 0,613$  (Tabela 24), sendo também semelhantes a 231 e 233  $F_{\text{prob}} > 0,129$  (Tabela 27).

As curvas de crescimento em altura (Figura 14), construídas em função do ano de recrutamento, com dimensão final no ano do corte, apresentaram as regenerações semelhantes aos pares, tanto as de idades mais avançadas, árvores (1312 e 1315), em torno de 20 anos, como as de menores idades, em torno de 12 anos, tendo em comum baixo crescimento inicial, mantendo-se nesta situação como banco de plântulas por períodos de 3, 4 e até de 6 anos, como a árvore 238.

As árvores mantidas com concorrência, após o corte do pinus, apresentaram alturas maiores que as mantidas sem concorrência, por serem mais velhas. Seus



incrementos são menores que as sem concorrência, conforme mostra a inclinação das curvas de crescimento da Figura 14. Resultado atribuído ao período de tempo mais longo de competição, exercido pelo dossel do pinus da primeira rotação, bem como estar associado à maior idade das árvores, determinando reações de crescimento menores que as araucárias de menor idade.



**FIGURA 14 - Crescimento em altura em função da idade da regeneração natural de araucária da classe de altura 3, com e sem concorrência. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

#### 4.1.4 Comparação do crescimento em altura da regeneração natural entre as diferentes classes de altura com e sem competição.

A Tabela 29 apresenta a análise de covariância entre todas as árvores amostras da área experimental um, abrangendo as três classes de altura, com e sem concorrência.

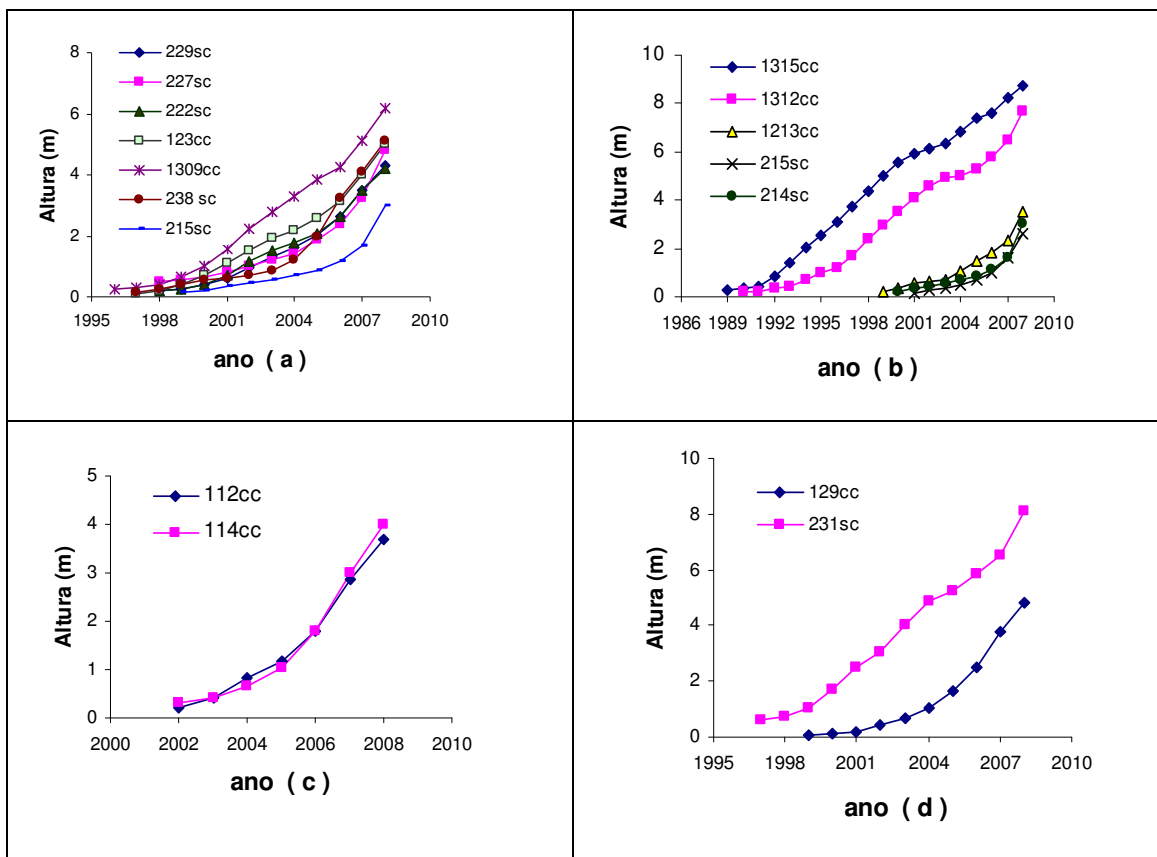
**TABELA 29 – Comparação do crescimento em altura da regeneração natural de araucária das classes 1, 2 e 3, crescendo com e sem competição de *Pinus elliottii* Engelm. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

FV	GL	SQ	QM	Fcal	Pr > F
Todas as árvores	18	23,41	1,3	8,63	<.0001
t <sup>2</sup>	1	132,86	132,86	881,43	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	17	76,07	4,29	28,52	<.0001
Resíduo	159	23,96	0,15	-	-
Árv 1315 x 1312 x 1213 x 215 x 214	5	16,172	3,234	11,26	<.0001
t <sup>2</sup>	1	42,59	42,59	148,29	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	4	1,324	0,331	1,15	0,350
Resíduo	58	16,657	0,287	-	-
Árv 1309 x 238 x 123 x 215 x 222 x 227 x 229	7	1,12	0,16	2,04	0,030
t <sup>2</sup>	1	115,44	115,44	1729,26	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	6	0,37	0,062	0,92	0,483
Resíduo	65	4,34	0,0667	-	-
Árv 129 x 231	2	4,937	2,468	17,69	<.0001
t <sup>2</sup>	1	72,27	72,27	517,82	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,05	0,05	0,35	0,560
Resíduo	18	2,51	0,14	-	-
Árv 113 x 216 x 233	3	1,18	0,39	9,84	0,001
t <sup>2</sup>	1	23,10	23,10	579,52	<.0001
t <sup>2</sup> x árv	2	4,16	2,08	52,18	<.0001
Resíduo	15	0,60	0,04	-	-
Árvores 231 x 233	2	5,42	2,71	25,04	<.0001
t <sup>2</sup>	1	85,51	85,51	790,49	<.0001
Idade*ARV	1	0,27	0,27	2,54	0,129
Resíduo	18	1,95	0,11	-	-
Árv 112 x 114	2	0,03	0,15	0,67	0,535
t <sup>2</sup>	1	21,95	21,95	972,39	0,0001
t <sup>2</sup> x árv	1	0,04	0,04	1,73	0,218
Resíduo	10	0,23	0,02	-	-

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Árv= árvore; significância de F a 5%, função  $h = b_1 t^2$ .

A análise de covariância das curvas de crescimento em altura entre as árvores da regeneração natural demonstrou existir diferenças significativas no crescimento,  $F_{\text{prob}} > 0,0001$  e  $F_{\text{cal}} = 28,52$ , assim como entre as árvores, 113, 216 e 233,  $F_{\text{prob}} > 0,0001$  e  $F_{\text{cal}} = 52,18$ . As demais formaram agrupamentos, apresentando níveis de crescimento semelhantes entre as árvores que os compõem (Tabela 29).

As semelhanças foram apresentadas também na Figura 15 e expressam os ritmos de crescimento ao longo da idade, em função do ano de recrutamento.



**FIGURA 15 – Regeneração natural de araucárias, agrupadas por semelhanças no crescimento de altura ao longo da idade, deslocadas para o ano de recrutamento (a, b, c, d). FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

As análise gráfica e análise da covariância entre a regeneração das classes e módulos diferentes destacaram o baixo crescimento em altura, enquanto banco de plântulas (Figura 15(a)). As árvores amostras 238, 214 e 215 apresentaram crescimentos comuns detectados pela análise da covariância,  $F_{\text{prob}} > 0,0799$ . Estas árvores amostras representadas, permanecem como banco de plantas, por cerca de 5 anos, sob o dossel do pinus. A reação de crescimento em altura ocorreu 2 anos após o corte do povoamento de pinus.

A liberação, por desbastes ou pelo corte final, determinou uma reação no incremento em altura. Observou-se esta aceleração no crescimento em altura, ocasionado pela liberação na regeneração natural 1309, a partir do ano 2000, por

ocasião da execução de desbaste leve (DL). Esta aceleração tornou-se mais acentuada quando ocorreu o corte final, ilustrado pela árvore 214 (Figura 15( b)).

A Figura 15 (c) e (d) mostra dois grupos de regeneração, em que as árvores amostras têm reações de crescimento diferentes das árvores representadas em (a) e (b). As árvores amostras nascem livres da concorrência, impondo ritmos de crescimento em altura superior, como exemplificado pela regeneração natural 112 e 114.

Verificou-se, ainda, a classificação de uma mesma árvore, em dois grupos distintos de homogeneidade de crescimento. Esse fato demonstra que a análise de covariância deve ser tratada como uma estatística indicativa de classificação e não como uma decisão final.

#### 4.1.5 Análise de correlação da altura com as variáveis dendrométricas e morfométricas da área experimental um. FLONA de São Francisco de Paula - RS.

Na Tabela 30, encontram-se os valores das variáveis utilizadas para realizar a correlação de Pearson e na Tabela 31, os resultados da matriz de correlação, apresentando os valores dos coeficientes de correlação e a probabilidade de significância. As colunas em branco na Tabela 30 referem-se às árvores de regeneração sem concorrência.

A altura foi utilizada como variável resposta por melhor descrever a variação da regeneração jovem, com idades entre cinco e vinte anos.

O índice de concorrência de Hegyi não apresentou correlação com a variável altura, entretanto a escolha das árvores amostras, foi baseada na similaridade deste índice por essa informação não ter sido conhecida a priori.

A relação h/d diminuiu da classe de altura 1 para a classe 3 com valores médios de 110, 95 e 80. Seguem este mesmo padrão as árvores de regeneração da araucária sem concorrência. A relação h/d das classes 2 e 3 são menores que a da classe de altura 1, indicando que o diâmetro em relação à altura é maior (Tabela 30).

**TABELA 30 - Índices morfométricos e medidas dendrométricas da regeneração de araucária das classe 1, 2 e 3, mantidas com e sem concorrência, do *Pinus elliottii*. FLONA de São Francisco de Paula - RS**

Arv	Classe	t	d	h	Lc	AC	b	Fc	PC	I_ Seeb	IC_Hegyi	IC_S	BAL	Hd
112	1	7	3,5	3,7	3,2	1,47	1,37	0,43	86,49	0,39	10,1	5,63	0,09	106
113	1	6	4,0	4,5	4,0	1,85	1,54	0,38	88,89	0,38	6,15	3,14	0,15	113
114	1	7	3,5	4,0	3,5	2,73	1,87	0,53	87,50	0,53	7,86	5,24	0,09	114
123	2	12	7,1	5,0	4,15	4,52	2,4	0,58	83,00	0,34	7,42	3,84	0,16	70
129	2	10	4,9	4,8	4,1	1,67	1,46	0,36	85,42	0,30	7,47	3,75	0,12	98
1213	2	10	2,9	3,45	2,55	0,98	1,12	0,44	73,91	0,38	7,49	7,49	0,03	119
1309	3	13	8,6	6,2	4,6	3,5	2,11	0,46	74,19	0,25	3,31	1,96	0,12	72
1312	3	19	9,1	7,75	3,85	2,5	1,79	0,46	49,68	0,20	5,46	3,64	0,10	85
1315	3	20	12,0	9,7	4,9	7,55	3,1	0,63	50,52	0,26	2,38	0,72	0,12	81
214	1	10	3,1	2,95	2,35	0,74	0,97	0,41	79,66	0,31	-	-	-	95
215	1	9	1,9	2,65	2,15	0,84	1,04	0,48	81,13	0,54	-	-	-	139
216	1	5	3,9	3,5	3,2	0,89	1,07	0,33	91,43	0,27	-	-	-	90
222	2	11	6,4	4,2	3,2	2,05	1,62	0,50	76,19	0,25	-	-	-	66
227	2	8	5,7	4,8	3,25	1,4	1,34	0,41	67,71	0,23	-	-	-	84
229	2	11	5,7	4,25	3,1	1,87	1,55	0,50	72,94	0,27	-	-	-	75
231	3	12	12,0	8,1	5,7	7,31	3,05	0,54	70,37	0,25	-	-	-	68
233	3	10	8,3	6,0	4,7	3,63	2,15	0,46	78,33	0,26	-	-	-	72
238	3	12	5,9	5,1	4,0	3,06	1,98	0,49	78,43	0,33	-	-	-	86

Em que:Arv= regeneração natural de araucária; Classe= Classe de altura; t= idade anos; d= diâmetro (cm); h= altura total (m); Lc= comprimento da copa (m); AC= área da copa (m<sup>2</sup>); b= diâmetro de copa (m<sup>2</sup>); Fc= formal de copa (b/L); PC= porcentagem de copa; I\_ Seeb= (b/d) Índice do espaço relativo Seebach; IC\_Hegyi= Índice de concorrência Hegyi; IC\_S= Índice de Competição Silvicultural; BAL = Índice Competição em Basal Área Larger; Relação (h/d)= altura diâmetro.

**TABELA 31 - Coeficientes de Correlação de Pearson da altura e as variáveis morfométricas e dendrométricas da regeneração natural de araucária da área experimental um. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

	CLASSE	t	d	h	Lc	AC	b	FC	PC	I_Seeb	IC_Hegyi	IC_S	hd
CLASSE	1,00	0,752	0,842	0,801	0,704	0,659	0,701	0,433	-0,685	-0,644	-0,246	-0,220	-0,658
		0,000	<,0001	<,0001	0,001	0,003	0,001	0,072	0,002	0,004	0,324	0,381	0,003
t	0,752	1,00	0,742	0,790	0,426	0,609	0,608	0,617	-0,882	-0,477	-0,078	-0,094	-0,423
			0,000	<,0001	0,078	0,007	0,007	0,006	<,0001	0,046	0,757	0,711	0,080
d	0,842	0,742	1,00	0,952	0,856	0,885	0,893	0,566	-0,687	-0,663	-0,226	-0,296	-0,742
	<,0001	0,000		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,014	0,002	0,003	0,368	0,233	0,000
h	0,801	0,790	0,952	1,00	0,835	0,863	0,865	0,534	-0,750	-0,565	-0,077	-0,153	-0,549
	<,0001	<,0001	<,0001		<,0001	<,0001	<,0001	0,023	0,000	0,015	0,762	0,543	0,018
Lc	0,704	0,426	0,856	0,835	1,00	0,856	0,891	0,377	-0,293	-0,454	-0,001	-0,127	-0,600
	0,001	0,078	<,0001	<,0001		<,0001	<,0001	0,123	0,238	0,059	0,995	0,614	0,009
AC	0,659	0,609	0,885	0,863	0,856	1,00	0,986	0,746	-0,479	-0,302	-0,089	-0,176	-0,531
	0,003	0,007	<,0001	<,0001	<,0001		<,0001	0,000	0,044	0,224	0,726	0,485	0,023
b	0,701	0,608	0,893	0,865	0,891	0,986	1,00	0,749	-0,458	-0,316	-0,043	-0,141	-0,578
	0,001	0,007	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001		0,000	0,056	0,202	0,866	0,576	0,012
FC	0,433	0,617	0,566	0,534	0,377	0,746	0,749	1,00	-0,482	0,050	-0,051	-0,077	-0,313
	0,072	0,006	0,014	0,023	0,123	0,000	0,000		0,043	0,844	0,842	0,762	0,206
PC	-0,685	-0,882	-0,687	-0,750	-0,293	-0,479	-0,458	-0,482	1,00.	0,538	0,202	0,152	0,354
	0,002	<,0001	0,002	0,000	0,238	0,044	0,056	0,043		0,021	0,421	0,548	0,149
I_Seeb	-0,644	-0,477	-0,663	-0,565	-0,454	-0,302	-0,316	0,050	0,538	1,00	0,354	0,380	0,825
	0,004	0,046	0,003	0,015	0,059	0,224	0,202	0,844	0,021		0,149	0,120	<,0001
IC_Hegyi	-0,246	-0,078	-0,226	-0,077	-0,001	-0,089	-0,043	-0,051	0,202	0,354	1,00	0,944	0,366
	0,324	0,757	0,368	0,762	0,995	0,726	0,866	0,842	0,421	0,149		<,0001	0,136
IC_S	-0,220	-0,094	-0,296	-0,153	-0,127	-0,176	-0,141	-0,077	0,152	0,380	0,944	1,00.	0,436
	0,381	0,711	0,233	0,543	0,614	0,485	0,576	0,762	0,548	0,120	<,0001		0,070
h/d	-0,658	-0,423	-0,742	-0,549	-0,600	-0,531	-0,578	-0,313	0,354	0,825	0,366	0,436	1,00.
	0,003	0,080	0,000	0,018	0,009	0,023	0,012	0,206	0,149	<,0001	0,136	0,070	

Em que: Classe= Classe de altura; t= idade (anos); d= diâmetro (cm); h= altura total (m); Lc= comprimento da copa (m); AC= área da copa (m<sup>2</sup>); b= diâmetro de copa (m<sup>2</sup>); FC= formal de copa (b/L); PC= porcentagem de copa; I\_Seeb (b/d)= Índice do espaço relativo Seebach; IC\_Hegyi= Índice de concorrência Hegyi; IC\_S= Índice de Competição Silvicultural; Relação (h/d)= altura diâmetro.

Segundo Scolforo (1997), a relação h/d é maior quanto mais forte for a concorrência entre as plantas ou, comparativamente, as concorrências mais moderadas, ocorrendo em todas as classes, mais evidente nas classes de altura 2 e 3. Para o autor, quanto maior o comprimento da copa, menor a relação h/d, tendência esta, também encontrada em algumas árvores amostras da classe de altura 1, com e sem competição (Tabela 30).

Observa-se que a altura está positiva e fortemente correlacionada com a idade, a classe, o diâmetro e com o comprimento da copa, estando relacionada também com o diâmetro da copa e, com a área da copa e, em grau moderado, com o formato de copa. De forma inversamente proporcional e em intensidade moderada, a altura correlaciona-se com o percentual de copa, com o Índice de Espaço de Crescimento Seebach e a relação h/d (Tabela 31).

A variável diâmetro tem relação de efeito direto e está fortemente correlacionada com a classe de altura, com a variável altura, com a área e o diâmetro de copa e, ainda, com o comprimento da copa. De maneira moderada, com a idade. Também moderadamente, mas de forma inversa, com o percentual de copa, com o Índice de Espaço de Crescimento Seebach e com a relação h/d.

A área da copa, uma variável derivada da largura da copa, tem correlação elevada com o diâmetro e a altura da regeneração (Tabela 31), também demonstrada nos estudos realizados por Longhi (1980), Seitz (1986) e Nutto (2001), em que os autores encontraram alta correlação entre estas duas variáveis: largura da copa e o diâmetro da árvore.

Em estudo sobre a redução da percentagem de copa, por meio de desrama, em *Pinus elliottii*, Floriano (2004) não encontrou diferenças significativas sobre a altura média e altura dominante; mas encontrou diferença significativa para o crescimento do diâmetro. Com a redução de 40% da copa, ocorreu uma redução de 2% no crescimento em diâmetro. Para a intensidade de desrama de 60%, houve um decréscimo de 7,5% em diâmetro e na intensidade de 80% de desrama, o diâmetro reduziu em 13,5%.

## 4.2 Crescimento da *Araucaria angustifolia*, sob competição, Área experimental dois.

O crescimento da araucária, foi estudado com a modelagem da altura e do diâmetro. As araucárias, no decorrer do desenvolvimento, assumiram a condição de árvores sociologicamente dominadas e, quando liberadas com o corte pelo alto, voltaram a receber a concorrência pelo plantio intercalar de pinus.

### 4.2.1 Crescimento em altura

Os modelos matemáticos ajustados, tendo a altura como variável dependente e a idade como variável independente foram relacionados na Tabela 32.

**TABELA 32 – Equações e estatísticas que descrevem o crescimento da altura em função da idade da araucária, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

Equação	Modelo	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F	Escores			Totais
1	$h = e^{(b_1 \ln t)}$		0,6347			0,978	16,03	12780	4	9	1	14
2	$h = e^{(b_0 + b_1 t^2 + b_2 \ln t)}$	-0,9464	-0,0003	1,0345		0,939	10,29	2207	5	1	5	11
3	$h = e^{(b_0 + b_1 \ln t + b_2 \ln^2 t)}$	-1,1138	1,3972	-0,1248		0,928	11,22	1834	9	5	7	21
4	$h = e^{(b_1 \ln t + b_2 \ln^2 t)}$		0,5302	0,0316		0,979	15,81	6570	3	8	4	15
5	$h = e^{(b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3)}$	-0,7217	0,2883	-0,0091	9,40E-05	0,934	10,74	1342	7	3	8	18
6	$h = e^{(b_0 + b_1 \ln t + b_2 t)}$	-1,0243	1,1804	-0,0254		0,939	10,33	2188	6	2	6	14
7	$h = b_1 t + b_2 t^2$		0,4907	-0,0059		0,988	11,67	12212	1	6	2	<b>9</b>
8	$h = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$	-0,0886	0,6954	-0,0161	1,40E-04	0,933	10,92	1323	8	4	9	19
9	$h = b_1 t^2 + b_2 \ln^2 t$		0,001	1,1299		0,984	14,81	7538	2	7	3	12

Em que : h= altura em metros; t= idade em anos; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, ... coeficientes das equações; ln= logaritmo neperiano; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em%; F<sub>Cal</sub>= valor de F da análise da variância.



Os modelos relacionados na Tabela 32 apresentaram coeficientes de determinação ajustado acima de 93%, com coeficientes de variação próximos a 11%.

Os resultados destacaram seis modelos (1, 2, 4, 6, 7 e 9), por ajustarem convenientemente as alturas nas idades jovens e médias. A partir de 45 anos de idade, as equações 2 (Logarítmica) e 7 (Parabólica), subestimam alturas sendo que as equações 1 de Stofells, 4 de Backmann e 9 (Linear mista), superestimam as alturas.

Sob o critério da seleção que considerou o menor valor ponderado (VP), a equação de menor valor foi a Parabólica, número 7. Entretanto, a análise gráfica dos resíduos das equações potenciais mostrou pequenas tendências de ajuste, o que não ocorreu com o modelo 6 de Gram ( $h = e^{(b_0 + b_1 \ln t + b_2 t)}$ ).

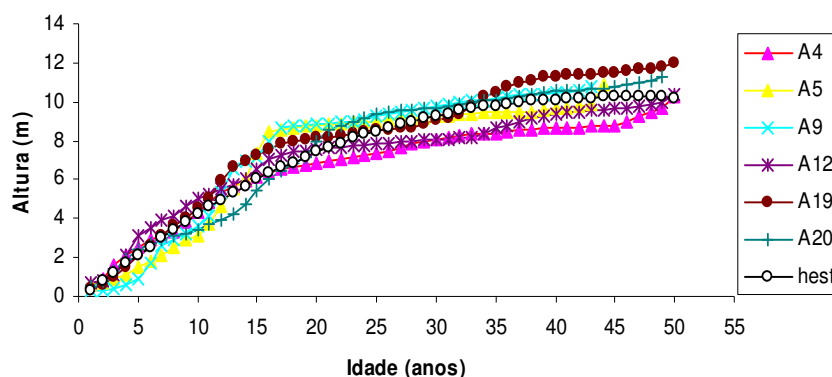
Os modelos de Backmann e Gram obtiveram boa eficiência estatística na modelagem da regeneração natural da classe de altura 3 sob competição,  $R^2_{Aj}$  superiores a 93%. Estes modelos, neste sistema, atingiram valores de  $R^2_{Aj}$  igualmente superiores a 93%.

Na modelagem da altura média e dominante de araucária e pinus, do Plano de Manejo da FLONA de São Francisco de Paula (1989), foram utilizadas as funções de Prodan e Backmann. Estas funções também foram utilizadas na confecção da tabela de produção das espécies de araucária e pinus, na FLONA de Passo Fundo por Schneider et al (1992). O modelo de Backmann também foi utilizado por Finger et al. (1993), em estudos da altura em *Pinus elliotii*, em Curitiba - SC.

Já Scheeren et al (1999), estudando o crescimento em altura de araucária, em sítios naturais na FLONA de Canela, utilizaram a função de Richards (1959), de três coeficientes, utilizado também por Tonini (2000).

Nas Figuras 16 e 17 foram reunidas as curvas de crescimento em altura das árvores amostras plotadas em função da idade e dos anos de plantio.

As curvas de crescimento em altura têm incrementos ascendentes até o décimo quinto ano, para todas as árvores amostras que estabilizam o crescimento por período de 20 anos, para depois retomar o crescimento de forma levemente ascendente. A retomada do crescimento em altura de forma mais acentuada ocorreu nos últimos quatro anos, a partir de 2004 (Figura 16).



**FIGURA 16 -** Curvas de crescimento em altura em função da idade, e curva média estimada, para araucárias mantidas sob a condição de árvores dominadas - FLONA de São Francisco de Paula – RS.

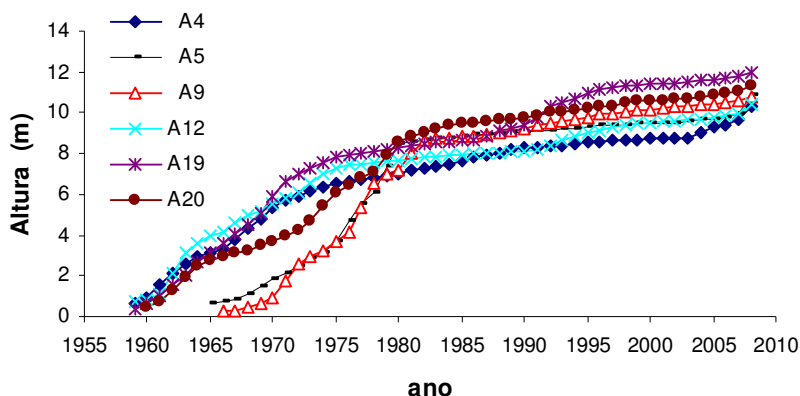
A estabilização do crescimento em altura, no período entre as idades de 15 e 35 anos, deveu-se à intensificação da concorrência exercida pelas araucárias dominantes.

O desbaste realizado no 17<sup>o</sup> ano liberou as árvores remanescentes permitindo, na seqüência, o fechamento do dossel superior.

Em situação semelhante, Larson (1963) verificou que as árvores dominadas, pertencentes ao estrato inferior, tiveram uma redução no tamanho da copa e na eficiência dos ramos pelo aumento progressivo da competição, resultando na paralisação do crescimento em altura e do diâmetro, bem como mudanças na distribuição do crescimento ao longo do fuste, condições e ocorrência constatadas neste estudo.

As araucárias selecionadas para análise de tronco apresentaram idades de 44 e 43 anos, respectivamente as árvores 4 e 9; as demais entre 49 e 50 anos, evidenciando uma amplitude de idade de sete anos. Os apêndices 1, 2 e 3 contêm os dados completos da ANATRO das seis árvores amostras.

O crescimento em altura das araucárias que se desenvolveram posicionadas no estrato inferior, na condição de árvores dominadas, é semelhante ao de araucárias que crescem em sítios ruins (Figuras 16 e 17).



**FIGURA 17 - Curvas de crescimento em altura em função da idade, deslocadas para o ano de plantio para araucárias mantidas sob a condição de árvores dominadas. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

#### 4.2.1.1 Incremento Percentual Médio em altura ( $IPM_h$ )

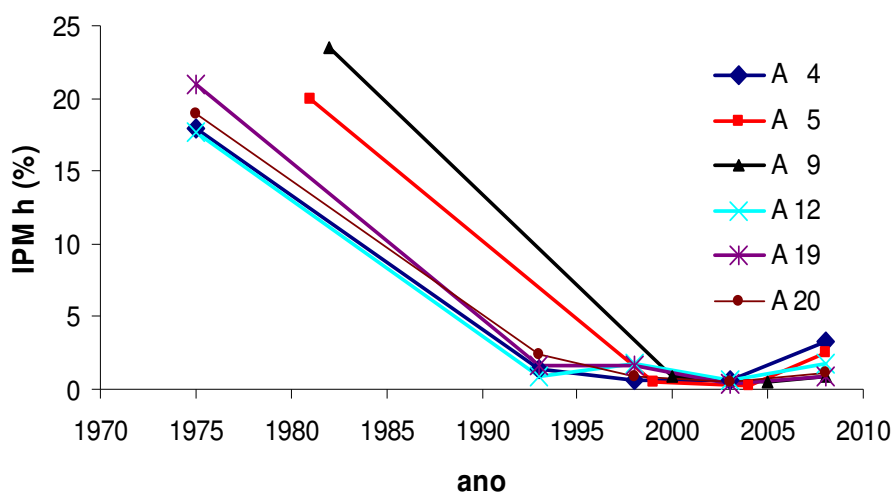
O Incremento Percentual Médio da altura, nos períodos entre os desbastes, calculado para as seis árvores que tiveram o crescimento reconstruído por análise de tronco, foi descrito pelo modelo  $IPM_h = -8,637 + 404,273*(1/t)$ , calculado pelo procedimento setpwise, tendo o  $IPM_h$  como variável dependente e a idade como variável independente.

As estatísticas de ajuste e precisão foram o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{Aj}$ ), com 93,51%, o coeficiente de variação (CV%), de 42,29%, respectivamente, e o valor de significância de F igual a 404,11.

Na Figura 19 foram desenhadas as curvas de incremento ajustadas para cada árvore amostra, onde se observou que até 1995, ano de realização do primeiro desbaste, as araucárias apresentaram taxas diferenciadas de crescimento. Entre os anos de 1995 e 2005, tiveram taxas de incremento percentual baixas, constantes e muito semelhantes. A partir de 2005, todas as árvores, especialmente as árvores 4 e 5, mostraram reação de crescimento, aumentando a taxa de incremento em altura. Essas duas árvores apresentaram, por ocasião da amostragem, concorrência mais elevada que as demais (Tabela 35), retomando o incremento em altura antes.

De acordo com dados cadastrais, os desbastes na araucária ocorreram nos anos de 1975 e 1993; em 1997 foi executado o corte pelo alto com a liberação das árvores remanescentes. Após o corte pelo alto, permaneceram no povoamento somente árvores de baixa estatura que se encontravam na condição de árvores dominadas. Neste período, que se prolongou até meados de 2005, as taxas de incremento permaneceram estáveis e de pequena dimensão.

Em 1998 foi realizado o plantio intercalar com pinus, que passou a exercer concorrência às araucárias estudadas. A partir de 2003, o pinus atingiu a altura de 8m, alcançando a parte inferior das copas de araucária. A copa da araucária levou igual período de tempo para iniciar uma recuperação. O incremento corrente anual em altura apresentou-se maior a partir de 2005, sendo que no ano de 2008 este em ficou acima de 0,65 cm para as araucárias 4 e 5.



**FIGURA 18 - Curvas de incremento percentual médio, do incremento sobre a altura, para as araucárias dominadas. FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

A fraca reação das taxas de incremento periódico, após o corte pelo alto, é decorrente do mau estado das copas das araucárias. A Tabela 35, mostra que as araucárias apresentaram área de copa média de 9,82 m<sup>2</sup> e altura de copa de 1,67m. Comparativamente, Zanon (2007) encontrou área de copa média de 41,5m<sup>2</sup> e altura de copa média de 4,35m, em araucárias com 60 anos de idade, em povoamentos implantados na FLONA de São Francisco de Paula.

## 4.2.1.2 Comparação do crescimento em altura

Para avaliar a influência no crescimento em altura, promovido pelas intervenções silviculturais foi utilizada a ANACOVA do IPM em função da idade segundo a função:  $h = b_0 + b_1 \frac{1}{t}$ .

**TABELA 33 – ANACOVA das curvas do IPM<sub>h</sub> para as araucárias dominadas 4, 5, 9, 12, 19 e 20, FLONA de São Francisco de Paula – RS.**

FV	GL	SQ	QM	F cal	Pr>F
Árv 4x5x9x12x19x20	5	27,407	5,48	2,07	0,0005
Invt	1	165,045	165,045	62,35	<.0001
Invt x árv	5	55,112	11,022	4,16	0,0118
Resíduo	17	44,998	2,647		
Árv 9 x 12 x 19 x 20	3	3,121	1,04	0,42	0,7399
Invt	1	1180,433	1180,433	480,03	<.0001
Invt x árv	3	14,966	4,988	2,03	0,1636
Resíduo	12	29,509	2,459		
Árv 4 x 5	1	10,729	10,729	3,46	0,1218
Invt	1	1,672	1,672	0,54	0,4955
Invt x árv	1	10,053	10,053	3,24	0,1315
Resíduo	5	15,489	3,098		

Em que: FV= Fonte de Variação; GL= Graus de Liberdade; SQ= Soma de Quadrados; QM= Quadrado médio; F cal= F calculado; Prob= valor de significância de F; árv= árvore; Invt= Inverso da idade.

A análise de covariância das curvas do IPM<sub>h</sub> das araucárias, que na estratificação do povoamento posicionaram-se na condição de dominadas, indicou existir diferença no crescimento  $F_{cal} = 4,16$ ,  $Prob F > 0,0118$ , quando comparada às curvas do incremento das araucárias 4, 9, 12, 19 e 20. Também a análise de covariância mostrou que não houve diferença significativa quando comparada às curvas dos incrementos das árvores 9,12,19 e 20, com  $F_{Prob} > 0,1636$  e que houve um terceiro grupo formado com as árvores 4 e 5,  $F_{prob} > 0,1315$  (Tabela 33).

O incremento percentual médio em altura decresceu de 22%, para níveis de 2,7%, 1,1% e 0,5%, para depois crescer para um percentual de 1,9% (Figura 18).

O crescimento acelerado da altura ocorreu nos primeiros 15 anos de idade, independente do ano do estabelecimento da árvore. Ocorreu a estabilização no crescimento durante 20 anos, de 1975 a 1995, com oscilações mínimas, para as árvores de maior idade (50 anos); para as de menor idade (44 anos), a partir de 1980. Somente nos últimos cinco anos, a partir de 2003, ocorreu a retomada do crescimento em altura, passando de um  $IPM_h$  de 0,5% para 1,9% (Figura 18).

As araucárias 4 e 5 tiveram crescimento semelhante, apresentando uma reação de crescimento em altura na porção final bem superior, independente da idade das árvores. Possuem semelhança nas alturas de copa, percentual de copa e nos índices de concorrência Hegyi e Silvicultural (Tabela 35), além de localizarem-se na posição inferior do terreno. Este conjunto, (sítio, estrutura de copa e nível de concorrência), determinou os incrementos em altura diferentes das demais árvores (9,12,19 e 20).

Araucárias que tiveram o crescimento em altura estabilizado e copa em forma de candelabro, indicando uma paralisação no crescimento em altura, no momento em que são liberadas e recebem plena luz, retomam o crescimento em altura não de forma imediata, emitindo novos verticilos apicais alongados. Esta retomada de crescimento em altura, num processo de aceleração do crescimento, apresentou reações diferenciadas em cada árvore, atingindo um (ICA) em altura de até 1m, conforme verificado na árvore amostra 5, Apêndice 2. Essa retomada de crescimento foi perceptível em muitas árvores do talhão, pois apresentavam maior distância entre os verticilos da copa, dando a impressão ao observador que haverá, nos próximos anos, a formação de nova copa piramidal.

#### 4.2.2 Crescimento em diâmetro

Dentre os modelos matemáticos testados, foram selecionadas equações que apresentaram melhor eficiência e agrupadas na Tabela 34.

Os modelos relacionados na Tabela 34 mostraram coeficientes de determinação ajustado com valores superiores a 79% e coeficientes de variação entre 10,5% e 16%.

**TABELA 34 - Equações e estatísticas para descrever o crescimento do diâmetro em função da idade, para a araucária, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

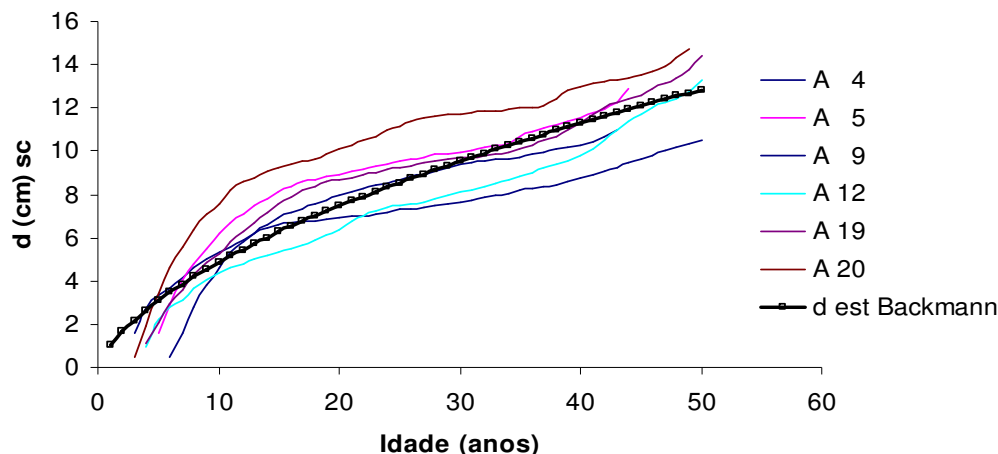
MODELO	EQUAÇÃO	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	R <sup>2</sup> <sub>AJ</sub>	CV%	F	Escores			Totais
1	$h = e^{(b_1 \ln t)}$		0,664		0,986	12,32	18408	1	5	1	7
2	$h = e^{(b_0 + b_1 1/t)}$	2,566	-8,809		0,815	10,64	1169	4	2	5	11
3	$h = e^{(b_1 \ln t + b_2 \ln^2 t)}$		0,732	-0,020	0,986	12,24	9323	1	4	2	7
4	$h = e^{(b_0 + b_1 1/t + b_2 \ln t)}$	1,944	-6,889	0,165	0,820	10,47	608	3	1	6	10
5	$h = e^{(b_0 + b_1 \ln t + b_2 t)}$	-0,923	1,192	-0,027	0,797	11,13	522	5	3	7	15
6	$h = t^2 / b_1 t + b_2 t^2$		1,347	0,057	0,790	15,80	5850	6	6	3	15
7	$h = b_0 * (1 - e^{(-b_1 t)^{b_2}})$	19,00	0,014	0,626	0,977	15,97	5714	2	7	4	13

Em que : h= diâmetro em (cm) sem casca; t= idade em anos; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, ... coeficientes das equações; ln= logaritmo neperiano; R<sup>2</sup><sub>AJ</sub>= Coeficiente de determinação ajustado; CV%= Coeficiente de variação em porcentagem; F= valor de significância de F.

Sob o critério da seleção que considera o total dos pontos dos escores, os modelos de Stofells e Backmann modificados alcançaram pontuações iguais, sendo os escolhidos para descrever os diâmetros das araucárias dominadas.

Floriano (2004), ao descrever a influência da desrama sobre o crescimento do diâmetro para *Pinus elliottii* Engelm., utilizou-se do modelo de Chapman-Richards. Já Hess (2006), em estudos do crescimento do diâmetro de araucária nas Regiões do Planalto Médio e Encosta Superior do Nordeste, selecionou a equação de Backmann modificada, sendo que para a Encosta do Sudeste destacaram-se, por ordem: Gram, Chapman-Richards e Backmann modificado.

As curvas apresentadas na Figura 19, geradas com os dados reais dos diâmetros sem casca das árvores amostras e com o modelo selecionado ( $h = e^{(b_1 \ln t + b_2 \ln^2 t)}$ ) com os coeficientes e estatísticas da Tabela 34, subestimaram os valores observados próximo aos 10 anos de idade; não tendo sido encontrado um modelo que não apresentasse o mesmo problema.



**FIGURA 19 - Curvas de crescimento do diâmetro em função da idade, para araucárias sob condição de dominadas. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

O diâmetro das araucárias dominadas que remanesceram no povoamento, após o desbaste pelo alto, alcançaram apenas 13 cm sem casca aos 50 anos de idade, sendo que, antes do desbaste, aos 31 anos de idade, o povoamento apresentava um (dg) de 22,1 cm, segundo dados do Plano de Manejo da FLONA de São Francisco de Paula (IBAMA, 1989), comprovando que as árvores em estudo, pertenciam ao estrato inferior.

Comparativamente, o diâmetro médio de araucárias com idades de 55 anos, conduzidas na FLONA de São Francisco de Paula, mostrou um diâmetro médio de 38 cm sem casca, 25 cm a mais que as árvores da área dois do estudo.

A evolução do incremento corrente anual em diâmetro das araucárias dominadas (Apêndices 1, 2 e 3), ao longo dos anos e observadas as intervenções silviculturais realizadas no povoamento, demonstrou que, após a liberação das árvores, realizada em 1997, ocorreram acréscimos significativos nos incrementos em diâmetro, passando de 0,11cm para 0,23cm. O diâmetro apresentava incrementos correntes anuais de 0,56cm até o 15º ano, nestas árvores, diminuindo para 0,21cm no período entre o 15º e o 29º ano, chegando a 0,11cm antes da liberação em 1997.

O sistema misto composto por 1527 árvores de *Araucaria angustifolia* e *Pinus* spp., apresentou uma área basal total de 32 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, correspondente 11,5m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> para a araucária e 20,5m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup> para o *Pinus* spp. A área basal das



741 araucárias remanescentes do corte pelo alto, realizado em 1987, nesta data, apresentava-se com  $7,6\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ , aumentando em  $4,1\text{m}^2\text{ha}^{-1}$  em 10 anos.

#### 4.2.3 Índices morfométricos e dendrométricos das araucárias, área experimental dois, FLONA São Francisco de Paula - RS.

As árvores amostras do talhão 15 apresentaram dimensões reduzidas conforme os dados da Tabela 35.

A idade das árvores variou entre 43 e 50 anos, com diâmetro médio alcançando 12,8 cm e a altura 11,0 m. Observou-se que as dimensões de largura e comprimento de copa encontravam-se bastante reduzidas, com valores médios de 3,5 m e 1,67m, respectivamente, demonstrando a forte competição recebida pelas árvores. Mesmo após 10 anos da execução do desbaste pelo alto não ocorreram grandes modificações nas dimensões da copa, decorrente qualidade do sítio e do longo período que se encontravam sob o dossel.

Os índices igualmente demonstraram a competição recebida pelas árvores de araucária, atualmente consorciadas com *Pinus* spp., com médias de 5,41 para o Índice de Competição de Hegyi e 3,04 para o Índice de Competição Silvicultural.

A relação h/d das árvores amostras apresentaram um valor médio de 87 , variando entre 76 e 103, indicando que as árvores passaram por forte concorrência, confirmando as observações realizadas na floresta.

Outro indicador de elevada concorrência, segundo Scolforo (1997), é o pequeno comprimento da copa que, neste estudo, apresentou altura média de copas de 1,67m. Essas copas são muito pequenas quando comparadas com as araucárias de outros talhões que apresentaram altura média de copa de 4,35 m, como no estudo desenvolvido por Zanon (2007).

**TABELA 35 - Índices morfométricos e dendrométricos de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze, das árvores que cresceram dominadas, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

Pos	Arv	t	d	h	b	AC	Lc	FC	PC	I_Seeb	BAL	IC_Hegyi	IC_S
1	4	50	10,51	10,80	3,75	11,04	2,00	1,88	18,52	0,36	0,37	6,87	4,66
1	5	44	12,89	10,90	3,35	8,81	2,00	1,68	18,35	0,26	0,24	6,47	3,90
2	9	43	10,97	10,80	3,25	8,30	1,80	1,81	16,67	0,30	0,23	4,25	2,11
2	12	50	13,26	10,40	3,80	11,34	1,60	2,38	15,38	0,29	0,19	3,92	1,84
3	19	50	14,44	11,95	3,40	9,08	1,65	2,06	13,81	0,24	0,31	5,95	3,42
3	20	49	14,76	11,27	3,63	10,35	0,97	3,74	8,61	0,25	0,26	5,02	2,29
	média	48	12,81	11,02	3,53	9,82	1,67	2,26	15,22	0,28	0,27	5,41	3,04

Em que: Pos= Posição; Arv= Árvores amostras de Araucária; t= idade (anos); d= diâmetro (cm); h= altura total (m); b= diâmetro de copa (m); AC= área da copa (m<sup>2</sup>); Lc= comprimento da copa (m); FC= forma de copa (b/L); PC= percentagem de copa; I\_Seeb (b/d)= Índice do espaço relativo Seebach; BAL= Índice de concorrência; IC\_Hegyi= Índice de Concorrência Hegyi; IC\_S= Índice de Competição Silvicultural.

## CONCLUSÕES

### 5.1 Araucária regenerada em sub bosque de *Pinus elliottii* Engelm.

Existe homogeneidade e semelhança no crescimento em altura da regeneração natural de araucária, sob o dossel do povoamento de pinus, para as plantas pequenas e médias, até 3,2m de altura. Este padrão também manifesta-se nas idades iniciais das plantas classificadas como grandes, quando na condição de banco de plântulas.

A regeneração natural de araucária que nasce livre de competição, após o corte final do pinus, apresenta incremento superior às que recrutaram sob o dossel do povoamento de *Pinus elliottii* Engelm.

A regeneração natural de araucárias classificadas como pequenas (classe de altura 1), com plantio intercalar de pinus, apresenta crescimento levemente superior às que permaneceram sem o interplantio. Já para as classes de altura médias (2) e grandes (3), o consórcio com pinus não influenciou no desenvolvimento da altura. Esse resultado parece indicar um efeito positivo da competição quando mantida abaixo da copa da araucária.

Plantas que apresentaram idades, valores morfométricos da copa semelhantes, índices de concorrência moderada e índice de concorrência silvicultural três têm padrões semelhantes de crescimento em altura,

O recrutamento da araucária coincide com as aberturas (desbastes e corte final) ocorridas no povoamento de pinus. Para plantas já estabelecidas, estes eventos, promovem reações de crescimento em altura.

## **5.2 Araucárias que cresceram sob competição e que, após liberadas, receberam interplântio de *Pinus* spp.**

O padrão de crescimento em diâmetro e altura de araucárias dominadas é significativamente inferior ao de araucárias de outras classes sociológicas.

A intensificação da concorrência e o fechamento do dossel determinam a estratificação das árvores do povoamento e a paralisação do crescimento em altura e diâmetro de araucárias dominadas. A paralisação ocorreu a partir do décimo quinto ano e estendeu-se por mais vinte anos.

A abertura do dossel não determinou a retomada do crescimento em altura de forma imediata. Este inicia a partir do sétimo ano após a liberação, passando o incremento percentual médio em altura da araucária de 0,5% para 1,9%. Já para o diâmetro, o incremento corrente anual tem acréscimos significativos, passando de 0,11cm para 0,23cm logo após a liberação das araucárias.

As araucárias demonstraram grande capacidade de resistência à forte concorrência e recuperação, mesmo após transcorrido longo período de tempo.

## **5.3 Considerações e recomendações**

O retorno do crescimento em altura ocorre para araucárias que passam por concorrência na idade juvenil, a exemplo da área experimental um, nas três classes de altura estudadas.

Para araucárias que sofreram concorrência durante longo período e encontravam-se na fase adulta na condição de dominadas, a retomada do crescimento em diâmetro aconteceu imediatamente depois da liberação e da altura somente após transcorridos 7 anos.

O interplântio do pinus nas duas áreas estudadas, com 5 anos de idade na área experimental um (regeneração natural) e com 10 anos na área experimental dois (araucárias de povoamento homogêneo), não interferiu no crescimento em altura da araucárias.

Recomenda-se a realização de novos estudos sobre a produção em sistemas mistos, comparando-os com sistemas puros em diferentes níveis de competição e diferentes proporções de misturas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, A. V. **Los tratamientos silviculturales**. Santiago. Universidad de Chile, 1978.233p.

ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria, RS: UFSM, CCR, Departamento de Ciências Florestais, 1978. 230p.

ANDRAE, F. H. **Importância do manejo de floresta nativas para renda da propriedade e abastecimento do mercado madeireiro**. Viena Áustria: Department of Forest and Soil Sciences. Institute of Forest Growth Research. University of natures Resources and Applied Life Sciences of Viena, 2008. 7p.

ANDRAE, F. H.; PALUMBO, R.; MARCHIORI, J. N. C.; DURLO M. A. O sub bosque de reflorestamento de Pinus em sítios degradados da região da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15 n.1,p.43 – 63,2005.

ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1970.506p.

BACHES, A. 2001. **Determinação da idade e regeneração natural de uma população de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em um povoamento florestal localizado no município de Caxias do Sul. RS Brasil**. Iheringia – Sér. Botânica, Porto Alegre, n.56, p.115-130.

BITTERLICH, W. Die winkelzahlprobe. **Allg. Forst-u holzwirtsch. Ztg.**, v.59, n.1 e 2, p.4-5, 1948.

BRASIL. MMA. Lei n. 9985: 18 julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Brasília:2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).

BRDE. Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. **Cultivo da Araucaria angustifolia: Análise de viabilidade econômica e financeira e alternativas de incentivo**. Florianópolis: BRDE, out 2005. 53p.

CABACINHA, C . D. **Um método para realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa.** 2003. 166p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CARRARO, C. C. GAMERMANN, N.; EICK, N. C. et al. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 1974. 29p.

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística.** São Paulo: Editora Edgar Blucher, 1977. 264 p.  
DANGERFIELD, C.W.Jr.; EDWARDS,M.B. **Forest regeneration manual.** Georgia, USA Kluwer, 1990. 433p.

DANIEL,TW.; HELMS, J. A.; BAKER, F. **Principles of silviculture.** New York: Mc Graw-hill,1979.500p.

DANIEL, T. W., J. H., BAKER, F. **Princípios de Silvicultura.** México: McGraw-Hill. 1982.492 p.

DAVIS, L.S.; JOHNSON, K.N. **Forest management.** 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1987.789 p.

DELLA-FLORA, J.B. **Modelos de crescimento para árvores singulares – Nectandra megapotamica (Spreng) Mez. E Ocotea puberula Ness.**2001.60f  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R. Ecophysiological responses of Araucaria angustifolia (Araucariaceae) seedlings to different irradiance levels. **Australian Journal of Botany.** CSIRO PUBLISHING PO Box 1139 (150 Oxford St) Australian, v.48,p.531-537,2000.

DUARTE, L. S.; DILLENBURG, L. R.; ROSA, L. M. Assessing the role of light availability in the regeneition of Araucaria angustifolia (Araucariaceae). **Australian Jounal of Botany,** CSIRO PUBLISHING PO Box 1139 (150 Oxford St) Australian, v.50,p.741-751, 2002.

DURYEA, M. L.1987. Forest Regeneration Methods natural regeneration, direct seeding and planting. Cir 759. **Cooperative Extension Service,** University of Florida, Institute of Food and Agriculture Science.10p.

EDWARD, M.B.1987. Natural Regeneration of Loblolly Pine; A Loblolly Pine Management Guide; USDA. **Forest Service General Technical Report SE – 47**. USDA 17p. 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA – SPL, 1999.412p.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos da Biometria Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992.269p.

FINGER, C. A. G., **Crescimento e Produção Florestal**, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006 160p.

FINGER, C. A. G.; COZER E. Efeito da intensidade de desbaste sobre o crescimento e produção de povoamentos de *Pinus elliottii*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE FLORESTAS PLANTADAS, Esteio, 1991. **Anais**. Esteio: CEPEF/FATEC, 1991.p.150-167.

FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER , P. R.; KLEIN, J. E. M. Produção de florestas de *E. grandis* Hill ex maiden em segunda rotação, conduzidos com um broto por touça e submetido a interplântio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 185-201, 1993.

FINOL,U. H. Nuevos parâmetros a considerar-se en el análisis estructural de las selvas virgens tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v.14,n.21,p.29 - 42,1971.

FLORIANO, E. P. **Efeito da desrama sobre o crescimento e a forma de *Pinus elliottii* Engelm.** 2004.93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2004.

FOSTER M. Struktur analyses eines tropischen regenwaldes in Kolumbien. **Allg. Forst. J – Ztg.** v.114,p.1-8, 1973.

GRAY, A.N.; SPIES, T.A. Micro site controls on tree seedling establishment in conifer forest canopy gaps. **Ecology Journal**. v.78. p.2458-2473.

HARRINGTON, A.; BRISSETTE,C.; CARLSON,C. Root system structure in planted and seeded loblolly and shortleaf pine. **Forest Science**. v.35,n.2,p.469-480. 1989.



HESS, A. F. **Inter-relações no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em diferentes locais do Rio Grande do Sul.** 2006. 177f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

HEGYI, F. A simulation model for management Jack pine stands. IN: FRIES, J. **Growth models for the tree and stand simulation.** IUFRO Proceedings of Working Party, S. 4. p.1-4. 1974.

HUECK, K. **As Florestas da América do Sul.** São Paulo: Ed. Polígono S.A., 1972. 466p.

IBAMA/ICM Bio., MMA, **Temperaturas e precipitação pluvial de 2000 a 2008 da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** Relatório não publicado, 2008. 120 f.

IBAMA. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS.** UFSM-FATEC, Santa Maria: 1989. 318p.

IBDF. INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Inventário Florestal Contínuo da Floresta Nacional de São Francisco de Paula.** Brasília: Ed. Gráfica brasiliense, 1983. 95p.

INOUE, M. T. **Regeneração natural - seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras.** Curitiba: FUPEF, 1979. 22p. (Série Técnica, 1).

IOB, G. **Influência de frutos e sementes na abundância de pequenos mamíferos e a relação com a predação e dispersão de sementes da Araucária (*Araucaria angustifolia*).** 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

JANSEN, P. A.; BONGES, F.; HEMERIK, L. Seed mass and mast seeding enhance dispersal by a neotropical scatter-hoarding rodents, **Ecological Monographs Journals**, Washington. DC, v.74, p.569 – 589, 2004.

KALINICHENKO, N. P.; PISARENKO, A. L.; SMIRNOV, N. A. **Forest regeneration on felled areas.** Moscou: Lesnaya Promyshlennost, 1973. 326p.

KHURANA, E. e SINGH, J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation* 28: 2001, p. 39-52.

LAMBERTZS, A.V.D.H, 2003. **Predação e sobrevivência de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em matas nativas e plantação de *Pinus elliottii* na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS.** 2003.76f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.

LAMPRECHT, H. **Waldbau in den Tropen.** Hamburg un Berlin: Paul Parey Verlag, 1986. 318p.

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

LINTAB| . Tree-ring measurement station. Rimmtech. Hardtstr. 20-22. D-69124 Heidelberg. Germany, 2000.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Sul do Brasil.** 1980, 198f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

MACHADO, S. A.; SIQUEIRA, J. D. P. Distribuição natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONFERÊNCIA IUFRO "PROBLEMAS FLORESTAIS DO GÊNERO *Araucaria*", 1980, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1980. p.4-9.

MASON, D.T. **The life history of lodge pole pine in the Rocky Mountains,** USDA Forest ser. Bul 154,1915.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Gimnospermas.** Santa Maria: Ed. da Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 161p.

MIELIKÄINEN, K. 1980. **Mänty – Koivusekametsiköiden rakenne já kehitys.** Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands – *Communications Instituti Forestalis Fenniae*, v.99,n.3,p.1-82. 1980.

MICROSOFT OFICCE EXCEL. Parte do produto Microsoft Office Professional 2003. Copyright 1985-2003 Microsoft Corporation. 2003.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

NAUBER, J. **Internationale Schutzkonzeptionen**. In: HERKENDELL, J.; PRETZSCH, J. (Hrsg.) Die Walder der Erde: Bestandesaufnahme und Perspektiven. Beck: München.; p.226-235. 1995.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) kuntze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v.11, n.2,p. 9-25, 2001.

OLIVEIRA, J. M; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Padrões de idade e crescimento de *Araucaria angustifolia*: reconstruindo históricos de distúrbio e dinâmica vegetacional, IN: Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu, MG. **Anais...Caxambu: 2007** res. 1804, 2f. janeiro de 2009, <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1804.pdf>.

PELLICO NETTO; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**, Curitiba. Ed. Camara Brasileira do Livro SP,1997. 316p.

PEREIRA, F. L. S. **Fatores bióticos afetando a distribuiao espacial de uma espécie – chave em diferentes escalas de um mosaico ambiental**.2004, 78f. Dissertaao (Mestrado em Biologia) – UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo,2004.

PETIT, P. M. Resultados preliminares de unos estúdios sobre la regeneración natural espontânea en el bosque " El Caimital". **Revista Florestal Venezuelana**, Mérida, v.12,n.18,p.0-21,1969.

PRETZSCH, H Perspektiven einer modellorientierten Waldwachstumsforschung Forstwissenschaftliches Centralblatt. European Journal of Forest Research, Berlin/ Heidelberg, v. 114, n. 1, p. 188-209, Jan/Dec. 1995.

RAMBO, B. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. Selbach. 1956. 472p.

REITZ, P.R.; KLEIN, R. M., **Flora Ilustrada Catarinense: Araucariaceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 60p.

REINEKE, L. H. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. **Journal of Agricultural Research**, New York, v.46, p. 627-638,1933.

REMADE, Revista da Madeira. [ on - line]. Edição 83: Brasília, REMADE, 2004, [cited 20 março 2007].Disponível em [www.remade.com.br/revistadamadeiracapa.php?edição=83](http://www.remade.com.br/revistadamadeiracapa.php?edição=83)

REBOTTARO, L. R. ; CABRELLI, D. A. Crecimiento y rendimiento comercial de Pinus elliottii em plantacion y en regeneracion natural manejada com raleos em Entre Rios, Argentina. **Bosque**. v.28,n.2,p.152-161,2007.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. Manejo racional da floresta de araucária. **Meio Ambiente Santa Catarina**, Florianópolis,v.2,p.58, 2002.

SCHEEREN, W. L.; FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; LONGHI, S. J. Crescimento em altura de Araucaria angustifolia em tres sitios naturais na Região de Canela, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9,n.2, p.23-40, 1999.

SAS. The System Statistical Analyses Program for Windows, Copyright (C) 1999-2001 by SAS institute Inc., Cary, NC,USA. 1999.

SCHNEIDER, P. R. ANATRO: Programa de computador ambiente MS – DOS. Universidade Federal de Santa Maria . Santa Maria, 1984

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria: ED. UFSM, 1993.

SCHNEIDER,P R ; SCHNEIDER,P. R. S. P. **Introdução ao Manejo Florestal**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 566p.il.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada ´Engenharia Florestal**, 2 ed Santa Maria; UFSM, CEPEF, 1998. 236p.

SCHNEIDER, P. R.; BRENA, D. A.; FINGER, C. A. G. **Manual para coleta de informações dendrométricas**. Santa Maria; UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 28p. (série técnica, 4).

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência da intensidade de desbaste do desbaste sobre o crescimento em altura de *Pinus elliotii* E. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.171 -184, 1993.

SCHNEIDER, P. R., BRENA, D. A., FINGER, C. A. G., LONGHI, S. J., HOPPE, J. M., VINADÉ, L.F., BRUM, E.T., SALOMÃO, A. L. F., SOLIGO, A. J. **Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula-RS**, MI, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – UFSM, Fatec, Santa Maria, 1989, 318p.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G.; HOPPE, J. M. Produção da *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze. na região do planalto médio do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 1, p. 99-118, 1992.

SCHWEINBRUGER, F. H. **Tree rings and environment dendrology**. Viena-Áustria: Haupt, 1996. 609p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal 2 Técnica de regressão aplicada para estimar: Volume, Biomassa, Relação Hipsométrica e Múltiplos produtos de Madeira**. Lavras UFLA- Universidade Federal de Lavras; Faepe – Fundação Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1997.298 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras:UFLA/FAEPE,1998. 441p.

SEITZ,R. Erste Hinweise fur die waldbauliche Behandlung Von Araukarirenwäldern. **Annales des Sciences Forestieres**, n. 43, p.327 -338,1986.

SNUC. SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, Lei 9985, de 18 de julho de 2000.: Brasília, disponível <http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/LEIS/L9985.htm>

SOARES, R. V. Possibilities of the use of fire in the forests of the state of Paraná. **Floresta**, Ciritiba, v.6,n.2, p.46-56, 1975.

SPURR, S. H. A Messure of Point Density. **Forest sciencie**, Bethesda, 8, n. 1, p. 85-96, 1962.

STERBA, H. **Waldwachstumskunde**. Viena-Austria: Institut fur Waldwachstumsforchung, Universitat fur bodenkultur. Traduzido por FINGER, C.H. G. Crescimento e Produção Florestal Santa Maria. UFSM, 2006. 162 p.

TSAP-Win|. Software for tree-ring measurement, analysis and presentation. Rimmtech. Hardtstr. 20-22. D-69124 Heidelberg. Germany, 2000.

TONINI, H. **Crescimento em altura de Pinus elliottii Engelm. em três unidades de mapeamento na Região do Sudeste e Litoral no Estado do Rio Grande do Sul**,2000. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

VAN LAAR, D. H.; DOUGLASS, J. E.; COX, S. K. et al. Regeneration of Loblolly pine plantations in the piedmont by clear cutting with seed in place. In: Second BIENAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE,sn...1982, Atlanta. **Proceedings. Atlanta; 1982 ....p.**

VIEIRA, L.M. D; SCARIOT. A. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. Inter Science Restoration ecology. **The Journal of the society for ecological**; v.14, p.11 - 20, 2006.

YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA,H.; HOZUMI,K. Self-thinning in over rowed pur stands under cultivated and natural conditions. Journal Biology, London, v. 14, n.1., p. 107-129, Jan./Dec. 1963.

ZANON,M.L.B.**Crescimento da Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze. diferenciada por dioícia**. 2007. 108f.Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.

**APÊNDICE 1 - Dados da ANATRO, árvores amostras 4 e 12, associados aos eventos silviculturais da área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

Relatório das árvores amostras de Araucária FLONA de São Francisco de Paula - RS														
EVENTO	ANO	IDADE	Árvore amostra 4						Árvore amostra 12					
			d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V
PI Aa	1959	1	0	0	0	0,63	0,63	0	0	0	0	0,73	0,73	0
	1960	2	0	0	0	0,95	0,32	0	0	0	0	0,85	0,12	0
	1961	3	1,63	1,63	0,55	1,58	0,63	0	0	0	0	1,13	0,28	0
	1962	4	2,74	1,10	0,68	2,10	0,52	0,001	0,97	0,97	0,24	2,09	0,95	0,001
	1963	5	3,31	0,57	0,66	2,56	0,46	0,001	2,21	1,25	0,44	3,09	1,00	0,001
	1964	6	3,63	0,32	0,60	2,92	0,37	0,002	2,77	0,56	0,46	3,56	0,47	0,002
	1965	7	4,17	0,54	0,60	3,11	0,19	0,003	3,09	0,32	0,44	3,92	0,36	0,002
	1966	8	4,64	0,47	0,58	3,35	0,23	0,003	3,66	0,57	0,46	4,16	0,24	0,003
	1967	9	5,05	0,41	0,56	3,82	0,47	0,005	4,05	0,39	0,45	4,61	0,45	0,004
	1968	10	5,32	0,27	0,53	4,32	0,50	0,006	4,41	0,36	0,44	5,01	0,40	0,005
	1969	11	5,60	0,28	0,51	4,83	0,51	0,007	4,58	0,17	0,42	5,20	0,19	0,005
	1970	12	5,93	0,33	0,49	5,33	0,50	0,008	4,81	0,23	0,40	5,49	0,29	0,006
	1971	13	6,18	0,24	0,48	5,68	0,35	0,010	5,01	0,2	0,39	5,78	0,29	0,007
	1972	14	6,43	0,25	0,46	5,94	0,26	0,011	5,18	0,18	0,37	6,09	0,31	0,008
	1973	15	6,57	0,14	0,44	6,13	0,19	0,013	5,34	0,16	0,36	6,56	0,47	0,009
	1974	16	6,66	0,09	0,42	6,32	0,19	0,013	5,49	0,15	0,34	7,01	0,45	0,011
Iº desb	1975	17	6,73	0,07	0,40	6,52	0,20	0,014	5,62	0,13	0,33	7,29	0,29	0,012
	1976	18	6,80	0,07	0,38	6,66	0,14	0,015	5,91	0,29	0,33	7,43	0,13	0,014
	1977	19	6,88	0,09	0,36	6,72	0,06	0,016	6,14	0,23	0,32	7,50	0,08	0,015
	1978	20	6,93	0,05	0,35	6,81	0,08	0,016	6,38	0,24	0,32	7,58	0,07	0,017
	1979	21	6,97	0,04	0,33	6,91	0,10	0,017	6,74	0,36	0,32	7,64	0,06	0,019
	1980	22	7,03	0,06	0,32	7,04	0,14	0,017	7,01	0,27	0,32	7,69	0,06	0,020
	1981	23	7,09	0,06	0,31	7,18	0,14	0,018	7,24	0,22	0,31	7,75	0,06	0,021
	1982	24	7,17	0,08	0,30	7,3	0,12	0,019	7,38	0,14	0,31	7,8	0,05	0,022
	1983	25	7,29	0,12	0,29	7,4	0,10	0,019	7,48	0,11	0,3	7,84	0,04	0,023
	1984	26	7,36	0,07	0,28	7,47	0,07	0,020	7,60	0,11	0,29	7,88	0,04	0,024
	1985	27	7,43	0,08	0,28	7,65	0,18	0,021	7,68	0,09	0,28	7,93	0,05	0,025
	1986	28	7,51	0,08	0,27	7,83	0,18	0,022	7,84	0,15	0,28	7,98	0,05	0,027
	1987	29	7,59	0,07	0,26	7,92	0,09	0,023	7,97	0,14	0,28	8,02	0,04	0,028
	1988	30	7,68	0,09	0,26	8,03	0,12	0,023	8,10	0,13	0,27	8,05	0,03	0,029
	1989	31	7,74	0,06	0,25	8,16	0,12	0,024	8,22	0,12	0,27	8,09	0,04	0,030
	1990	32	7,86	0,12	0,25	8,25	0,09	0,026	8,32	0,1	0,26	8,14	0,05	0,031
	1991	33	7,95	0,10	0,24	8,31	0,06	0,027	8,49	0,16	0,26	8,18	0,04	0,033
	1992	34	8,05	0,10	0,24	8,36	0,05	0,028	8,64	0,15	0,25	8,37	0,19	0,036
	IIº desb	1993	35	8,16	0,11	0,23	8,41	0,05	0,029	8,8	0,16	0,25	8,62	0,25

**APÊNDICE 1 - Dados da ANATRO, árvores amostras 4 e 12, associados aos eventos silviculturais da área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**  
**Continuação...**

Relatório das árvores amostras de Araucária FLONA de São Francisco de Paula - RS														
Árvore amostra 4														
Árvore amostra 12														
EVENTO	ANO	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V
C alto	1994	36	8,25	0,09	0,23	8,47	0,06	0,030	9,02	0,22	0,25	8,80	0,18	0,039
	1995	37	8,34	0,09	0,23	8,54	0,07	0,031	9,20	0,19	0,25	9,00	0,2	0,041
	1996	38	8,43	0,09	0,22	8,60	0,06	0,032	9,39	0,18	0,25	9,16	0,16	0,044
	1997	39	8,6	0,17	0,22	8,62		0,033	9,52	0,13	0,24	9,27	0,11	0,047
PI Pinus	1998	40	8,72	0,11	0,22	8,65	0,03	0,034	9,76	0,23	0,24	9,36	0,09	0,051
	1999	41	8,93	0,21	0,22	8,68	0,03	0,036	10,1	0,35	0,25	9,45	0,09	0,057
	2000	42	9,10	0,18	0,22	8,71	0,03	0,038	10,51	0,41	0,25	9,51	0,06	0,061
	2001	43	9,27	0,17	0,22	8,74	0,03	0,040	11,01	0,49	0,26	9,55	0,04	0,066
	2002	44	9,45	0,18	0,21	8,77	0,03	0,041	11,4	0,39	0,26	9,60	0,05	0,070
	2003	45	9,60	0,15	0,21	8,79	0,02	0,043	11,7	0,3	0,26	9,64	0,05	0,074
	2004	46	9,81	0,2	0,21	9,01	0,22	0,045	12,02	0,32	0,26	9,68	0,04	0,079
	2005	47	10,02	0,22	0,21	9,27	0,27	0,047	12,23	0,21	0,26	9,76	0,08	0,083
	2006	48	10,20	0,18	0,21	9,42	0,15	0,049	12,44	0,22	0,26	9,84	0,09	0,086
	2007	49	10,36	0,16	0,21	9,65	0,23	0,051	12,76	0,32	0,26	9,94	0,09	0,091
	2008	50	10,51	0,15	0,21	10,3	0,65	0,054	13,26	0,49	0,27	10,4	0,46	0,098

Em que: Idade em anos; d= diâmetro em (cm); ICA<sub>d</sub> = Incremento Corrente Anual em (cm); IMA<sub>d</sub>= Incremento Médio Anual em (cm); h= altura (m); ICA<sub>h</sub> = Incremento Corrente Anual em altura (m); PI Aa= Plantio de *Araucaria angustifolia*; desb= desbaste; PI Pe= Plantio de *Pinus elliottii*; C.alto= Corte pelo alto.



**APÊNDICE 2 - Dados da ANATRO das árvores amostras 5 e 9, associados aos eventos silviculturais, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

**Relatório das árvores amostras de Araucária FLONA de São Francisco de Paula - RS**

EVENTO	ANO	IDADE	Árvore amostra 5						Árvore amostra 9					
			D	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V
PI Aa	1964	0												
	1965	1	0	0	0	0,62	0,62	0	0	0	0	0,26	0,26	0
	1966	2	0	0	0	0,70	0,07	0	0	0	0	0,3	0,05	0
	1967	3	0	0	0	0,87	0,18	0	0	0	0	0,42	0,12	0
	1968	4	0	0	0	1,14	0,26	0	0	0	0	0,64	0,22	0
	1969	5	1,58	1,58	0,31	1,49	0,36	0,001	0	0	0	0,92	0,28	0
	1970	6	2,90	1,32	0,48	1,85	0,36	0,001	0,5	0,5	0,08	1,72	0,79	0,001
	1971	7	4,05	1,15	0,58	2,16	0,31	0,002	1,61	1,11	0,23	2,57	0,85	0,001
	1972	8	4,74	0,70	0,59	2,50	0,35	0,003	2,81	1,20	0,35	2,91	0,35	0,002
	1973	9	5,53	0,78	0,61	2,88	0,37	0,004	3,86	1,05	0,43	3,18	0,27	0,004
	1974	10	6,19	0,66	0,62	3,17	0,30	0,006	4,63	0,78	0,46	3,64	0,45	0,005
Iº desb	1975	11	6,66	0,47	0,61	3,68	0,51	0,007	5,31	0,68	0,48	4,14	0,50	0,007
	1976	12	7,05	0,39	0,59	4,68	1,00	0,009	5,85	0,54	0,49	5,30	1,16	0,008
	1977	13	7,45	0,40	0,57	5,56	0,88	0,011	6,19	0,35	0,48	6,58	1,28	0,010
	1978	14	7,80	0,36	0,56	6,06	0,5	0,013	6,61	0,42	0,47	6,98	0,40	0,012
	1979	15	8,11	0,31	0,54	7,37	1,31	0,016	6,94	0,33	0,46	7,20	0,22	0,014
	1980	16	8,34	0,23	0,52	8,48	1,11	0,018	7,20	0,26	0,45	7,97	0,77	0,017
	1981	17	8,56	0,22	0,50	8,56	0,08	0,021	7,36	0,16	0,43	8,67	0,70	0,019
	1982	18	8,70	0,15	0,48	8,64	0,08	0,024	7,57	0,21	0,42	8,73	0,06	0,022
	1983	19	8,82	0,12	0,46	8,72	0,08	0,027	7,72	0,16	0,41	8,79	0,05	0,024
	1984	20	8,93	0,11	0,45	8,79	0,07	0,029	7,93	0,21	0,4	8,83	0,05	0,026
	1985	21	9,06	0,12	0,43	8,85	0,06	0,031	8,09	0,16	0,39	8,88	0,04	0,029
	1986	22	9,14	0,09	0,42	8,89	0,04	0,033	8,28	0,19	0,38	8,93	0,05	0,031
	1987	23	9,30	0,15	0,40	8,93	0,03	0,035	8,41	0,12	0,37	9,00	0,08	0,032
	1988	24	9,40	0,11	0,39	8,96	0,03	0,036	8,51	0,10	0,35	9,11	0,11	0,034
	1989	25	9,55	0,14	0,38	8,99	0,03	0,038	8,66	0,15	0,35	9,24	0,13	0,036
	1990	26	9,64	0,10	0,37	9,05	0,06	0,040	8,82	0,15	0,34	9,39	0,15	0,038
	1991	27	9,74	0,10	0,36	9,12	0,07	0,041	8,93	0,11	0,33	9,51	0,12	0,040
	1992	28	9,84	0,10	0,35	9,15	0,03	0,043	9,07	0,13	0,32	9,58	0,07	0,042
IIº desb	1993	29	9,91	0,07	0,34	9,18	0,03	0,044	9,22	0,15	0,32	9,66	0,08	0,043
	1994	30	9,98	0,07	0,33	9,25	0,06	0,045	9,36	0,14	0,31	9,79	0,14	0,045
	1995	31	10,05	0,06	0,32	9,31	0,07	0,047	9,48	0,12	0,31	9,91	0,12	0,047
	1996	32	10,15	0,10	0,32	9,35	0,04	0,048	9,57	0,09	0,3	9,97	0,06	0,048
C alto	1997	33	10,23	0,08	0,31	9,38	0,03	0,049	9,61	0,04	0,29	10,03	0,06	0,049
PI Pinus	1998	34	10,36	0,13	0,30	9,42	0,04	0,051	9,67	0,06	0,28	10,11	0,08	0,050
	1999	35	10,64	0,27	0,30	9,45	0,03	0,054	9,74	0,07	0,28	10,17	0,07	0,052
	2000	36	10,91	0,27	0,30	9,47	0,01	0,056	9,86	0,12	0,27	10,25	0,08	0,053
	2001	37	11,08	0,17	0,30	9,48	0,01	0,059	9,97	0,11	0,27	10,33	0,07	0,055
	2002	38	11,26	0,18	0,30	9,49	0,01	0,062	10,08	0,11	0,27	10,36	0,03	0,057
	2003	39	11,39	0,13	0,29	9,55	0,06	0,064	10,16	0,09	0,26	10,40	0,04	0,059
	2004	40	11,55	0,16	0,29	9,63	0,07	0,067	10,30	0,14	0,26	10,43	0,04	0,061
	2005	41	11,78	0,24	0,29	9,67	0,05	0,069	10,46	0,16	0,26	10,48	0,04	0,063
	2006	42	11,94	0,16	0,28	9,77	0,10	0,073	10,64	0,18	0,25	10,58	0,11	0,066
	2007	43	12,28	0,34	0,29	9,92	0,15	0,081	10,97	0,33	0,25	10,80	0,22	0,074
	2008	44	12,89	0,61	0,29	10,9	0,98	0,091	10,97	0,33	0,25	10,80	0,22	0,074

Em que :Idade em anos; d= diâmetro em (cm); ICA<sub>d</sub>= Incremento Corrente Anual em (cm); IMA<sub>d</sub> = Incremento Médio Anual em (cm); h =altura (m); ICA<sub>h</sub> = Incremento Corrente Anual em altura (m); PI Aa= Plantio de *Araucaria*; desb= desbaste; PI Pe= Plantio de *P. elliotii*; C.alto= Corte pelo alto.

**APÊNDICE 3 - Dados da ANATRO das árvores amostras 19 e 20, associados aos eventos silviculturais, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.**

Relatório das árvores amostras de Araucária FLONA de São Francisco de Paula - RS														
Árvore amostra 19									Árvore amostra 20					
EVENTO	ANO	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V
PI Aa	1959	1	0	0	0	0,41	0,41	0						
	1960	2	0	0	0	0,61	0,2	0	0	0	0	0,50	0,50	0
	1961	3	0	0	0	1,01	0,4	0	0	0	0	0,76	0,26	0
	1962	4	1,10	1,10	0,28	1,52	0,51	0	0,50	0,50	0,17	1,29	0,53	0
	1963	5	2,06	0,96	0,41	2,07	0,55	0,001	1,95	1,45	0,49	1,93	0,64	0,001
	1964	6	2,97	0,91	0,5	2,65	0,58	0,002	3,42	1,47	0,68	2,46	0,53	0,002
	1965	7	3,62	0,65	0,52	3,15	0,5	0,002	4,62	1,20	0,77	2,74	0,28	0,004
	1966	8	4,29	0,66	0,54	3,58	0,43	0,004	5,55	0,93	0,79	2,94	0,20	0,006
	1967	9	4,84	0,55	0,54	4,07	0,49	0,005	6,34	0,78	0,79	3,11	0,16	0,007
	1968	10	5,26	0,42	0,53	4,54	0,47	0,007	7,05	0,71	0,78	3,24	0,13	0,009
	1969	11	5,81	0,55	0,53	5,05	0,51	0,008	7,57	0,52	0,76	3,46	0,22	0,011
	1970	12	6,31	0,50	0,53	5,9	0,85	0,011	8,18	0,61	0,74	3,73	0,28	0,014
	1971	13	6,72	0,40	0,52	6,67	0,77	0,014	8,56	0,39	0,71	3,97	0,24	0,016
	1972	14	7,20	0,49	0,51	6,98	0,31	0,017	8,77	0,21	0,67	4,20	0,22	0,017
	1973	15	7,57	0,36	0,50	7,27	0,29	0,020	9,05	0,28	0,65	4,69	0,49	0,019
	1974	16	7,86	0,29	0,49	7,56	0,29	0,022	9,26	0,20	0,62	5,43	0,74	0,021
Iº desb	1975	17	8,19	0,33	0,48	7,81	0,25	0,025	9,41	0,15	0,59	6,04	0,61	0,023
	1976	18	8,37	0,18	0,47	7,95	0,15	0,027	9,52	0,11	0,56	6,49	0,46	0,026
	1977	19	8,56	0,19	0,45	8,04	0,09	0,029	9,65	0,12	0,54	6,82	0,33	0,028
	1978	20	8,67	0,11	0,43	8,12	0,09	0,031	9,89	0,24	0,52	7,13	0,31	0,031
	1979	21	8,79	0,12	0,42	8,20	0,08	0,032	10,09	0,20	0,50	7,91	0,78	0,034
	1980	22	8,91	0,12	0,41	8,30	0,09	0,034	10,30	0,21	0,49	8,61	0,70	0,037
	1981	23	9,02	0,10	0,39	8,38	0,09	0,035	10,51	0,20	0,48	8,80	0,19	0,040
	1982	24	9,14	0,12	0,38	8,45	0,07	0,036	10,69	0,18	0,46	9,01	0,21	0,043
	1983	25	9,26	0,12	0,37	8,52	0,06	0,038	10,95	0,26	0,46	9,21	0,20	0,046
	1984	26	9,34	0,09	0,36	8,57	0,05	0,039	11,17	0,22	0,45	9,37	0,16	0,049
	1985	27	9,45	0,11	0,35	8,63	0,06	0,040	11,35	0,18	0,44	9,46	0,09	0,052
	1986	28	9,56	0,10	0,34	8,68	0,05	0,041	11,53	0,18	0,43	9,52	0,05	0,055
	1987	29	9,62	0,07	0,33	8,87	0,19	0,043	11,63	0,10	0,42	9,57	0,06	0,058
	1988	30	9,68	0,06	0,32	9,08	0,21	0,044	11,68	0,05	0,40	9,64	0,07	0,060
	1989	31	9,73	0,05	0,31	9,20	0,12	0,046	11,74	0,06	0,39	9,71	0,07	0,062
	1990	32	9,81	0,08	0,31	9,39	0,19	0,047	11,8	0,06	0,38	9,77	0,06	0,064
	1991	33	9,89	0,09	0,30	9,80	0,41	0,049	11,84	0,05	0,37	9,90	0,13	0,066
	1992	34	9,99	0,10	0,29	10,27	0,47	0,051	11,88	0,04	0,36	10,02	0,12	0,067
IIº desb	1993	35	10,14	0,15	0,29	10,52	0,25	0,054	11,93	0,05	0,35	10,06	0,05	0,069
	1994	36	10,28	0,15	0,29	10,73	0,22	0,057	12,00	0,07	0,34	10,12	0,05	0,070
	1995	37	10,48	0,19	0,28	10,93	0,20	0,060	12,04	0,04	0,33	10,19	0,07	0,072
	1996	38	10,66	0,18	0,28	11,1	0,17	0,064	12,11	0,07	0,33	10,28	0,08	0,073
C alto	1997	39	10,98	0,32	0,28	11,25	0,15	0,069	12,42	0,31	0,33	10,36	0,08	0,075
PI Pe	1998	40	11,33	0,35	0,28	11,33	0,08	0,074	12,81	0,39	0,33	10,46	0,11	0,078
	1999	41	11,69	0,36	0,29	11,37	0,04	0,080	13,00	0,19	0,32	10,55	0,08	0,083
	2000	42	12,01	0,31	0,29	11,39	0,02	0,085	13,15	0,15	0,32	10,58	0,04	0,087
	2001	43	12,24	0,23	0,28	11,42	0,03	0,089	13,24	0,09	0,32	10,62	0,04	0,091
	2002	44	12,43	0,19	0,28	11,45	0,03	0,092	13,32	0,09	0,31	10,67	0,04	0,093
	2003	45	12,6	0,17	0,28	11,48	0,03	0,094	13,4	0,07	0,30	10,71	0,05	0,096

**APÊNDICE 3 - Dados da ANATRO das árvores amostras 19 e 20, associados aos eventos silviculturais, área experimental dois. FLONA de São Francisco de Paula - RS.  
Continuação...**

Relatório das árvores amostras de Araucária FLONA de São Francisco de Paula - RS														
	Árvore amostra 19								Árvore amostra 20					
EVENTO	ANO	IDADE	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V	d	ICA <sub>d</sub>	IMA <sub>d</sub>	h	ICA <sub>h</sub>	V
	2004	46	12,86	0,26	0,28	11,56	0,08	0,099	13,52	0,12	0,3	10,77	0,06	0,099
	2005	47	13,15	0,29	0,28	11,65	0,08	0,104	13,73	0,21	0,3	10,88	0,11	0,104
	2006	48	13,39	0,23	0,28	11,69	0,04	0,108	13,97	0,24	0,3	10,98	0,11	0,109
	2007	49	13,77	0,38	0,28	11,78	0,09	0,118	14,31	0,34	0,3	11,09	0,10	0,117
	2008	50	14,44	0,68	0,29	12,00	0,22	0,134	14,76	0,45	0,3	11,30	0,21	0,127

Em que :Idade em anos; d=diâmetro em (cm); ICA<sub>d</sub> =Incremento Corrente Anual em (cm); IMA<sub>d</sub>= Incremento Médio Anual em (cm); h = altura (m); ICA<sub>h</sub> = Incremento Corrente Anual em altura (m), PI Aa= Plantio de *Araucaria angustifolia*; desb= desbaste; PI Pe= Plantio de *Pinus elliottii*; C.alto= Corte pelo alto.