

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

**CRESCIMENTO DE *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex  
Endl. EM DUAS REGIÕES FITOGEOGRÁFICAS NO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**TESE DE DOUTORADO**

**Erni José Milani**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**CRESCIMENTO DE *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl.  
EM DUAS REGIÕES FITOGEOGRÁFICAS NO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO SUL**

**por**

**Erni José Milani**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado 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 a obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Florestal**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Schneider**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

M637c

Milani, Erni José, 1955-

Crescimento de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. em duas regiões fitogeográficas no estado do Rio Grande do Sul / Erni José Milani. - 2010.  
155 f. ; il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Paulo Renato Schneider”

1. Engenharia florestal 2. *Podocarpus lambertii* 3. Crescimento 4. Manejo florestal I. Schneider, Paulo Renato II. Título

CDU: 630\*5

Ficha catalográfica elaborada por  
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

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

A Comissão Examinadora, abaixo  
assinada, aprova a Tese de Doutorado

**CRESCIMENTO DE *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. EM DUAS  
REGIÕES FITOGEOGRÁFICAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO  
SUL**

Elaborada por  
**Erni José Milani**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

**Paulo Renato Schneider, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Randolf Zachow, Dr. (IBAMA)**

**Luciano Farinha Watzlawick, Dr. (UNICENTRO)**

**Elódio Sebem, Dr. (UFSM)**

**Ivanor Müller, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 06 de maio de 2010.

## **AGRADECIMENTOS**

Há, na vida, coisas que queremos dizer, mas nem sempre encontramos as palavras certas para fazê-lo.

Há momentos na vida em que queremos falar, mas a emoção não nos deixa.

Há momentos na vida tão importantes que, por mais que queiramos, não conseguimos dimensioná-los corretamente.

Há momentos na vida em que o silêncio diz mais do que uma infinidade de palavras.

Há momentos na vida que não conseguimos explicar, porque só podemos sentir.

Por vezes a vida passa em um momento.

Há pessoas na vida que são ou foram tão importantes que não conseguimos dizer isso a elas, simplesmente porque isso é infinito.

Há pessoas que são muito importantes, mas que nós não conseguimos ver o quanto e, por isso, por vezes, as magoamos.

Há pessoas que ao cruzarem nossas vidas nos marcam de maneira definitiva.

Há pessoas para as quais não encontramos a maneira para lhes dizer o quanto são singulares para nós.

Quem sabe para todas essas pessoas o melhor é simplesmente dizer: AMIGO.

Professor Paulo Renato Schneider, você foi uma dessas pessoas. Orientador, incentivador e responsável por eu estar vivendo esse momento maravilhoso de minha vida.

Thiago Cunha, você foi fundamental no apoio ao meu trabalho, nunca me esquecerei disso.

Kelen Haygert, num primeiro momento junto com a Daniele Rorato, mas que continuou e mostrou todo o empenho de uma pessoa que quer crescer, vá em frente, pois não tenho dúvidas que será vencedora, e eu serei sempre grato.

Aos professores, ou melhor, amigos que nos reencontramos durante o curso, obrigado pela amizade e ensinamentos. Em particular, aos professores: César Augusto G. Finger e Solon Jonas Longhi, que, juntamente com o professor Paulo Renato Schneider, aceitaram compor o meu comitê de orientação; podem ter certeza: tenho-os em meu coração.

Não poderei deixar de agradecer à minha universidade: a UFSM, pois desde o Colégio Agrícola de Frederico Westphalen, quando ingressei no então Ginásio Agrícola, com 12 anos de idade, estudei e, mais tarde, vim nela trabalhar, por tudo isso é difícil dizer o que a Universidade representa para mim.

Ao Colégio Politécnico da UFSM, no qual sempre trabalhei e desempenhei quase todas as funções, o que posso dizer, senão agradecer de coração.

Aos meus colegas do Politécnico que colaboraram, aumentando a sua carga de trabalho, para que eu pudesse realizar o curso, a todos, sem citar nomes para não cometer injustiças, o meu muito obrigado.

A Deus, pela vida, por me dar coragem e nunca me abandonar nas horas difíceis, serei sempre grato.

À minha família, que suportou a minha ausência e, quem sabe, a minha ansiedade, sempre dando forças: saibam vocês que a minha admiração e reconhecimento será eterno.

À empresa Terramar, que gentilmente permitiu a retirada das árvores em São Francisco de Paula, e em especial ao Engenheiro Florestal Eduardo Righi, que nos acompanhou e assessorou durante as operações na floresta.

Ao seu Avelino João Piccinin que entendeu o nosso propósito e permitiu a coleta das amostras em São Sepé.

Por fim, quero agradecer, de coração, a todas as pessoas que colaboraram com este trabalho e, para não fazer injustiça, prefiro não citar nomes, mas saibam que serão por mim sempre lembradas e reservarei sempre um lugar muito especial em meu coração para tê-las sempre comigo.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **CRESCIMENTO DE *Podocarpus lamberti* Klotzsch ex Endl. EM DUAS REGIÕES FITOGEOGRÁFICAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

AUTOR: ERNI JOSÉ MILANI  
ORIENTADOR: DR. PAULO RENATO SCHNEIDER  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 06 maio de 2010.

Com objetivo de estudar o crescimento e a relação com as variáveis ambientais de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. em duas regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul – Campos de Cima da Serra (São Francisco de Paula) e Depressão Central (São Sepé) – foram amostrados quatro indivíduos em cada local, nas quais realizou-se análise de tronco completa. Os resultados obtidos permitiram concluir que o incremento corrente anual em diâmetro apresentou correlação positiva e significativa em relação à precipitação e umidade relativa, indicando que o aumento dessas variáveis favorece o crescimento em diâmetro. As temperaturas médias das máximas, mínimas, máxima absoluta, mínima absoluta e radiação solar apresentaram correlações negativas significativas, em que o aumento destas variáveis representa uma tendência de restrição ao crescimento em diâmetro. As variáveis climáticas explicaram 25% do ajuste do incremento corrente anual desta espécie. Alguns elementos químicos do solo apresentaram correlação positiva quando relacionados com o incremento periódico anual em diâmetro, como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), explicando 58% do incremento desta espécie. Em São Francisco de Paula, o *Podocarpus lambertii* apresentou um diâmetro máximo de 38,8 cm, na idade de assíntota de 140 anos e, em São Sepé, o diâmetro máximo foi de 24,4 cm na idade de assíntota de 96 anos. O crescimento em diâmetro, quando comparado nas duas regiões, apresentou tendência diferente a partir dos 34 anos, momento em que as árvores apresentaram mesmo diâmetro de 12 cm. A partir dessa idade, as árvores que crescem em São Francisco de Paula tendem a um ritmo mais acelerado do que as árvores de São Sepé. Por meio do modelo de crescimento de Backmann, utilizando as variáveis dummy 1 (São Francisco de Paula) e dummy 2 (São Sepé), obtiveram-se as equações para crescimento em diâmetro, com coeficiente de determinação ajustado de 0,567 e coeficiente de variação de 22,1%; crescimento em altura, com coeficiente de determinação de 0,612 e coeficiente de variação de 23,2% e crescimento em volume, com coeficiente de determinação de 0,745 e coeficiente de variação de 33,2%.

Palavras-chave: *Podocarpus lambertii*, crescimento, manejo florestal, dendrocronologia.

## ABSTRACT

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **GROWTH OF THE *Podocarpus lambertii* Klotzch ex Endl. IN TWO PHYTO-GEOGRAPHICAL REGIONS IN RIO GRANDE DO SUL STATE**

AUTHOR: ERNI JOSÉ MILANI  
ADVISER: DR. PAULO RENATO SCHNEIDER  
Date and Place of Defense: Santa Maria, May 6<sup>th</sup>, 2010.

In order to study the growth and the relationship with environmental variables of *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. in two phyto-geographical regions of Rio Grande do Sul state, over hill fields (São Francisco de Paula) and Central depression (São Sepé), four subjects were sampled in each place and went through an complete stern analysis. The results allowed to conclude that the annual increment in diameter presented a positive and significant correlation about the precipitation and relative humidity, indicating that the increase of these variants favors the growth of the diameter. The average temperatures of maximum, absolute maximum, absolute minimal and solar radiation presented significant negative correlations where the increase of these variants represents a tendency of restriction to the growth in diameter. The climate variants explained 25% of the adjust of the annual increment of this species. Some chemical elements of the soil present a positive correlation when related to the periodic annual increment in diameter, urth phosphorum (P), calcium(Ca), magnesium(Mg) and alluminum (Al), explaining 58% of the increment of this species. In São Francisco de Paula, the *Podocarpus lambertii* presented a maximum diameter of 38.8 cm, in the age of asymptotic of 140 years and, in São Sepé, the maximum diameter was 24.4 cm, in the age of asymptotic of 96 years. The growth in diameter, when compared in the two regions, showed different tendency from 34 years and on, moment when the trees presented the same diameter of 12 cm. From this age, the trees grown in São Francisco de Paula tend to have a higher speed in growth than the ones from São Sepé. Through Backmann's growth of model, using variable 'dummy 1' (São Francisco de Paula) and 'dummy 2' (São Sepé), the equations for growing in diameter were obtained, with adjusted coefficient of determination of 0.567 and coefficient of variation of 22.1%; height growing, with coefficient of determination of 0.612 and coefficient of variation of 23.2% and growth in volume, with coefficient of determination of 0.745 and coefficient of variation of 33,2%.

Key words: *Podocarpus lambertii*, growth, forest management, dendrochronology.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões Fitogeográficas do Rio Grande do Sul com as duas áreas de estudo da espécie em destaque.....	46
Figura 2 – Unidades de Vegetação do Rio Grande do Sul – RADAM.....	47
Figura 3 – Material utilizado para determinação dos raios e anéis de crescimento.....	52
Figura 4 – Equipamento Lintab II acoplado em computador. ....	53
Figura 5 – (A) Exemplar jovem de <i>Podocarpus lambertii</i> , em São Francisco de Paula/RS; (B) Borda da mata com regeneração natural com <i>Podocarpus lambertii</i> , em São Sepé, RS.....	64
Figura 6 – (A) Exemplar de <i>Podocarpus lambertii</i> , em São Francisco de Paula, RS;(B) Grupo de árvores de <i>Podocarpus lambertii</i> plantados em São Francisco de Paula, RS.....	65
Figura 7 – (A) Exemplar adulto de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS; (B) Exemplar adulto de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS.....	66
Figura 8 – Borda da mata com regeneração natural com <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	67
Figura 9 – Matriz de correlação entre o incremento corrente anual em diâmetro ( $ICA_{dap}$ ) e variáveis de clima de <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	71
Figura 10 – Matriz de correlação entre o incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_{dap}$ ) e variáveis de solo do <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	76
Figura 11 – Crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	84
Figura 12 – Assíntota do crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	85

Figura 13 – Crescimento em altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	88
Figura 14 – Crescimento em volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	91
Figura 15 – Desempenho da equação de Naslund modificada para estimar o volume de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS. ....	93
Figura 16 – Distribuição dos resíduos da equação de volume de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	93
Figura 17– Relação da altura em função do diâmetro de <i>Podocarpus lambertii</i> , em São Francisco de Paula, RS.....	96
Figura 18 – Crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	99
Figura 19 – Assíntota do crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	100
Figura 20 – Crescimento em altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé/RS. ....	103
Figura 21 – Crescimento em volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	106
Figura 22 – Desempenho da equação de Stoate para estimar o volume de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	108
Figura 23 – Distribuição dos resíduos da equação de volume de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	109
Figura 24 – Relação da altura em função do diâmetro de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS. ....	111
Figura 25 – Comparação do crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> para os dois locais estudados.....	113
Figura 26 – Comparação do crescimento de altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> para os dois locais estudados.....	114
Figura 27 – Comparação do crescimento de volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> para os dois locais estudados.....	115
Figura 28 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> .....	121

Figura 29 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> .....	123
Figura 30 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em volume sem casca em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> .....	125

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Modelos para o crescimento do diâmetro, altura e volume em função da idade. ....	55
Tabela 2 – Modelos testados para ajuste do volume em função do diâmetro e altura. ....	56
Tabela 3 – Modelos testados para ajuste da altura em função do diâmetro. ....	56
Tabela 4 – Estatística das médias, desvio padrão e limites máximos e mínimos dos fatores meteorológicos para as duas localidades. ....	69
Tabela 5 – Correlação de Pearson e probabilidade de significância entre o Incremento Corrente Anual em diâmetro ( $ICA_{dap}$ ) e fatores meteorológicos. ....	70
Tabela 6 – Estatística das médias, desvio padrão e limites máximos e mínimos dos fatores de solo para as duas localidades. ....	74
Tabela 7 – Correlação de Pearson e probabilidade de significância entre o Incremento Periódico Anual em diâmetro ( $IPA_{dap}$ ) e fatores do solo. ....	75
Tabela 8 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS. ....	82
Tabela 9 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	83
Tabela 10 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento da altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS. ....	86
Tabela 11 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	87

Tabela 12 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	89
Tabela 13 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	90
Tabela 14 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento em volume em função do diâmetro e altura de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	92
Tabela 15 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	92
Tabela 16 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar crescimento em altura em função do diâmetro de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	94
Tabela 17 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	95
Tabela 18 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade <i>Podocarpus lambertii</i> de São Sepé, RS.....	97
Tabela 19 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	98
Tabela 20 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento da altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> de São Sepé, RS.....	101
Tabela 21 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	102
Tabela 22 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> de São Sepé, RS.....	104
Tabela 23 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	105
Tabela 24 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação do volume em função do diâmetro e altura de <i>Podocarpus lambertii</i> de São Sepé, RS.....	107

Tabela 25 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	108
Tabela 26 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação da altura em função do diâmetro de <i>Podocarpus lambertii</i> de São Sepé, RS. ....	110
Tabela 27 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas. ....	110
Tabela 28 – Análise de covariância para crescimento em diâmetro em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	117
Tabela 29 – Análise de covariância para crescimento em altura em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	117
Tabela 30 – Análise de covariância para crescimento em volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	118
Tabela 31 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em diâmetro em função da idade, para <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	120
Tabela 32 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em altura em função da idade, para <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	122
Tabela 33 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em volume em função da idade, para <i>Podocarpus lambertii</i> . ....	124

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Al	Alumínio
IMA	Incremento médio anual
ICA	Incremento corrente anual
IPA	Incremento periódico anual
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
m <sup>st</sup>	Metro stereo
Cm	Centímetros
M	Metros
km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
ha	Hectare
R <sup>2</sup> aj	Coefficiente de determinação ajustado
Syx	Erro padrão da estimativa
FV	Fonte de variação
GL	Graus de liberdade
SQ	Soma de quadrados
QM	Quadrado médio
F	Valor de F calculado
Prob F	Probabilidade de significância para F
DAP	Diâmetro à altura do peito
h	Altura média aritmética
°C	Graus centígrados
N	Número de árvores por hectare
t	Idade
%M.O.	Porcentagem de matéria orgânica
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
B	Boro
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Zn	Zinco
MS	Massa Seca
Pp	Precipitação em milímetros

Ph      Potencial de hidrogênio no solo  
S      Enxofre



## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Estimativa do crescimento em diâmetro por idade para <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	142
Apêndice 2 – Estimativa do crescimento em altura por idade para <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	144
Apêndice 3 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade, de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....	146
Apêndice 4 – Predição do crescimento em diâmetro por idade para <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS.....	148
Apêndice 5 – Estimativa do crescimento em altura por idade para <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS.....	150
Apêndice 6 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade de <i>Podocarpus lambertii</i> , em São Sepé, RS.....	152

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 - Médias anuais do clima utilizadas na análise de correlação com o incremento corrente anual em diâmetro.....	155
---	-----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>22</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	22
1.1.2 Objetivos específicos .....	22
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1 Características do Podocarpus lambertii</b> .....	<b>23</b>
2.1.1 Análise dos aspectos ecológicos da planta .....	24
<b>2.2 Situação do setor florestal no Brasil</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3 Fatores que influenciam o crescimento</b> .....	<b>28</b>
2.3.1 Fonte de dados .....	31
2.3.2 Crescimento e idade .....	33
2.3.3 Déficit hídrico do solo .....	34
2.3.4 Fisiografia.....	35
<b>2.4 Crescimento e os elementos químicos do solo</b> .....	<b>36</b>
2.4.1 Crescimento e a qualidade dos sítios florestais.....	40
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
<b>3.1 Características das áreas de estudo</b> .....	<b>44</b>
3.1.1 Região 1: Campos de Cima da Serra – São Francisco de Paula, RS.....	44
3.1.2 Região 2: Depressão Central – Município de São Sepé, RS .....	45
3.1.3 Profundidade do solo .....	48
3.1.4 Altitude.....	49
<b>3.2 Método de amostragem</b> .....	<b>51</b>
3.2.1 Coleta de dados para o estudo do crescimento.....	51
3.2.2 Amostragem do solo .....	54
<b>3.3. modelagem do crescimento em diâmetro em função das variáveis metereológicas e do solo</b> .....	<b>55</b>

<b>3.4 Modelos testados para o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5 Relação do volume em função do diâmetro e altura.....</b>	<b>56</b>
<b>3.6 Relação da altura em função do diâmetro .....</b>	<b>56</b>
<b>3.7 Critérios de seleção dos modelos matemáticos .....</b>	<b>57</b>
3.7.1 Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) .....	57
3.7.2 Erro padrão da estimativa .....	57
3.7.3 Coeficiente de variação.....	58
3.7.4 Valor de F .....	58
3.7.5 Valor Ponderado (VP) .....	58
3.7.6 Distribuição dos resíduos .....	59
<b>3.8 Análise da correlação do incremento com fatores do clima e do solo .....</b>	<b>59</b>
<b>3.9 Análise de covariância.....</b>	<b>60</b>
<b>3.10 Análise de regressão com variável dummy .....</b>	<b>61</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>4.1 Características ecológicas e silviculturais da espécie .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2 Crescimento em diâmetro em função de variáveis ambientais .....</b>	<b>68</b>
4.2.1 Crescimento em diâmetro em função de variáveis do clima .....	69
4.2.2 Crescimento em diâmetro em função de variáveis edáficas .....	73
4.2.2.1 Modelagem do crescimento em diâmetro em função de variáveis de solo .....	80
<b>4.3 Crescimento de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Francisco de Paula, RS.....</b>	<b>81</b>
4.3.1 Crescimento em diâmetro em função da idade .....	81
4.3.1.1 Assíntota do crescimento em diâmetro.....	84
4.3.2 Crescimento em altura em função da idade .....	85
4.3.3 Crescimento em volume em função da idade.....	88
4.3.4 Relação do volume em função do diâmetro e altura .....	91
4.3.5 Relação da altura em função do diâmetro .....	94
<b>4.4. Crescimento de <i>Podocarpus lambertii</i> em São Sepé, RS.....</b>	<b>96</b>
4.4.1 Crescimento em diâmetro em função da idade .....	96
4.4.1.1 Estimação do ponto assintótico .....	99
4.4.2 Crescimento em altura em função da idade .....	101
4.4.3 Crescimento em volume em função da idade.....	104
4.4.4 Relação do volume em função do diâmetro e altura .....	106
4.4.5 Relação da altura em função do diâmetro .....	109
<b>4.5 Comparação do crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade de <i>Podocarpus lambertii</i> para os dois locais amostrados.....</b>	<b>111</b>
4.5.1 Comparação do crescimento em diâmetro em função da idade para os dois locais estudados.....	112

4.5.2 Comparação do crescimento em altura em função da idade para os dois locais estudados.....	113
4.5.3 Comparação do crescimento em volume em função da idade para os dois locais estudados ...	114
<b>4.6 Análise de covariância para verificar diferenças de crescimento em diâmetro, altura e volume por idade para Podocarpus lambertii nos dois locais estudados .....</b>	<b>116</b>
4.6.1 Análise de covariância para crescimento em diâmetro em função da idade.....	116
4.6.2 Análise de covariância para crescimento em altura em função da idade.....	117
4.6.3 Análise de covariância para crescimento em volume em função da idade .....	118
<b>4.7 Análise do crescimento em diâmetro, altura e volume com variável dummy .....</b>	<b>119</b>
4.7.1 Crescimento em diâmetro comparado com variável dummy.....	119
4.7.2 Crescimento em altura comparado com variável dummy.....	121
4.7.3 Crescimento em volume comparado com variável dummy .....	123
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>126</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>128</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>129</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de produtos de origem florestal, sendo as regiões sul e sudeste do Brasil as maiores produtoras, representadas pelos estados de Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (BRASIL, 2006).

Essa demanda é suprida, em parte, por madeira de espécies exóticas, por possuírem crescimento rápido e características que satisfazem um mercado relativamente pouco exigente. Porém, quanto à demanda por madeira de alta qualidade, o país continua dependendo da exploração das florestas nativas, buscando a madeira em locais cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores.

A silvicultura da Floresta Ombrófila Mista impulsionou a cadeia produtiva da madeira, que estava praticamente aniquilada pela exaustão da madeira nativa, em que umas das espécies mais exploradas era a *Araucaria angustifolia*, o pinheiro-brasileiro (SANQUETTA, 2002).

A *Araucaria angustifolia* (pinheiro brasileiro), juntamente com o *Podocarpus lambertii* (pinheiro-bravo) e o *Podocarpus sellowii*, únicas espécies arbóreas de gimnospermas nativas do Brasil, foram intensamente exploradas como essências florestais, resultando na sua quase extinção.

Para Curcio et al. (2006), a inexistência de trabalhos que discutam de forma conjunta as ações antrópicas, passadas e recentes, aliadas às interferências climáticas e às características dos solos, principalmente quanto ao regime hídrico e sua distribuição na paisagem, são considerados fatores fortemente restritivos ao avanço das florestas sobre o campo.

A fragmentação da cobertura vegetal original induziu a uma menor funcionalidade ecológica dos ambientes, podendo levar à extinção “em cascata” de espécies que necessitam de áreas maiores para a sobrevivência (HARRISON; BRUNA, 1999; WILSON, 1988).

O caso específico do pinheiro-bravo, que naturalmente apresenta distribuição em uma área restrita, sofre uma economia seletora que explora sempre os melhores exemplares, sem conservação e renovação (RAGAGNIN et al., 1994).

Os estudos de conhecimento científico relacionados à estrutura reprodutiva, maturidade, estrutura do lenho, além da variabilidade genética, ecofisiologia e tratos silviculturais desta espécie, assim como para a maioria das Gymnospermae, são praticamente inexistentes (KUNIYOSHI, 1983; INOUE, RODERJAN; KUNIYOSHI, 1984; RAGAGNIN et al., 1994). Assim mesmo, as pesquisas nesse sentido pouco têm evoluído, embora conhecida sua relevância para a compreensão de vários fenômenos ligados ao comportamento dessa espécie, além de representar subsídios para o aperfeiçoamento de planos de recuperação e para o planejamento e execução de programas de plantios florestais para fins econômicos e ecológicos (GARCIA; NOGUEIRA; ALQUINI, 2006).

Para recomendar uma espécie para qualquer tipo de plantio, é necessário que se tenha conhecimento abrangente de suas características fisiológica, anatômica, fenológica, de exigências ecológicas, assim como as características da região para estudo do seu crescimento, o que não ocorre entre as espécies nativas. Esse é o caso do pinheiro-bravo, espécie de reconhecido valor comercial e bastante explorada, porém pouco estudada, o que dificulta sua recuperação.

A política florestal atual baseia-se muito na restrição de corte de espécies nativas, atitude apoiada pelos defensores desse aspecto, que apresentam, como principal argumento, de que somente dessa forma é possível manter o equilíbrio do meio ambiente.

Existem outras opiniões, as quais se baseiam no ciclo de vida de todos os seres. Para os apoiadores dessa corrente, ao atingirem a maturidade, só resta aos seres a senilidade e a morte, período de pouco ou nenhum crescimento.

Outro aspecto que deveria ser mais bem observado é o ponto de vista do agricultor, uma vez que se ele não pode explorar a floresta, ele a vê como um empecilho a sua atividade.

A solução desse problema passa pela educação. É preciso que o serviço de extensão possa conscientizar aqueles que convivem com a floresta de que não se deve, como no passado, apenas destruí-la com cortes rasos, e sim retirar apenas aquelas árvores que atingiram sua maturidade. Eles também devem ser conscientizados de que são os responsáveis pela reposição da floresta retirada.

Dessa forma, o produtor auferiria lucro e, facilmente, poderia tornar-se um grande aliado na preservação da floresta e, portanto, do equilíbrio dos ecossistemas.

O presente estudo se justifica pela carência de registros históricos do *Podocarpus lambertii*, sobre seu padrão de crescimento e necessidade de avaliar o seu comportamento para preencher um vazio técnico-científico, visando um maior aproveitamento desta espécie com a expansão da sua produção, manejo e fomento.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal do presente trabalho é analisar o crescimento de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. e suas inter-relações com fatores ambientais em duas regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul: Campos de Cima da Serra e Depressão Central.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- a) Descrever as características da espécie;
- b) Reconstruir o crescimento em diâmetro, altura, volume e incrementos em função da idade, por meio da técnica da dendrocronologia, em locais de ocorrência natural da espécie;
- c) Avaliar o crescimento natural da espécie em função dos fatores do meio ambiente e suas inter-relações;
- d) Comparar o crescimento em diâmetro, altura e volume em dois locais de ocorrência natural da espécie.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características do *Podocarpus lambertii*

O *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., vulgarmente conhecido como pinheiro-bravo, é uma das espécies do gênero *Podocarpus* que desperta maior interesse do ponto de vista econômico dentre as gimnospermas arbóreas nativas do Brasil (MAIXNER; FERREIRA, 1976).

Segundo Carvalho (2003), o *Podocarpus lambertii* pertence à família Podocarpaceae e ocorre em duas áreas disjuntas: a primeira na Bahia, entre as latitudes de 10°30' S e 11°35' S; e a segunda, entre Minas Gerais (19°10' S) e o Rio Grande do Sul (31°20' S), apresentando área de distribuição restrita, fato que confere necessidade de preservação e propagação (RAGAGNIN et al., 1994).

O pinheiro-bravo é uma espécie dióica, polinizada principalmente por abelhas e pequenos insetos. Sua identificação é facilmente realizada por ser uma árvore perene, foliada, mediana, de copa alongada ou arredondada, quando em campo aberto, densifoliada, com folhas pequenas e lineares, apresentando, quando jovem, o formato de cone. Um quilo de sementes tem cerca de 32.200 unidades (LONGHI, 1995).

No Rio Grande do Sul, o pinheiro-bravo apresenta-se associado com a *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) na Floresta Ombrófila Mista. Esta região sofre intensa ação antrópica, que iniciou nos anos de 1970, acompanhando sua colonização (IBGE, 1986).

A altura pode variar de 8-14m, com tronco até 100 cm de diâmetro. Apresenta folhas coriáceas, de 2-4 cm de comprimento. Os frutos são apreciados por várias espécies de pássaros. A árvore é bastante ornamental, servindo ao paisagismo em geral, podendo também ser empregada em reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

De acordo com Carvalho (2003), o pinheiro-bravo desenvolve-se em solos com fertilidade química variável, tendo crescimento satisfatório em solos bem

drenados e com textura argilosa. Em solos pobres quimicamente, apresentam crescimento lento, porém demonstram grande resistência em ambiente poluído.

O pinheiro-bravo é uma espécie bastante resistente. Maranhão et al. (2006) relatam que alguns exemplares de pinheiro-bravo permaneceram vivos após um acidente ambiental que derramou quatro milhões de litros de petróleo no solo, no município de Araucária, no estado do Paraná, enquanto a maioria das espécies morreram imediatamente, os autores complementam afirmando que, estes indivíduos apresentaram redução nas dimensões foliares, mostrando capacidade de otimização do tamanho da folha em relação ao meio para, assim, reduzir também a superfície de perda de água por transpiração.

A madeira do pinheiro-bravo é leve, com densidade básica de 0,45 g/cm<sup>3</sup>, macia, textura fina, servindo para forros, molduras, ripas, confecção de cabos de vassoura, caixotaria, brinquedos, estrutura de móveis, palitos de fósforo, pás de sorvete, lápis, carretéis e utensílios domésticos (LORENZI, 1992).

Apresenta baixa resistência ao apodrecimento quando exposta ao tempo e ao ataque de cupins. A diferenciação entre cerne e alborno é indistinta, e apresenta características físico mecânicas que indicam, por vezes, qualidade superior ao pinheiro-do-paraná (CARVALHO, 2003), e superiores ao *Pinus elliottii* (MAIXNER; FERREIRA, 1976; PARANÁ, 1979).

### 2.1.1 Análise dos aspectos ecológicos da planta

O *Podocarpus lambertii* trata-se de uma espécie característica da Floresta Ombrófila Mista, em que se apresenta associado com a *Araucaria angustifolia*, *Sebastiania commersoniana* (branquilho), *Cedrela fissilis* (cedro), dentre outras (RIBEIRO et al., 2007).

Habita também as formações Aluvial (galeria), Montana e Alto-Montana (OLIVEIRA; ROTTA, 1982; SILVA; MARCONI, 1990), Floresta Estacional Decidual, na Depressão Central Gaúcha (BALBUENO; ALENCASTRO, 1996), na Floresta Estacional Decidual Montana, na Região Central da Bahia, nos campos ruprestes ou de altitudes (STANNARD, 1995), e na Estepe Gramíneo-Lenhosa, área de início da formação dos capões de floresta (ZILLER, 1993).

Apesar de ser uma espécie de qualidade da madeira conhecida pelos botânicos e também madeireiros, pouco se sabe acerca de seu aspecto

fitossociológico, de sua composição florística e estrutura das populações (LONGHI et al., 1992).

Para Rodrigues (1995), as espécies pioneiras têm função cicatrizadora de ambientes perturbados. Contrariamente têm-se as espécies clímax, que são espécies finais na substituição sequencial de espécies na sucessão, e entre esses dois extremos existe um grande número de espécies com características ou adaptações ecológicas intermediárias, as quais são classificadas como espécies secundárias.

Longhi et al. (2006) visando a identificar e caracterizar diferentes estágios sucessionais de remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, localizada na FLONA de São Francisco de Paula (RS), caracterizou o *Podocarpus lambertii* como pertencente à formação secundária em adiantado estágio de desenvolvimento, ainda com muitas espécies pioneiras e já com espécies da floresta primária.

Segundo Rizzini (1979), a vegetação deve ser classificada de acordo com critérios ecológicos, florísticos e, principalmente, fisionômico, como certas características morfológicas e biológicas das espécies que a compõe. Para se descrever uma vegetação, utiliza-se medidas de abundância, frequência e dominância, as quais devem ser estudadas conjuntamente, por meio do índice de valor de importância (CAIN; CASTRO, 1956), já que estes parâmetros analisados isoladamente não dão as informações necessárias (FOERSTER, 1973).

Longhi et al. (1992), estudando a composição florística e estrutura fitossociológica de um capão de *Podocarpus lambertii* na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, concluíram que a família Podocarpaceae é a mais importante quanto ao número de indivíduos, seguida de Anacardiaceae e Flacourtiaceae. Estas espécies destacam-se pela maior abundância e dominância, sendo caracterizadas como espécies mais comuns e característica deste tipo de formação florestal da região. Além disso, apresentam elevados índices de valor de importância. A análise da estrutura vertical do povoamento mostra que o pinheiro-bravo estava bem representado em todos os estratos, indicando sua boa condição de desenvolvimento.

Segundo Longhi et al. (2009), o *Podocarpus lambertii* prefere locais pouco pedregosos, pouco inclinados, relativamente úmidos, com alta frequência de indivíduos e alta densidade do sub-bosque, indicando ser esta uma espécie secundária tardia tolerante a sombra.

Reitz, Klein e Reis (1983) consideram o *Podocarpus lambertii* uma espécie de interesse na recuperação de áreas degradadas, uma vez que ele diminui o impacto ambiental causado por fatores antropogênicos. De acordo com Inoue (1972), o pinheiro-bravo caracteriza-se por ocorrer sempre formando grandes populações.

Segundo Galvão (1986), o *Podocarpus lambertii* é uma espécie semi-heliófila tolerante a baixas temperaturas. Quando cultivadas a pleno sol, apresenta esgalhamento, bifurcação e brotações na base do colo. Sociologicamente é encontrada em excelente regeneração natural em capoeirões e vegetação secundária mais evoluídas ou mesmo em capões. A sua desrama natural é deficiente, devendo sofrer podas frequentes e periódicas a partir do terceiro ano, ocorrendo rebrota nos locais de poda, assim como na base do tronco (CARVALHO, 2004).

Segundo Garcia e Nogueira (2008), apresenta facilidade de regeneração natural, a qual deve ser investigada a possibilidade de seu manejo. Além disso, é recomendado seu plantio às margens de reservatórios hidrelétricos, por atrair pássaros, propiciando a dispersão das sementes. Pode também ser utilizada em restauração de mata ciliares e em locais sem inundação (FERREIRA, 1983).

Em vegetação matricial arbórea ou em regeneração natural, o pinheiro-bravo apresenta crescimento monopodial, com ramificação lateral leve e espaçada entre os pseudoverticilos. Em regeneração o pinheiro-bravo pode suportar perfeitamente plantios que permitam uma boa disponibilidade de luz. Recomenda-se plantio misto, associado com espécie pioneira, como *Acacia mearnsii* (acácia-negra) ou *Mimosa scabrella* (bracatinga), ou plantio em vegetação matricial arbórea, com a abertura de faixas, em capoeiras e feito em linhas. Deve-se investigar a viabilidade do manejo da regeneração natural dessa espécie (CARVALHO, 2004).

Percebe-se que se trata de uma espécie nativa com crescimento lento, em que a produtividade volumétrica máxima registrada é  $7,55 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , aos 15 anos de idade. Assim, o conhecimento de seu comportamento desperta interesse para verificação do seu potencial, tanto na produção de material madeirável, bem como na sua importância na biodiversidade (CARVALHO, 2004).

## 2.2 Situação do setor florestal no Brasil

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006), o Brasil é um dos maiores produtores e o maior consumidor mundial de produtos de origem florestal. Desde 2003 a área plantada vem aumentando ano após ano, crescimento que conta com a participação dos pequenos produtores, refletindo-se em um perfil social das florestas plantadas no Brasil que, tradicionalmente, eram de grandes empresas.

As maiores áreas plantadas situam-se na região sul e sudeste do Brasil, destacando-se os estados de Minas Gerais, que, em 2006, plantou 145 mil hectares de floresta, seguido de São Paulo, 98 mil hectares, e Rio Grande do Sul, 90 mil hectares (BRASIL, 2006).

Esse aumento da produção e demanda é suprido com espécies exóticas, como o *Pinus* e *Eucalyptus*, que atendem satisfatoriamente às necessidades do setor madeireiro relativamente pouco exigente, como para produção de lenha, carvão, celulose etc. No entanto, o setor florestal brasileiro está em permanente crise, em razão da crescente devastação das matas nativas e do risco de extinção das madeiras nobres (MARCHIORI, 1996). Um exemplo é a *Araucaria angustifolia*, que, juntamente com o *Podocarpus lambertii* e o *Podocarpus sellowii*, correspondem às únicas gimnospermas nativas do Brasil de interesse comercial. Esta espécie, no passado, foi intensamente explorada como essência florestal, o que resultou na sua quase dizimação, mas ainda é cortada para fins industriais, como para móveis, madeira para construção, celulose etc. (IBGE, 1986).

Ramos (1993) destaca que a política de incentivos fiscais proposta pelo Governo Federal muito contribuiu para a proteção das florestas nativas, dos solos e das águas, em decorrência da redução das extrações em florestas nativas e pela substituição de áreas degradadas por reflorestamentos produtivos.

Segundo o IBGE (2008b), a produção de madeira na atividade extrativista apresentou redução de 8,9% em 2007, comparado a 2006, enquanto no segmento das florestas plantadas ou cultivadas a produção aumentou 4,3%. Em 2007, a produção nacional de madeira em tora foi de 121.520.350 m<sup>3</sup>, sendo 86,5% proveniente de florestas cultivadas e o restante (13,5%), ou 16.388.609 m<sup>3</sup>, provenientes de vegetações nativas.

O aumento da produção de madeira no Brasil vem acompanhado da primeira grande crise norte-americana no ano de 2008, que contaminou o setor financeiro internacional, chegando ao setor que mais importa produtos da floresta: a construção civil. O colapso nos principais setores da economia ocasionou o fechamento de empresas e, com elas, a extinção de mais de 7 mil postos de trabalho. Em valores exportáveis, a redução chegou a 19,4%, e a quantidade de produtos exportáveis teve redução de 35%. Surpreendentemente um dos estados mais afetados foi o Pará, onde o setor movimenta mais de R\$ 3 bilhões por ano e que viu o volume de exportações cair ao equivalente a 19,4% no período de um ano. Para tentar contornar esse quadro, o governo do estado do Pará pretende lançar licitações para a concessão de áreas de florestas para o uso sustentável (ARAÚJO, 2009).

Para o mesmo autor, o ano de 2008 foi decisivo para as ações de reflorestamento, com a implantação de laboratórios de sementes florestais nativas, localizados em Tailândia, Altamira e Marabá (Pará), os quais servirão de estímulo para a produção de mudas e ampliação dos programas de reflorestamento.

### **2.3 Fatores que influenciam o crescimento**

O estudo do crescimento e da produção, assim como o entendimento desse processo na floresta, são fundamentais para um posterior planejamento do manejo florestal, devido à necessidade de se obter predições da produção futura, baseadas em poucas medições (PRODAN et al., 1997).

Segundo Simões (1972), o crescimento de uma árvore é influenciado por diversos fatores, tais como: deficiência ou excesso de umidade, aeração inadequada do solo, adaptação genética da espécie, ataque de insetos, patógenos e nutrição do solo, em que a deficiência dos elementos essenciais à planta reduz drasticamente o ritmo de seu crescimento.

Muitos fatores afetam a produtividade do *Podocarpus*, e o conhecimento do seu grau de influência possibilita buscar condições de melhorar a produtividade da espécie. Levando-se em conta a interação entre a planta e fatores edafoclimáticos, o conhecimento da relação solo-crescimento contribuirá para aumentar a produtividade da espécie (CASSOL, 1982).

Segundo Imaña-Encinas, Silva e Pinto (2005), os fatores climáticos, como temperatura, umidade do ar, duração e intensidade de luz e a fertilidade do solo, são decisivos para o crescimento da árvore e modificam-se no período de um ano e de uma região para outra.

Para Hess (2006), os efeitos dos fatores ambientais sobre o crescimento das florestas agem inter-relacionados e, dificilmente, podem ser analisados isoladamente. Assim, a determinação dos sítios naturais das diferentes regiões é importante do ponto de vista que cada uma apresenta tipos de solos diferenciados e, conseqüentemente, limitações que resultam na necessidade de planos de manejo também diferenciados, levando à obtenção de resultados econômicos que podem ser mais ou menos favoráveis para o produtor (PEZZUTTI et al., 2008).

Além das características ambientais, é importante considerar as características da planta e de como se processa o seu crescimento, como, por exemplo, tecido fotossintético ativo, chamado mesófilo das folhas, que possui pigmentos especializados para a captação de luz, as clorofilas, característicos das plantas superiores. A energia solar captada pela planta durante a fotossíntese é usada para oxidar a água, produzir oxigênio e reduzir o CO<sub>2</sub>, produzindo compostos orgânicos como açúcares. A velocidade com que a planta realiza a fotossíntese depende da capacidade de assimilação imediata dos nutrientes mineralizados a partir da decomposição da serrapilheira (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

As principais funções em ordem decrescente de importância, segundo Oliver e Larson (1996), são a manutenção da respiração dos tecidos vivos, produção de raízes finas e longas, produção de flores e sementes e, por fim, o crescimento primário, crescimento lateral e terminal dos galhos e extensão das raízes. Somente se ainda houver carboidratos disponíveis é que eles serão utilizados para adicionar xilema, que consiste no acréscimo em diâmetro, e para desenvolver mecanismos de resistência contra o ataque de insetos e doenças.

O crescimento de maior interesse econômico para a produção de madeira apresenta um baixo valor na escala biológica de propriedades, sendo controlado somente por desbastes ou por outra forma de regulação de densidade dos povoamentos. O crescimento em diâmetro dá-se em função das atividades do câmbio vascular, que produz células que dão origem ao lenho e que, por sua vez, se diferenciam em alburno e cerne. Já em termos de altura, o crescimento se dá em

função do meristema primário ou gema apical, por meio de divisões celulares (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Para os mesmos autores o crescimento de uma árvore isolada apresenta poucas semelhanças ao crescimento de uma árvore dentro de um povoamento, por isso o estudo é feito separadamente. Geralmente o crescimento é expresso em volume. Porém, quando o objetivo do manejo florestal são produtos que além de tamanho também possuam qualidade, esta unidade de medida não satisfaz a necessidade.

Segundo Oliver e Larson (1996), o termo crescimento refere-se à mudança de uma árvore ou povoamento em um período de tempo, já o termo volume refere-se à produção deste povoamento ou somente do indivíduo.

Quando as dimensões de um organismo ou população são plotadas sobre as suas respectivas idades, a curva apresenta uma forma sigmoideal ou “S” e mostra o crescimento acumulado em um determinado período, denominado de curva de produção (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982). O crescimento de qualquer organismo vivo segue a forma sigmoideal, porém a forma pode variar para cada situação de genótipo e ambiente, sendo, portanto, afetado pelo estágio de desenvolvimento do povoamento que está sempre condicionado à idade, qualidade do sítio, espécie, densidade e à unidade de medição em que é expresso (DANIEL; HELMS; BAKER, 1979).

Em cada plantio, o silvicultor necessita prognosticar a extensão do período de crescimento na fase juvenil, a taxa de crescimento (inclinação da curva) durante a fase de pleno vigor, o período em que a taxa de crescimento declina e o grau em que certas características são controladas pelo genótipo e o ambiente (DANIEL; HELMS; BAKER, 1979). Segundo estes autores, o crescimento total em um povoamento pode ser expresso de várias formas, que dependem do objetivo do manejo, podendo ser a produção total sobre a rotação, IMA, ICA, os volumes intermediários, o incremento bruto e líquido, os quais podem ser expressos por unidades como  $m^{st}$ ,  $m^3$  e tonelada.

O incremento das dimensões de uma árvore pode ser quantificado em diferentes períodos. O incremento corrente anual (ICA) tem suas medições realizadas em períodos anuais, e sua curva é obtida associando-se os valores de ICA às suas respectivas idades (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982).



A curva de produção é dividida basicamente em três períodos. O primeiro é definido como a fase juvenil e apresenta uma alta aceleração do crescimento (SPURR, 1952). Neste período, a taxa de crescimento atinge o valor máximo, fazendo coincidir o ponto de inflexão da curva de produção com o valor máximo da curva de crescimento ICA (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982). O segundo é denominado de período de maturação e apresenta um baixo nível de crescimento, caracterizado pelo valor máximo do IMA, coincidindo com o ponto de tangência máxima na curva de produção. Este ponto também coincide com o cruzamento das curvas de IMA e ICA (CRECHI, 1996). De acordo com Husch, Miller e Beers (1982), O terceiro e último período é denominado de fase de senescência, em que o crescimento é interrompido e a árvore atinge a dimensão máxima.

Considera-se que cada espécie possui características fisiológicas específicas, como, por exemplo, uma árvore de *Pinus*, com 15 anos de idade, poderá ser fisiologicamente mais velha que uma araucária de mesma idade, devido ao fato de que o *Pinus* tem um desenvolvimento mais acelerado que a outra espécie (FINGER, 1992).

Tomando-se como base os dados de crescimento e de incremento, é possível construir um gráfico e comparar o comportamento dos incrementos médio anual (IMA), corrente anual (ICA) e incremento anual (IA). Com base nas curvas de tendência desses incrementos, é possível planejar a condução da floresta ou povoamento com vistas ao manejo de produção florestal (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

### 2.3.1 Fonte de dados

Para o manejo florestal de qualquer área, necessita-se de inúmeros dados em forma de séries temporais da produção do povoamento em termos de diâmetro, altura, área basal, volume e biomassa (ROSOT, 2002). Além desses dados, a determinação de sua fonte tem grande importância na prognose do crescimento, sendo que a melhor fonte de informação parece ser o povoamento no qual a prognose vai ser aplicada (DAVIS, 1966).

Segundo Rosot (2002), os dados necessários podem ser conseguidos mediante medições periódicas em parcelas permanentes (inventário florestal contínuo), análise de tronco parcial utilizando rolos de incremento ou, ainda, por

análise de tronco completa, porém a utilização de unidades amostrais permanentes para a avaliação da produção resulta em altos custos e demora para obtenção de dados confiáveis, o que, em geral, equivale a uma rotação. Assim, a análise de tronco apresenta vantagens importantes, pois em qualquer época pode-se reconstruir o crescimento passado de uma árvore desde o estado de plântula até o momento de abate, desde que a espécie em questão possua anéis de crescimento anuais facilmente observáveis.

Segundo Davis (1966), não se sabe se os dados passados servem eficientemente para gerar informações para estimativas de seu crescimento futuro, pois uma área em particular pode não oferecer de forma completa as condições necessárias para se obter dados de crescimento bem balanceados aplicáveis a diferentes condições e necessidades. Para o autor, se há a possibilidade de aplicar um tratamento que foi utilizado em intervenções passadas, não se tem a garantia que os resultados de crescimento serão os mesmos, mesmo que se trabalhe criteriosamente e com extrema acuracidade.

Os ciclos climáticos, por exemplo, têm um efeito substancial sobre o crescimento e são frequentemente ignorados. Se, por exemplo, em um estudo de crescimento subsequente das árvores de um povoamento homogêneo equiâneo, o diâmetro inicial dos indivíduos é utilizado como variável, o método irá obscurecer a importância de outras variáveis fundamentais. Isso ocorre porque a análise sempre mostrará que as árvores que cresceram mais no passado continuarão a crescer melhor no futuro, e os fatores que causam o crescimento são desconsiderados, tornando o resultado da equação uma extrapolação do passado (DAVIS, 1966).

Smith et al. (1997) afirmaram que muitas variáveis dependentes não são completamente independentes das outras, e os dados utilizados na análise não são bem balanceados devido a essas interações. Portanto, toda a aplicação do modelo resultante de combinações de condições que não existem nos dados originais deve ser feita com muito cuidado.

Então, no estudo do crescimento, deve-se selecionar árvores representativas da população no estrato superior da floresta, as quais, ao passarem por análise de tronco completa, ofereçam-nos um bom diagnóstico do potencial da espécie.

### 2.3.2 Crescimento e idade

Segundo Souza (1973), a idade de uma árvore é o número de anos transcorridos desde a germinação da semente ou da brotação das touças de raiz até o momento em que é observado ou medido. Determinar a idade de uma floresta ou povoamento florestal é uma atividade complexa, pois nem todos os indivíduos iniciam seu crescimento ao mesmo tempo. Entretanto, para as práticas de manejo florestal de florestas nativas, assim como de reflorestamentos, há a necessidade da caracterização por uma idade definida, a qual serve como ferramenta para práticas silviculturais, para elaboração de planos de manejo e na avaliação da produtividade e do crescimento em diâmetro, volume, área basal e altura, permitindo, assim, a avaliação de diferentes sítios.

O crescimento em volume, assim como em peso e tamanho, é chamado de produção líquida e é resultado da eficiência fotossintética sujeita às condições ambientais e da própria espécie. Esse crescimento dos elementos dendrométricos em um determinado espaço de tempo é chamado de incremento e é influenciado diretamente por alguns fatores, tais como: luz, temperatura, água, nutrientes, CO<sub>2</sub> e conteúdo de clorofila. A disponibilidade de cada um desses fatores vai depender da localidade e da concorrência do povoamento e varia no período de um ano, estação ou época de crescimento, tornando-se elementos decisivos no crescimento (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

A estação de crescimento são ciclos de eventos que se repetem em certos intervalos de tempo mais ou menos contínuos. Isso resulta em incrementos diferenciados anatomicamente, resultado da atividade cambial, chamados de anéis de crescimento (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Larcher (2000) afirma que a duração da atividade cambial e o tipo de formação da madeira são afetados por fatores ambientais, como suprimento hídrico, que podem exercer influência direta ou indireta sobre a largura e a aparência das camadas de crescimento.

A ocorrência desses falsos anéis acontece, geralmente, devido a períodos sucessivos de secas e chuvas, ataque de insetos, doenças, geadas e outros fatores que resultam em mais de um crescimento no mesmo ano (IMAÑA-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Segundo Mattos (1999), a presença de falsos anéis ou ausência dos anéis de crescimento traz, em geral, certa imprecisão na avaliação da idade. A presença de falsos anéis pode induzir a uma avaliação superestimada, enquanto os anéis ausentes podem levar a subestimativa da idade. Para espécies de clima temperado, como as coníferas, a contagem dos anéis de crescimento é um método bastante preciso e de uso bastante prático, pois indica com maior precisão a idade do indivíduo observado.

### 2.3.3 Déficit hídrico do solo

A disponibilidade de água da área de amostragem depende da posição topográfica que ela se encontra, influenciando diretamente no desenvolvimento das plantas do local, assim como a formação do solo (HANNAH, HARLAN; LEWIS, 1982). Para Gonçalves (1990), frequentemente a disponibilidade de água no solo é o fator que mais determina o crescimento das árvores, sendo importante a avaliação de seus determinantes.

De acordo com Stone e Silveira (1999), quando se efetua um preparo do solo, as propriedades físico-hídricas do solo são alteradas. Trabalhos concluem que, em plantio direto, o conteúdo de água do solo é maior que em áreas cultivadas com preparo convencional (LAL, 1974; VIEIRA, 1981; SIDIRAS; DERPSCH; MONDARDO, 1983; SALTON; MIELNICZUK, 1995). Além disso, Richter et al. (1990) observaram maior produção de raízes em culturas em plantio direto que no preparo convencional, porém, no plantio direto, a maior quantidade de raízes ficou concentrada nos primeiros 15 cm do solo.

Outro fator que influencia positivamente a retenção de água no solo é o acúmulo de matéria orgânica na camada superficial, ocasionando uma melhoria em sua estrutura, pois mantém a umidade do solo, evitando a incidência direta da radiação solar, e diminui a lixiviação das partículas e nutrientes do solo, (FERNANDES et al., 1983; REEVES, 1995).

Gatto (2000) explica que fatores como a existência de camadas de impedimento físico à penetração mais profunda das raízes, drenagem interna e potencial de armazenamento de água e oxigênio deficientes aumentam os riscos de estresse hídrico em período de estiagem. Assim, a produtividade final não é

satisfatória pelo fato de a planta não encontrar condições apropriadas de solo para seu desenvolvimento (BELTRAME; GOMES; TAYLOR, 1981).

O efeito do déficit hídrico sobre o rendimento da cultura vai depender da intensidade, duração, época de ocorrência e interação com outros fatores determinantes da expressão do rendimento final (CUNHA; BERGAMASCHI, 1992). Em solos com maior disponibilidade de água, ar e nutrientes, a planta tem a possibilidade de melhor desenvolvimento e distribuição do seu sistema radicular no perfil do solo, estando mais bem preparada para enfrentar um estresse hídrico (GATTO, 2000).

Em locais onde a precipitação não é a fonte principal de água para as plantas, a vegetação desenvolve mecanismos para buscar a água necessária para o seu desenvolvimento, através da expansão de suas raízes até uma fonte de água. Um exemplo é o Cerrado no estado de São Paulo, onde a vegetação lenhosa sofre com déficit hídrico acentuado, em razão da maior densidade de árvores com sistemas radiculares profundos (NAVES-BARBIERO et al., 2000).

A disponibilidade hídrica, se reduzida, afeta vários processos metabólicos da planta, provocando fechamento total ou parcial dos estômatos e limitando a perda de água e fixação do CO<sub>2</sub>. Além disso, a baixa disponibilidade hídrica afeta a distribuição dos nutrientes, uma vez que ela consiste no meio de transporte que permite que os nutrientes sejam absorvidos pela planta e levados até todos os seus pontos (NOBEL, 1974).

#### 2.3.4 Fisiografia

As características fisiográficas do ambiente são fatores mais determinantes da produtividade do que as características de fertilidade do solo. Assim, deve-se verificar se a área de estudo está ocupando uma posição adequada em termos de exposição solar, posição na toposequência, declividade, entre outros, ou seja, se está sob condição fisiográfica ótima, fato que resultará em pouca influência da fertilidade do solo sobre o crescimento (BRAGA, 1997).

Entretanto, quando essas condições fisiográficas não são as ideais, a definição da capacidade produtiva do local passa a ser encargo da fertilidade do solo. O efeito das variações de relevo sobre o microclima e o regime de umidade do solo podem ser caracterizados indiretamente pela altitude, exposição, declividade,

pedoforma e posição na topo sequência (RALSTON, 1964; CARMEAN, 1975; BRAGA, 1997).

As influências da topografia podem ser também de forma indireta na produtividade de um determinado local e, segundo Salas (1974), são muito mais importantes, pois condicionam o solo à erosão, ao movimento superficial de água e à sua disponibilidade para as plantas, bem como aos nutrientes contidos nessa topografia.

Os fatores fisiográficos na estimação da qualidade do sítio são muito utilizados, sendo, geralmente, associados a fatores edáficos, que, juntamente, são responsáveis por muitas variações na produtividade entre e dentro de unidades de solos. Porém essas variações não são incluídas nas definições e atributos das unidades taxonômicas de solos (GONÇALVES, 1990).

## **2.4 Crescimento e os elementos químicos do solo**

O solo, segundo Lenzi e Costa (2001), pode ser definido como uma mistura de materiais inorgânicos e orgânicos, formados a partir de uma série de processos na superfície terrestre que ocasionam a decomposição de rochas e minerais primários, em razão da ação de agentes atmosféricos, físicos, químicos e biológicos.

Hoppe (1980), estudando a influência das características do solo no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia*, espécie a qual o *Podocarpus lambertii* geralmente está associado, constatou uma alta exigência quanto às características químicas, físicas e morfológicas do solo, apresentando uma queda drástica no seu crescimento em solos com propriedades inferiores às requeridas pela espécie.

Uma planta em solo fértil pode estar mal nutrida em um determinado nutriente, por causa da umidade insuficiente para o transporte deste na planta, ficando, assim, na dependência de fontes mais distantes, podendo sugerir outras soluções que não a simples adição de doses desse nutriente ao solo. Regiões com maiores pluviosidade, tanto na quantidade quanto na distribuição, solos com maior retenção, sistemas de manejo conservador de água, plantas com sistema radicular mais profundo são situações que podem contribuir para a nutrição da planta. Quando fatores como disponibilidade do nutriente no solo, amostragem, quantidade e qualidade do tecido amostrado, idade fisiológica, época, condições climáticas,

entre outros, permanecem constantes, a concentração crítica de um nutriente pode variar de um solo para outro (BARROS; NOVAIS, 1990).

Para esses autores, a disponibilidade de umidade do solo tem grande influência na deficiência nutricional das plantas que, geralmente, desaparecem em períodos chuvosos. Além disso, influencia também no tamanho do caule, que se apresentam curtos quando expostos a pequenas quantidades de umidade. Consegue-se observar a íntima relação entre o crescimento e a distribuição de chuvas ao longo do tempo.

Greenland (1981) afirma que se as condições químicas, físicas e biológicas do solo são ótimas, é possível se obter grandes produções.

Apenas 16 elementos químicos são considerados essenciais à planta, os quais são divididos em macronutrientes e micronutrientes de acordo com a quantidade absorvida.

Um dos mais importantes elementos presente nos solos é o alumínio, que, em solos ácidos, pode encontrar-se em solução e ser transportado, absorvido e trazer problemas de toxicidade para a planta. Segundo Mossor-Pietraszewska (2001), a toxicidade de alumínio é um dos principais fatores que limitam o crescimento das plantas em solos muito ácidos. No entanto, este problema pode ser contornado por meio de calagem, que transforma de uma forma iônica transportável em hidróxido de alumínio, não mais transportável (BARROS; NOVAIS, 1990).

Furlani e Furlani (1991) afirmam que uma planta tolerante a alumínio consegue desenvolver seu sistema radicular em profundidade e explorar maior volume de solo em busca de água e nutrientes. Além disso, a planta tolerante apresenta maior conteúdo de fósforo, assim como dos demais nutrientes. A interação do Al com os nutrientes P, Ca, K e Mg pode estar envolvida no mecanismo de tolerância e variam de importância conforme a espécie.

A tolerância ao alumínio é conferida em plantas que produzem ácidos orgânicos nas suas raízes, como principalmente ácido cítrico e oxílico, formando, assim, complexos com os íons de Al (MULLETTE; NOLA; ELLIOTT, 1974). Os autores relatam ainda que baixas concentrações de alumínio podem ser benéficas, pois essas pequenas concentrações de alumínio solúvel podem estimular o consumo de fósforo em raízes e partes aéreas de espécies leguminosas tolerante.

O nitrogênio, exemplo de macronutriente, chega ao solo através do ar, sendo seu teor no solo indicador do grau de riqueza em matéria orgânica (SILVA;

MARCONI, 1990). Ele tem a capacidade de exercer efeito mais rápido sobre a planta, estimulando o crescimento vegetativo e é responsável pela cor verde-escura da folhagem (COELHO, 1973). Além disso, participa da formação de diversos compostos, como as proteínas e clorofilas, ambas importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (CRUZ; PELACANI; ARAÚJO, 2006).

Plantas cultivadas sob deficiência de N não expressam seu potencial produtivo. No entanto, além da quantidade de nitrogênio disponível, a proporção nitrato x amônio ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ) presente no solo pode alterar o crescimento das plantas (BARKER; MILLS, 1980).

O N pode ser encontrado, principalmente, nas formas de nitrato e amônio na solução do solo. No entanto, na maioria dos solos cultivados, o nitrato é a principal forma de aquisição de N pelas plantas (MARSCHNER, 1995). Poucos são os estudos que investigam os padrões de absorção e assimilação do nitrogênio por espécies florestais (PATE, 1980). Estudos têm sido realizados sobre a absorção de nitrogênio em plantas com micorrizas arbusculares devido ao aumento da área de abrangência pelas hifas forjicas (AMES et al., 1984).

O fósforo tem grande importância no crescimento vegetal por ser responsável pela transferência de energia na síntese de substância orgânica (PRIMAVESI, 2002). A forma orgânica, que constitui a maior parte presente no solo, tem efeito no desenvolvimento do sistema radicular, estimulando, principalmente, a formação das raízes secundárias (COELHO, 1973).

Os estudos envolvendo a nutrição e a disponibilidade de fósforo para o cultivo de diversas espécies torna-se muito importante, pois as adubações recomendadas para as culturas podem acabar em fracassos devido ao fato de que as culturas possuem hábitos de crescimento e exigências nutricionais diferenciadas. A determinação dos níveis críticos de certo nutriente para cada espécie ou grupos de espécies é realizada de acordo com as exigências nutricionais e nas diferenças de absorção e/ou utilização do nutriente (BARROS; NOVAIS, 1990).

Quando o solo apresenta deficiência de fósforo, as plantas que se desenvolvem com nitrato absorvem menos nitrogênio do que as plantas que crescem com amônia por causa da exigência de maior energia para redução de  $\text{NO}_3^-$  (BEZLYUDNYI; BELENKEVICH, 1970).

O potássio ocorre no solo de forma solúvel, trocável extraível, não trocável, mineral e total. A passagem de K trocável para K solução é muito rápida, de maneira



que o K trocável é disponível às plantas. Já o K não trocável é moderadamente disponível às plantas, uma vez que a passagem dessa forma para trocável é lenta (SPARKS, 1980).

Quando se pretende fazer a correção da fertilidade do solo, o primeiro passo geralmente é fazer a correção da acidez do solo e depois a adição de NPK. No entanto, para determinadas culturas, deve-se pensar também na adição de micronutrientes. O enxofre, muitas vezes, não é adicionado ao fertilizante que irá ao solo. Mesmo sendo um macronutriente, encontra-se, principalmente, na matéria orgânica, tendo influência na síntese da clorofila e no desenvolvimento das raízes. Além disso, é importante na formação de aminoácidos essenciais, cuja ausência compromete as formações das proteínas vegetais.

O cálcio tem grande importância no desenvolvimento e funcionamento das raízes, além de ser necessário nas formações de folhas das plantas. A necessidade de correção do solo está amparada pela tolerância de determinada planta ao alumínio trocável e na sua exigência por cálcio e magnésio em níveis e relações satisfatórios. Além disso, visa-se também a eliminar excessos de manganês e/ou ferro solúvel, que podem tornar-se tóxico para algumas plantas (BARROS e NOVAIS, 1990).

Estudos que objetivam verificar a influência da aplicação de enxofre no solo, com vistas a melhorar o crescimento de espécies florestais são raros (PRITCHETT, 1979); assim como sobre a disponibilidade de enxofre do solo para a maioria das espécies vegetais (FONTES et al., 1982).

O zinco apresenta baixa concentração na solução do solo em razão da grande absorção pelo solo e um transporte predominante por difusão. Sua absorção pela planta é fortemente influenciada pelo potencial hídrico do solo (KALBAS; RACZ; LOEWEN-RUDGERS, 1978) assim como pelas baixas temperaturas de acordo com a relação Zn-planta (MENGEL; KIRKBY, 1982). A solubilidade do Zn no solo é também altamente dependente do seu pH, que, de acordo com Lindsay (1972), a elevação de uma unidade de pH acarreta diminuição da solubilidade deste elemento em cerca de 100 vezes.

Os sintomas de deficiência do Zinco e Boro são frequentemente observados em solos de textura arenosa a média, que, devido à baixa retenção de água agrava os problemas de transporte, além de tratar-se geralmente de solos mais pobres (BARROS; NOVAIS, 1990). Para esses autores, o ferro e o manganês têm sua

atividade basicamente determinada pelo potencial-redox e pelo pH do sistema. Ambientes anaeróbicos, como em áreas alagadas, apresentam menor potencial-redox, contrariamente a ambientes bem drenados e arejados, onde o potencial-redox é maior, sendo assim possível a redução de formas e compostos pouco solúveis no solo ( $\text{Fe}^{3+}$ ) em formas mais solúveis ( $\text{Fe}^{2+}$ ), aumentando a disponibilidade dos nutrientes para as plantas.

Com relação aos elementos químicos cobre e molibdênio no solo, são poucas as informações. Sobre o cobre alguns estudos objetivam determinar a concentração ótima ou crítica nos tecidos vegetais. Já sobre o molibdênio sabe-se que ele é um constituinte essencial da nitrato redutase, enzima responsável pela redução do nitrato absorvido na planta (BARROS; NOVAIS, 1990).

Simões (1972) afirma existir uma baixa correlação entre o crescimento das árvores e o resultado da análise química do solo, já que esta indica apenas as concentrações dos nutrientes que, teoricamente, estariam disponíveis para a planta. Sobre isto, Kramer e Kozlowski (1972) complementam que a análise do solo tem valor limitado, pois o extrato do solo não é um indicador seguro da disponibilidade dos elementos nutritivos para as árvores.

Para Streck et al. (2008), as análises químicas determinam, geralmente, o teor de carbono orgânico, pH, cátions trocáveis, alumínio extraível e acidez total, entre outros. Com base nessa análise, é possível calcular a soma de bases, a capacidade de cátions trocáveis, percentagem de saturação de bases e saturação por alumínio e atividade das argilas, fatores que são importantes para a absorção dos nutrientes do solo pela planta.

A nutrição das plantas dependerá também das condições do sistema radicular e da densidade de indivíduos da área em estudo, pois indicará a competição por nutrientes do solo, principalmente tratando-se de populações homogêneas. A nutrição das plantas dependerá da capacidade do solo em fornecer os nutrientes e dos fatores que afetam a habilidade da planta para absorvê-los da solução do solo (COREY, 1973).

#### 2.4.1 Crescimento e a qualidade dos sítios florestais

Para Alemdag (1991), o desenvolvimento de planos de manejo, é necessário verificar o potencial produtivo de cada povoamento dentro de uma unidade de

manejo, de modo que o crescimento e a produção florestal possam ser prognosticados.

A determinação da qualidade do sítio, isto é, da capacidade produtiva do solo, constitui um dos primeiros e mais importantes passos para se conseguir um planejamento adequado e garantir o sucesso do empreendimento florestal (OLIVEIRA, 1998).

A capacidade produtiva pode ser determinada diretamente pelo crescimento das árvores (RENNIE, 1963; CARMEAN, 1975; GONÇALVES, 1990; OLIVEIRA, 1998) ou, ainda, por métodos mais usuais que se baseiam na relação altura dominante e idade das árvores (OLIVEIRA, 1998) ou em virtude da ação e interação de fatores bióticos, climáticos, edáficos e topográficos, influenciados pelas práticas silviculturais e de manejo florestal (BARROS, 1974).

As características que determinam a qualidade do sítio podem ser divididas em clima (radiação solar, precipitação, temperatura e umidade relativa do ar); topografia (exposição, declividade, pedofoma); solo (textura, estrutura, regimes térmico e hídrico, minerais, nutrientes) e atributos bióticos (plantas, animais, insetos, fungos) e antrópicos (homem) (BARROS, 1974), os quais, de acordo com Spurr e Barnes (1980), resultam em recursos diretamente disponíveis para o crescimento das árvores.

A heterogeneidade ambiental é um dos fatores que mais interferem na composição florística e estrutura das florestas, isso porque os diversos fatores interagem na comunidade tendo resposta das espécies, fazendo com que cada local tenha suas características próprias e que possam ser comuns a outras regiões resultando em tendências. A topografia, em escala local, tem sido observada como a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, já que ela corresponde a mudanças nas propriedades do solo, como regime de água e na fertilidade do solo (RODRIGUES et al., 2007).

O conhecimento dos fatores ambientais permitem o entendimento da dinâmica das florestas, o que permitirá a elaboração do planejamento de manejo silvicultural dessas espécies (LONGHI et al., 2009).

O clima é sempre o fator primário para a classificação e determinação de sítios em larga escala, mas, em áreas menores, a vegetação, a fisiografia e o solo tornam-se mais importantes (SPURR; BARNES, 1980; SCHONAU, 1987). Já nas regiões onde a vegetação nativa foi muito alterada e espécies exóticas foram

introduzidas, os fatores mais importantes são a fisiografia e o solo. O método solo-sítio é o mais difundido no setor florestal brasileiro (GONÇALVES, 1990; OLIVEIRA, 1998).

A luminosidade é um dos fatores climáticos que influencia o crescimento das plantas nos seguintes aspectos: qualidade e amplitude, intensidade, duração e periodicidade. A influência da temperatura e precipitação sobre a distribuição e o crescimento das florestas é demonstrada pela alta correlação existente entre estes aspectos e as classificações climáticas (SPURR; BARNES, 1980).

A análise do solo vai determinar a disponibilidade de nutrientes do solo, a qual depende além da qualidade do solo, do desenvolvimento e distribuição das raízes do solo. A nutrição de uma árvore influencia a fotossíntese de forma direta, afetando a eficiência do processo e, de forma indireta, afetando a produção fotossintética da árvore (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Segundo Santos (2006), o pinheiro-bravo sobrevive em solos contaminados por petróleo e seus derivados, porém apresenta redução no crescimento e produção de biomassa. Além disso, os solos das regiões contaminadas são aproximadamente neutros, o que confere baixas taxas de crescimento. Para esse autor, solos com presença de hidrocarbonetos de petróleo apresentam crescimento diferenciado; em alguns indivíduos, o crescimento não diferencia drasticamente dos indivíduos analisados de área não contaminada, já em outros o decréscimo no crescimento foi acompanhado da redução de 67% da biomassa total e 35% dos teores de clorofila a, b e total (pigmentos fotossintéticos).

A clorofila é responsável pela absorção da energia luminosa que será utilizada em uma complexa reação, na qual o dióxido de carbono reage com a água formando glicose, que é armazenada e utilizada pelas plantas, fato que explica o crescimento das plantas (SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008).

Em estudo realizado por Santos (2006), a análise nutricional da planta concluiu que a quantidade de nitrogênio não variou estatisticamente, mesmo as áreas contaminadas apresentaram menor quantidade de nitrogênio disponível. Nos solos onde a concentração de hidrocarbonetos é alta, há também um aumento significativo de potássio (K) e cálcio (Ca) nos tecidos foliares e uma redução do teor de magnésio (Mg), quando comparadas com as análises realizadas em áreas não contaminadas.

O crescimento em altura se processa à custa de hidratos de carbono, reservas que ficam acumuladas nas folhas antigas e nas formações lenhosas, localizadas nas extremidades. Portanto, dependendo da espécie e seu ciclo, o produto da fotossíntese terá menor ou maior participação no alongamento.

A maioria dos carboidratos formados nas folhas pela fotossíntese é utilizado no crescimento em diâmetro, e o restante é oxidado na respiração, liberando energia necessária aos processos associados ao crescimento.

As árvores de clima temperado apresentam quatro padrões básicos de crescimento em altura descritos por Morey (1980):

- crescimento em única fase: a gema apical apresenta os primeiros primórdios de todos os órgãos pré-formados num estado embrionário, os quais passam por todo o inverno e somente voltam a se desenvolver na primavera;
- crescimento periódico: ocorrem em alguns pinheiros, quando ocorrem duas ou mais fases de crescimento separadas por estágio de inatividade;
- crescimento contínuo: ocorre em árvores em que o crescimento do ramo curto pré-formado pode ser seguido de crescimento e
- crescimento simpodial: após a brotação da gema, a porção superior da ponta do caule é regularmente abortada, dando lugar a uma gema axilar superior e o eixo caulinar desenvolve-se em forma de Y.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Características das áreas de estudo

Os dados para as análises do presente estudo foram obtidos em duas regiões fitogeográficas do Rio Grande do Sul, Região dos Campos de Cima da Serra, onde localiza-se o município de São Francisco de Paula, e a Depressão Central, onde situa-se São Sepé.

Os locais de coleta das amostras estão demarcados sobre o mapa do Rio Grande do Sul (Figura 1), localizados em duas regiões fitogeográficas distintas.

#### 3.1.1 Região 1: Campos de Cima da Serra – São Francisco de Paula, RS

O município de São Francisco de Paula localiza-se a uma latitude de 29°26'52" S e longitude de 50°35'01" W, apresentando clima subtropical, que, segundo a classificação climática de Köppen, enquadra-se na classe Cfb 1, temperado úmido, onde os verões são brandos e úmidos, e os invernos são frios e também úmidos. (MORENO, 1961).

Sua população, segundo IBGE (2008), é de 22.262 habitantes.

São Francisco de Paula enquadra-se no tipo florestal Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), em que sua composição florística é caracterizado pela presença de gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria*, ambos de origem Australásicos, e o *Podocarpus*, espécie de enfoque de origem afro-asiático (IBGE, 1992) (Figura 2).

A região dos Campos de Cima da Serra está localizada no extremo Nordeste do Estado (Figura 1), fazendo divisa ao Nordeste com o estado de Santa Catarina. Esta região constitui-se de uma superfície aplainada, com cotas acima de 900 m, delimitada ao Sul por São Francisco de Paula, ao Norte por Bom Jesus, a Leste por Cambará do Sul e a Oeste por São Marcos. É a região mais fria do Estado, com temperaturas médias anuais de 14,1°C em São Francisco de Paula e a que

apresenta um dos maiores volumes de chuva, 2.470 mm/ano, apresentando uma vegetação de campos de altitudes entremeadas por mata com araucária (STRECK et al., 2008).

Sua área é de 21.033 km<sup>2</sup>, com um relevo que varia de suavemente ondulado a fortemente ondulado e com uma planície elevada de inclinação para Oeste, com vegetação predominante de campo, interrompida por capões com araucária (BRASIL, 1983).

O local da amostra pertence à empresa Terramar, localizada a 11 km da cidade de São Francisco de Paula, situada na região dos Campos de Cima da Serra.

### 3.1.2 Região 2: Depressão Central – Município de São Sepé, RS

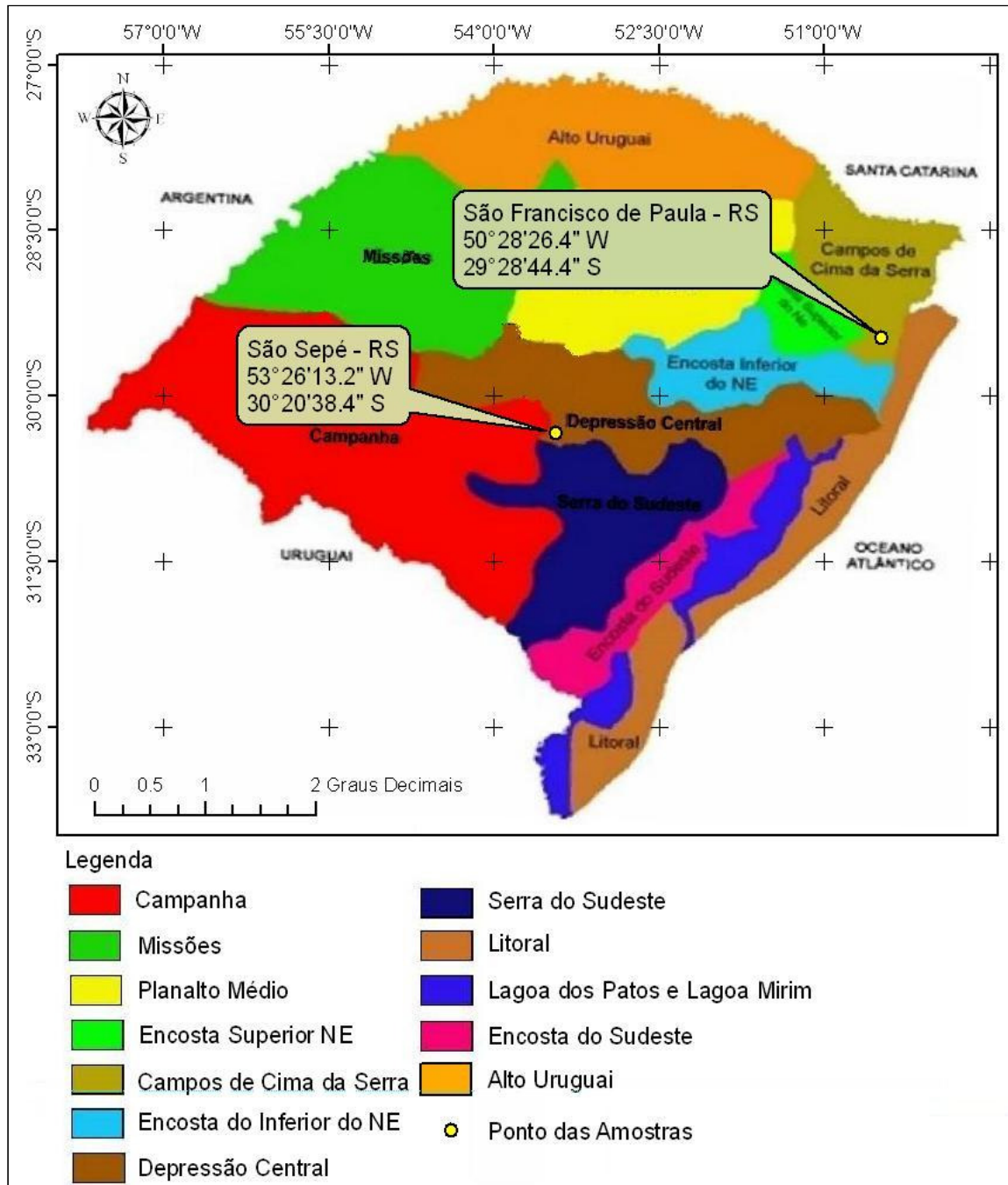
O município de São Sepé localiza-se a uma latitude 30°09'38" S e a uma longitude 53°33'55" W. Sua população é de 24.397 habitantes (IBGE, 2005).

Inserir-se na microrregião geográfica de Santa Maria, limitando-se ao Norte com Santa Maria, Formigueiro e Restinga Seca, ao Sul com Caçapava do Sul e Lavras do Sul, a Oeste com São Gabriel e Vila Nova do Sul e a Leste com Cachoeira do Sul (SILVEIRA, 1982).

Em São Sepé, o tipo de vegetação onde é encontrado o *Podocarpus lambertii* é a Floresta Estacional Decidual (IBGE, 1992). Esta vegetação caracteriza-se por apresentar duas estações climáticas bem demarcadas: uma chuvosa e outra de longo período biologicamente seco. No Rio Grande do Sul, esta vegetação apresenta dossel emergente completamente caducifólio, visto que, embora o clima seja ombrófilo, possui uma curta época muito fria e que ocasiona, provavelmente, a estacionalidade fisiológica da floresta (Figura 2).

A região fitogeográfica denominada Depressão Central (Figura 1), é constituída por terrenos baixos, que separam a área do Planalto Meridional, ao Norte, do Escudo Sul-rio-grandense, ao Sul (GIONGO; WAECHTER, 2004).

O clima da região situa-se entre os tipos fundamentais Cfa 1, Cfa 2 e Cfb 1, conforme classificação climática de Köppen. Juntamente com a Campanha, são as zonas mais quentes do Estado, com temperaturas médias anuais de 19°C e volume de chuvas em torno de 1.600 mm/ano. Predominam os ventos de Leste e de Norte, apesar de pouco frequentes e de curta duração (BRASIL, 1983).



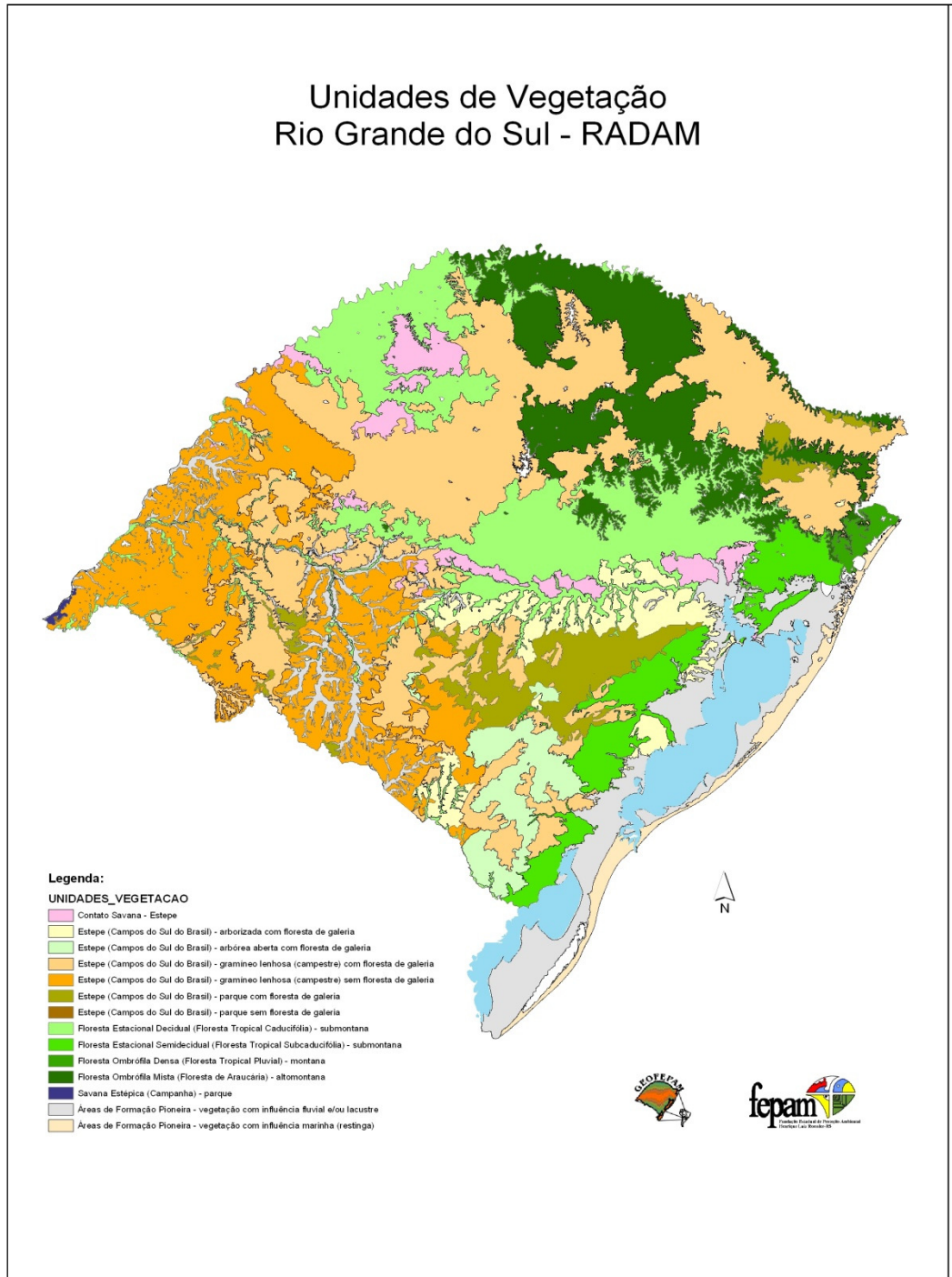
Fonte: SEMA-RS/UFSC, 2001.

Figura 1 – Regiões Fitogeográficas do Rio Grande do Sul com as duas áreas de estudo da espécie em destaque.

A vegetação desta área divide-se em vegetação campestre, silvática e palustre. As florestas se desenvolvem somente ao longo dos cursos d'água e em pequenas porções brejosas do terreno (RAMBO, 1956; QUADROS; PILLAR, 2002). A floresta foi substituída pela agricultura e plantações de acácia negra e eucalipto (BRASIL, 1983).



A vegetação original predominante no município de São Sepé é a de campos, cuja ocorrência está ligada ao clima, aos solos e à topografia suave na maioria de sua superfície (ALONSO 1977).



Fonte: PROJETO BIODIVERSIDADE (2010).

Figura 2 – Unidades de Vegetação do Rio Grande do Sul – RADAM.

Nas áreas de maior umidade, como as nascentes e vales fluviais, aparecem os capões e as matas galerias, respectivamente, onde podem ser encontradas espécies arbóreas, como o ipê, cedro, cangerana e açoita-cavalo.

O local da amostra no município de São Sepé, foi na Fazenda de Avelino J. Piccinin, localizado na BR 290, a 7 km do entroncamento do Boqueirão, entre as BRs 392 e 290.

### 3.1.3 Profundidade do solo

O estado do Rio Grande do Sul apresenta quatro grandes províncias geomorfológicas, que têm origens geológicas distintas: Escudo Sul-rio-grandense, Depressão Periférica, Planalto e Planície Costeira (STRECK et al., 2008). Segundo o autor, a grande diversidade de solos está relacionada ao afloramento dos diferentes tipos de sedimentos que compõem a paisagem, o que, por sua vez, é resultado dos processos erosivos processados pela rede de rios que drenam esta província.

A província da Depressão Periférica, onde se localiza o município de São Sepé, é uma área de rochas sedimentares diversificadas, apresentando uma litologia bastante variável, composta por diversos sedimentos (arenito, siltitos, argilitos, folhetos), os quais originaram vários tipos de solos.

Em São Sepé, ocorrem Planossolos Háplicos Eutróficos vertissólico (U. Bagé), o qual apresenta argilas expansíveis (esmectitas) na sua composição, conferindo-lhes uma alta fertilidade química, porém limitações fortes quanto ao uso de implementos agrícolas e à lotação de animais de criação. Este tipo de solo é imperfeitamente ou mal drenado, apresenta alta saturação por bases ( $\geq 50\%$ ), perfil com sequência de horizontes A-E-Bt-C, e uma mudança textural abrupta dos horizontes mais superficiais A e E para o horizonte Bt, característica que distingue os Planossolos dos Gleissolos (STRECK et al., 2008).

A porção sul do município, inserida no Escudo Sul-rio-grandense, tem sua estrutura geológica originária do Grupo Bom Jardim, composta de granitos, riólitos, intrusões andesito-basálticas, arenitos e ardósias. Também são encontrados granitos, xistos e quartzitos, e rochas básicas-ultrabásicas e metamórficas do Grupo Cambaí do Pré-Cambriano Médio (SARTORI, 1978).

A região dos Campos de Cima da Serra, onde se localiza o município de São Francisco de Paula, pertence à província geomorfológica do planalto, que é formada por uma sucessão de pacotes de rochas vulcânicas. A cobertura geológica predominante é de rocha vulcânica ácida (riolito, dacito). De modo geral, os primeiros derrames vulcânicos apresentam composição basáltica (contêm mais Fe, Ca e Mg) e os últimos derrames têm composição riolítica (contêm mais silício e menos Fe, Ca e Mg), ambos apresentando uma espessura variável entre 20 e 25 centímetros. Por isso, na porção Nordeste do RS, encontram-se os derrames basálticos nas cotas mais baixas, formando as bases e encostas dos morros, enquanto os derrames riolíticos aparecem nas cotas mais altas, geralmente acima de 700 a 800 metros de altitude (STRECK et al., 2008).

Carraro et al. (1974) e Brasil (1973) enquadram a região de São Francisco de Paula no grupo de solo São Bento, que abrange as formações Serra Geral, Botucatu e Rosário do Sul, correspondendo à classe Cambissolos Húmico Alumínico típico (Unidade de Mapeamento Bom Jesus).

Os Cambissolos são solos em processo de transformação, apresentando, como uma das suas características principais, a presença de fragmentos de rochas no seu perfil, atestando baixo grau de alteração do material (EMBRAPA, 1999).

Sua condição de drenagem varia de bem-drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam na paisagem. Além disso, apresentam, no perfil, uma sequência de horizontes A-Bi-C ou O-A-Bi-C, caracterizando solos rasos a profundos. Classifica-se como cambissolo húmico, pois apresenta o horizonte A rico em matéria orgânica, e alumínico, pois a saturação por alumínio é  $\geq 50\%$ , portanto extremamente ácidos (STRECK et al., 2008). A fertilidade natural do solo é elevada (LEMOS et al., 1973).

Os solos são de natureza argilo-arenosa, fracos e permeáveis, pobres em fósforo disponível e com altos teores de potássio. São solos rasos, com afloramento de rochas, próprios para o cultivo de pastagens perenes e a silvicultura (OLIVEIRA et al., 1992; STRECK et al., 2008).

#### 3.1.4 Altitude

A região da Depressão Central apresenta relevo ondulado a suave ondulado (coxilhas) com vegetação de campo e altitudes médias entre 40 e 100 metros,

exceto nos tabuleiros, cuja altitude máxima está entre 250 e 300 metros. É um arenito que constitui o imenso aquífero Guarani, um dos mais importantes reservatórios de água doce do mundo (STRECK et al., 2008).

O município de São Sepé, na porção que se localiza no contato entre a Depressão Periférica Sul-rio-grandense e o Escudo Sul-rio-grandense, ao Norte tem uma morfologia de coxilhas com altitudes não superiores a 150 m e extensas planícies aluviais, típicas da Depressão. Da mesma forma, em direção ao Sul do município, o relevo passa a se salientar, por apresentar altitudes entre 200-400 m, correspondendo à morfologia do Escudo Sul-rio-grandense (SILVEIRA, 2007).

Nesta mesma localidade, foram delimitados dois compartimentos, de acordo com a altitude e morfologia: Planície Aluvial, que corresponde às áreas com altitudes de 60 m, ao longo do rio São Sepé e seus afluentes, e Colinas ou Coxilhas, subdividido em Transicional e Topo das Coxilhas, que correspondem às ondulações suaves, cujas altitudes vão de 60 a mais que 120 m, onde se localizam as nascentes dos afluentes do rio São Sepé (SILVEIRA, 2007).

Os derrames vulcânicos na região dos Campos de Cima da Serra apresentam altitudes que variam de 900 m, na área mais a Oeste, até 1.200 m nos Aparatos da Serra; e relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado (BRASIL, 1983). Essas rochas se apresentam em um relevo aproximadamente tabular, muito escavado pelos rios em alguns pontos, formando escarpas e vales profundos (STRECK et al., 2008).

A altitude influencia indiretamente a taxa de crescimento de um povoamento, pois ele é responsável pela diminuição da temperatura, regime de umidade do ar e do solo (SPURR; BARNES, 1980). Além disso, Hannah (1968) afirma que quanto mais distante um sítio fica do topo, maior é sua qualidade, em razão da ação gravitacional sobre o fluxo subsuperficial, que é fonte de umidade do solo. Por isso influencia a distribuição das raízes em áreas montanhosas e sobre a água, provindo das partes mais altas.

De acordo com Torrado (1989), a quantidade de argila presente no horizonte A diminuiu à medida que se afastava do topo dos morros. Dessa forma, nas baixadas, os teores de argila são baixos, pois as partículas grossas deslocam-se das partes superiores e depositam-se nas baixadas e meia encosta inferior.

A altitude confere uma relativa regularidade e abundância de chuvas na Floresta Submontana, uma subdivisão da Floresta Estacional Semidecidual (TAGLIANI; VICENS, 2003).

### **3.2 Método de amostragem**

Para o estudo do crescimento do pinheiro-bravo foram selecionadas árvores representativas da população no estrato superior da floresta, as quais serviram para análise de tronco completa.

As árvores amostras pertenciam às classes sociológicas 1-predominante: copa excepcionalmente desenvolvida e 2-dominante: formavam a parte principal do povoamento, e apresentavam copas bem desenvolvida, tronco reto e fuste único.

Em cada região foram abatidas quatro árvores para a análise de tronco completa.

Este número de árvores foi suficiente para cobrir a variação de crescimento da espécie, verificada numa pré-amostragem para cada local estudado.

#### **3.2.1 Coleta de dados para o estudo do crescimento**

Para o estudo do crescimento, os dados foram obtidos por meio da análise completa do tronco dos indivíduos selecionados, os quais foram abatidos e retirados discos de 5 cm de espessura, nas alturas de 0,10 m a 0,30 m, conforme a possibilidade, a 0,70 m e a 1,30 m e, após, aproximadamente de 1 em 1 m. Escolheu-se este intervalo para a retirada dos discos a fim de bem representar o crescimento. Para Barusso (1977), a distância de retirada das fatias acima de 1,30 m depende do objetivo da análise de tronco, da espécie em questão e da finalidade da madeira, seja para serraria, laminação, celulose ou resíduo. Finger (1992) recomenda uma distância de 1 a 2 m, para que não haja perda da precisão.

Caso a posição da retirada da fatia coincidissem com a presença de nós, esta era deslocada para os entre nós, a fim de evitar a interferência destes nas medições dos anéis (FINGER, 1992). As fatias foram identificadas com lápis de anilina, constando o número da árvore-amostra e a posição de retirada da fatia no tronco e, posteriormente, transportada em sacos de estopa para o local de secagem. Os demais dados, como as posições de retirada das fatias no tronco e a altura total das

árvores, foram anotadas em fichas próprias, seguindo a metodologia descrita por Schneider, Brena e Finger (1988).

Para secagem, os discos foram colocados em local de boa ventilação, evitando, assim, o uso de estufas, que, geralmente, provocam rachaduras na madeira. Quando secas, as fatias foram lixadas até que seus anéis ficassem visíveis, possibilitando, assim, a sua demarcação sobre raios. Para cada disco, foram tomadas medidas em quatro raios, perpendicularmente marcados sobre cada fatia, sendo o primeiro num ângulo de  $45^\circ$  a partir do maior raio da fatia e os demais a  $90^\circ$  um do outro. Os anéis de crescimento foram previamente identificados com auxílio de lupa (Figura 3) e suas espessuras medidas com auxílio de mesa de medição micrométrica acoplada a um computador.



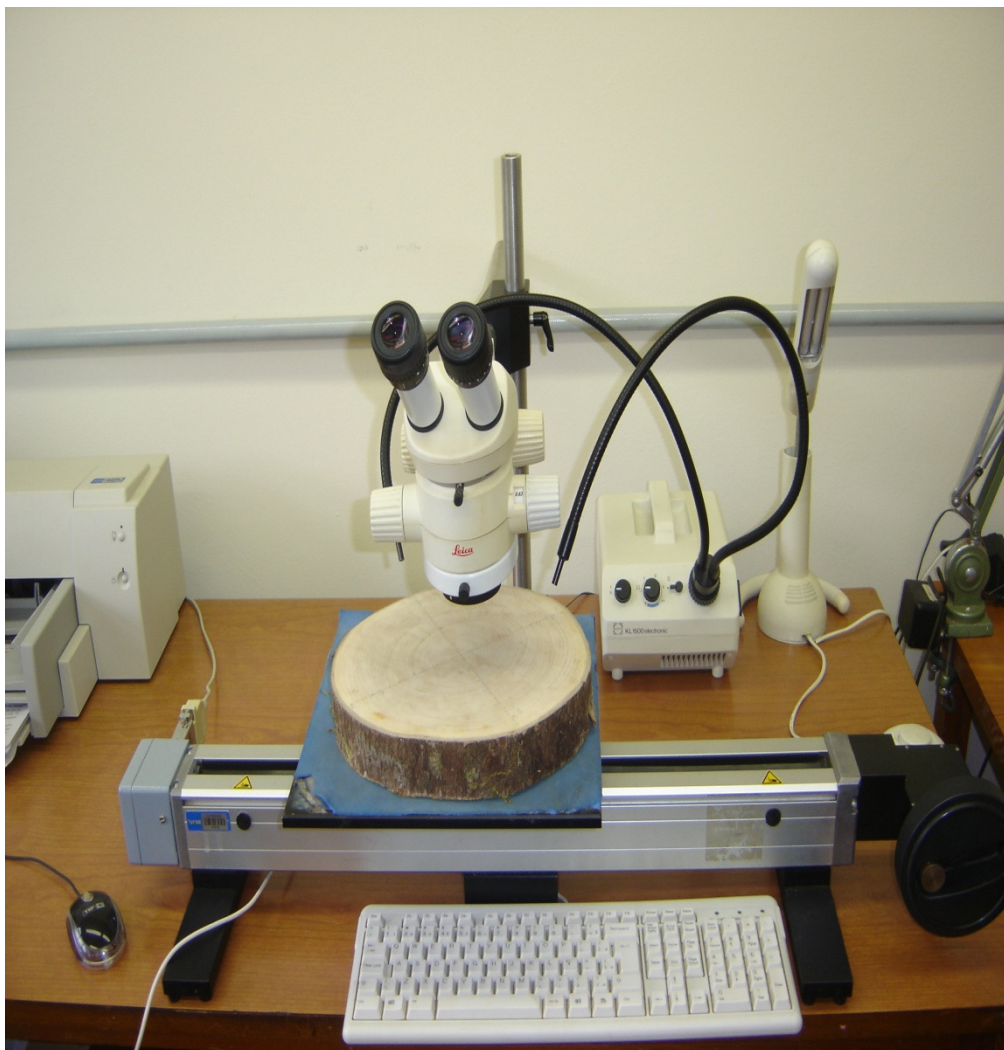
Fonte: Laboratório de Manejo Florestal – UFSM.

Figura 3 – Material utilizado para determinação dos raios e anéis de crescimento.



Schweinbruger (1996) descreveu problemas na identificação de anéis de crescimento anual em *Pinus*, citando a possibilidade de existir anéis bastante tênues próximos à medula, de difícil identificação visual, e falsos anéis causados por estresse, relacionando os fatores que influem na sua formação e algumas técnicas utilizadas para identificar os verdadeiros anéis.

No momento da medição dos anéis, tomou-se o cuidado de verificar se todos os raios apresentavam o mesmo número de anéis, procedimento que permitiu verificar a presença de falsos anéis ou crescimento nulo em determinada idade.



Fonte: Laboratório de Manejo Floresta – UFSM.

Figura 4 – Equipamento Lintab II acoplado em computador.

Os anéis de crescimento foram medidos com a utilização do aparelho Lintab II, Figura 4, e os dados foram processados no programa análise de tronco (ANATRO). Foram gerados arquivos de dados com informações das árvores e das

dimensões dos raios. Posteriormente este arquivo de dados foi transformado, por meio do Programa ANARC.EXE, em um arquivo do tipo NOME.DAT. Esse arquivo de dados transformado foi lido no Programa ANATRON.EXE, que realiza os cálculos dendrométricos por idade, gerando diâmetro, altura, área basal, volume dos seus incrementos, além do fator de forma.

Os dados foram processados em programa de computador ANATRO, elaborado por Schneider (1984), de onde se obteve a idade das árvores, o diâmetro, a altura, o volume, a área basal, o fator de forma, incremento corrente e médio anual. Com esses dados, foram testados nove modelos matemáticos para ajuste da equação que melhor expressasse o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade, empregando-se modelos lineares e não-lineares.

### 3.2.2 Amostragem do solo

Em cada região estudada no presente estudo, foi retirada amostra de solo para análise nutricional e determinação das características químicas e físicas do solo para cada local, para investigação da correlação com o crescimento e produção do *Podocarpus lambertii*.

A coleta de solo foi feita com auxílio de uma pá de corte, amostrando de 0 a 30 cm de profundidade. A retirada das amostras foi distribuída de forma equidistante sobre a projeção da copa da árvore, homogeneizada e retirada uma amostra única junto a cada árvore, totalizando quatro amostras de solo para cada local.

As amostras foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solos do Centro de Ciências Rurais da UFSM, que determinou quantitativamente os nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, zinco, cobre e manganês) e os índices de pH, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Também foi feita a análise física dessas amostras, quando se determinou a saturação de bases, os teores de areia, silte e argila.



### 3.3. modelagem do crescimento em diâmetro em função das variáveis meteorológicas e do solo

Para modelar o crescimento em diâmetro em função das variáveis meteorológicas e do solo foi utilizado o método “forward”, passo a passo para frente ou seja, parte da variável independente mais correlacionada com a variável dependente para no passo seguinte incluir mais variáveis que apresentarem maior correlação parcial e, posteriormente, serem testadas pelo teste F da análise de variância.

### 3.4 Modelos testados para o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade

Os modelos que foram utilizados para testar o crescimento em diâmetro em função da idade e seus respectivos autores estão apresentados na Tabela 1. Esses modelos são, reconhecidamente, usados para o estudo do crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade, essa foi a razão que pela qual eles foram testados.

Tabela 1 – Modelos para o crescimento do diâmetro, altura e volume em função da idade.

Equação	Modelo Matemático	Autor
1	$\ln y = b_0 + b_1.t$	Schumacker
2	$\ln y = b_0 + b_1.\ln t + b_2.\ln^2 t$	Backman
3	$\ln y = b_1.\ln t + b_2.\ln^2 t$	Backman modificada
4	$\ln y = b_0 + b_1.\frac{1}{t} + b_2.\ln t$	Hoerl
5	$\ln y = b_0 + b_1.t + b_2.t^2 + b_3.t^3$	Moissev
6	$\ln y = b_0 + b_1.\ln t + b_2.t$	Gram
7	$y = b_0.[1 - e^{(-b_1.t)}]^{b_2}$	Chapman-Richards
8	$y = b_0.1 - e^{(-b_1.t)}$	Mitscherlich
9	$y = b_0.e^{b_1.t} t^{b_2}$	Mitscherlich- Sonntag

Sendo: d= diâmetro à altura do peito (1,30 m); t = idade;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  = coeficientes das equações; ln = logaritmo natural; y= diâmetro ou altura ou volume.

Fonte: Loetsch, Zöher e Haller (1973); Mitscherlich e Sonntag (1982); Richards (1959); Prodan (1968); Kiviste et al. (2002).

### 3.5 Relação do volume em função do diâmetro e altura

Complementando a análise, foram ajustados os modelos de volume em função do diâmetro e altura, de acordo com os modelos matemáticos (Tabela 2).

Tabela 2 – Modelos testados para ajuste do volume em função do diâmetro e altura.

Equação	Modelo Matemático	Autores
1	$v = b_0 + b_1.d + b_2.d^2 + b_3.dh + b_4.d^2.h + b_5.h$	Meyer
2	$v = b_0 + b_1.d + b_2.d^2 + b_3.dh^2 + b_4.d^2.h$	Meyer modificada
3	$v = b_0 + b_1.d^2 + b_2.d^2.h + b_3.dh^2 + b_4.h^2$	Naslund modificada
4	$v = b_1.d^2 + b_2.d^2.h + b_3.h$	Stoate Mod.
5	$v = b_0 + b_1.d^2.h$	Spurr
6	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.\log^2 d + b_3.\log h + b_4.\log^2 h$	Prodan
7	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.\log h$	Schumacher-Hall
8	$\log v = b_0 + b_1.\log(d^2.h)$	Spurr
9	$\log v = b_0 + b_1.\log d + b_2.d^{-1}$	Brenac

Sendo: v = volume sem casca em metros cúbicos; h = altura em metros; d = diâmetro a 1,30 m do nível do solo;  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  = coeficientes das equações. Fonte: Schneider (1998).

### 3.6 Relação da altura em função do diâmetro

Para o estudo da altura em função do diâmetro, foram testados sete modelos, os quais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelos testados para ajuste da altura em função do diâmetro.

Equação	Modelo Matemático	Autor
1	$h = b_0 + b_1.d + b_2.d^2$	Modelo Parabólico
2	$\ln h = b_0 + b_1.\ln d$	Stofells
3	$\ln h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right)$	Curtis
4	$h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right)$	Curtis
5	$h = b_0 + b_1.d + b_2.\left(\frac{1}{d}\right)$	Sn
6	$h = b_0 + b_1.\left(\frac{1}{d}\right) + b_2.d^2$	Sn
7	$h = b_0 + b_1.d + b_2.\left(\frac{1}{d}\right) + b_3.d^2$	Sn

Sendo: h = altura em metros; d = diâmetro a altura do peito em centímetros; ln = logaritmo natural;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  = coeficientes das equações, Sn = sem autor definido. Fonte: Schneider (1998).

### 3.7 Critérios de seleção dos modelos matemáticos

Com o objetivo de selecionar o melhor modelo de regressão, analisou-se o ajuste de cada modelo comparativamente, observando-se os critérios estatísticos definidos pelo coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa, coeficiente de variação, valor de F, valor ponderado dos escores estatísticos e a distribuição gráfica dos resíduos, conforme Palahí et al. (2002) e Cellini et al. (2002).

#### 3.7.1 Coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ )

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) expressa a quantidade de variação total explicada pela regressão. Como o coeficiente de determinação cresce à medida que se inclui uma nova variável ao modelo matemático, foi utilizado o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ), como critério de seleção do modelo, obtido pela expressão:

$$R^2_{aj.} = R^2 - \left[ \frac{K-1}{N-K} \right] (1 - R^2)$$

Sendo:  $R^2$  = coeficiente de determinação; K= número de coeficientes do modelo; N= número de observações.

Quanto mais próximo de 1 forem os valores dos coeficientes de determinação, melhor será o ajuste da linha de regressão. Sendo assim, por este critério, foi selecionado o modelo matemático que apresentou o maior valor de  $R^2_{aj.}$ .

#### 3.7.2 Erro padrão da estimativa

O erro padrão da estimativa indica a precisão do ajuste do modelo matemático e somente deve ser utilizado como comparador quando as variáveis dependentes apresentarem mesma unidade de medida.

O Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ) é obtido por meio da fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{QM_{res.}} \quad (2)$$

Sendo:  $S_{yx}$ = erro padrão da estimativa;  $QM_{res.}$ = quadrado médio do resíduo, obtido na análise de variância.

Assim, quanto menor for o erro padrão da estimativa, melhor serão as estimativas obtidas, o que consiste no critério de seleção.

### 3.7.3 Coeficiente de variação

O Coeficiente de Variação (CV%) é obtido pela fórmula:

$$CV\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (3)$$

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

Assim, foi selecionado o modelo matemático que apresentou o menor valor de CV%.

### 3.7.4 Valor de F

O valor de F calculado na análise de variância das equações foi utilizado como um dos parâmetros estatísticos na determinação do Valor Ponderado, para a seleção do melhor modelo matemático. O critério foi a utilização do maior valor de F.

### 3.7.5 Valor Ponderado (VP)

Esse critério de seleção do modelo levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas. Esta estatística foi utilizada com o objetivo de sintetizar os resultados, facilitando o processo de seleção do melhor modelo matemático.

O Valor Ponderado (VP) foi determinado atribuindo-se valores ou pesos às estatísticas calculadas. Nesse processo, as estatísticas serão ordenadas de acordo

com a sua eficiência, sendo atribuído peso 1 para a equação mais eficiente e pesos crescentes para os demais modelos (*ranking*).

O valor ponderado de um modelo foi obtido pela multiplicação do número de vezes quantificado para cada colocação e pelo seu respectivo peso, sendo expresso por:

$$VP = \sum_{i=1}^n Nr_i * P_i \quad (4)$$

Sendo:  $P_i$  = peso da  $i$ ésima colocação;  $Nr_i$  = números de registros que obtiveram a  $i$ ésima colocação; VP = valor ponderado da equação.

O modelo selecionado foi o que apresentou o menor valor ponderado dos escores estatísticos determinados.

### 3.7.6 Distribuição dos resíduos

Na seleção dos modelos matemáticos, considerou-se também a distribuição gráfica dos resíduos, sendo selecionado o modelo que apresentou a menor variação de resíduos, com menor tendência de superestimar ou subestimar os valores.

Para isto, os desvios foram graficamente distribuídos em um sistema de eixos ortogonais, sendo que no eixo da ordenada os desvios foram centrados em zero, e o eixo da abscissa pela variável dependente observada.

## 3.8 Análise da correlação do incremento com fatores do clima e do solo

Com a finalidade de identificar quais os fatores que influenciam ou mesmo inibem o crescimento, foi feita a análise de correlação de Pearson, dos fatores climáticos com o incremento corrente anual em diâmetro dos últimos 20 anos.

Para a investigação da influência dos fatores químicos e físicos do solo sobre o incremento periódico anual do *Podocarpus lambertii*, foi utilizado o período dos últimos 5 anos. Para isto, aceitou-se a hipótese de que neste período de tempo, não houve mudanças significativas nos teores dos elementos do solo.

### 3.9 Análise de covariância

As diversas variáveis estudadas em um povoamento podem ser agrupadas em diversos grupos. Uma das questões analisadas é a utilização de equações diferenciadas para cada agrupamento ou se uma única equação pode ser utilizada, resultando em uma satisfatória representação. A determinação entre uma ou mais equações é dada pela análise de covariância, a qual analisa as diferenças de inclinação ou de níveis entre as curvas de crescimento.

A análise de covariância utiliza conjuntamente os conceitos de análise de variância e regressão e relaciona a duas ou mais variáveis medidas, chamadas de variáveis independentes, onde não se exerceu um controle exato sobre elas (STEEL; TORRIE, 1960).

Na análise de covariância, primeiramente testou-se a diferença de inclinação nas curvas de crescimento. Se não existir evidência de diferença de inclinação, a hipótese de não diferença de níveis é testada. Se a diferença não for significativa para inclinação e níveis, uma regressão única pode ser ajustada, ignorando-se a diferença entre grupos.

Segundo Freund e Littell (1981), em uma definição prática, a análise de covariância pode ser entendida como um modelo contendo variáveis contínuas e indicadores de grupo (variáveis Class), em que o modelo mais simples é escrito como:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - x_{..}) + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

no qual se tem uma covariável independente  $x_{ij}$ , associada a um parâmetro  $\beta$ , é combinada à estrutura de tratamentos com parâmetros  $t_i$ , resultando no modelo equivalente:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \tau_i + \beta x_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Em que  $\beta_0 = (\mu - \beta x_{..})$  revela se as estimativas representam um grupo de linhas paralelas; a inclinação comum é identificada por  $\beta$ , e o intercepto por  $(\beta_0 + t_i)$ .

Regressões que diferem entre grupos de tratamentos refletem uma interação entre os grupos de tratamentos, e a variável independente ou covariável. No

(*General Linear Models* (GLM) do *Statistical Analysis System* (SAS), segundo Davis (1966), este fenômeno é especificado e analisado como uma interação, em que o fator  $X \cdot A$  produz a estatística apropriada para estimar diferentes regressões de  $Y$  em  $X$ , para diferentes valores ou classes, especificado por  $A$ . Nesta aplicação, a soma de quadrados do Tipo I fornece a informação mais útil.

A análise de covariância permite a comparação de curvas de crescimento em relação ao seu paralelismo, para indicar a existência de diferentes padrões de crescimento. A hipótese de igualdade, para inclinação e nível das curvas de crescimento, é verificada por meio do teste  $F$ , para 5% de erro.

### 3.10 Análise de regressão com variável dummy

Segundo Schneider e Schneider (2008), a variável dummy é utilizada para atribuir um valor qualitativo à variável contínua de uma equação de regressão. Esta variável tem inúmeras utilidades na área florestal.

Com a determinação do melhor equação para estimar o crescimento dos indivíduos de *Podocarpus lambertii* mediante a análise de tronco, foram criadas variáveis dummy, as quais assumiram valores de 1 a 2, de acordo com a região de ocorrência das árvores amostradas. A variável é igual a 1 caso a árvore estiver presente na região  $i$  (Campos de Cima da Serra), e igual a 2 quando a árvore estiver ausente nesta mesma região  $i$  (ou presente na Depressão Central). Assim foi possível expressar as regressões individuais ajustadas para as duas classes, iguais as duas regiões, as quais possuem  $R_i$  funções lineares múltiplas (SCHNEIDER, 2009):

$$\begin{aligned} R^1 &= \hat{Y}_1 + B_{11}X_1 + B_{12}X_2 + \dots + B_{1m}X_m \\ R^2 &= \hat{Y}_2 + B_{21}X_1 + B_{22}X_2 + \dots + B_{2m}X_m \\ R^S &= \hat{Y}_S + B_{S1}X_1 + B_{S2}X_2 + \dots + B_{Sm}X_m \end{aligned} \quad (7)$$

Com isso, tem-se a possibilidade de expressar todas as funções de regressão individuais em uma regressão linear múltipla, denominada de Regressão Máxima, apresentada a seguir:

$$R:\hat{Y} = B_{11}X_{11} + B_{12}X_{12} + \dots + B_{1m}X_{1m} + B_{21}X_{21} + B_{22}X_{22} + \dots + B_{2m}X_{2m} + \dots + B_{S1}X_{S1} + B_{S2}X_{S2} + \dots + B_{Sm}X_{Sm} \quad (8)$$

em que,

$$\begin{aligned} X_{11} &= D_1 X_1, X_{12} = D_1 X_2, \dots, X_{1m} = D_1 X_m ; \\ X_{21} &= D_2 X_1, X_{22} = D_2 X_2, \dots, X_{2m} = D_2 X_m ; \\ X_{S1} &= D_S X_1, X_{S2} = D_S X_2, \dots, X_{Sm} = D_S X_m. \end{aligned} \quad (9)$$

Sendo: Y= variável dependente;  $X_{ij}$  = variáveis independentes;  $D_1, D_2 =$  variáveis dummy, definidas pelo local.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características ecológicas e silviculturais da espécie

De acordo com Lorenzi (1998), *Podocarpus lambertii* é uma planta perenifólia, heliófita, pioneira, característica das matas de altitude. Apresenta dispersão descontínua e irregular, ocorrendo em determinados pontos em agrupamentos quase puros e faltando completamente em outros. É encontrada, principalmente, em associações secundárias, sendo menos frequente no interior da floresta primária densa. Produz, anualmente, moderada quantidade de sementes viáveis, que são disseminadas por pássaros.

Para Carvalho (2003, 2006), é uma espécie secundária tardia, esciófila a heliófila, encontrada com excelente regeneração natural em capoeirões e vegetação secundária mais evoluída ou mesmo em capões. Para Galvão (1986), é uma espécie semi heliófila tolerante a baixas temperaturas.

Apresenta ramificação simpodial (característica incomum às coníferas). Nos plantios a pleno sol, apresenta-se esgalhado, bifurcado e com brotações na base do colo. Em plantio em vegetação matricial arbórea ou em regeneração natural, apresenta crescimento monopodial, com ramificação lateral leve e espaçada entre os pseudoverticilos (CARVALHO, 2003, 2006).

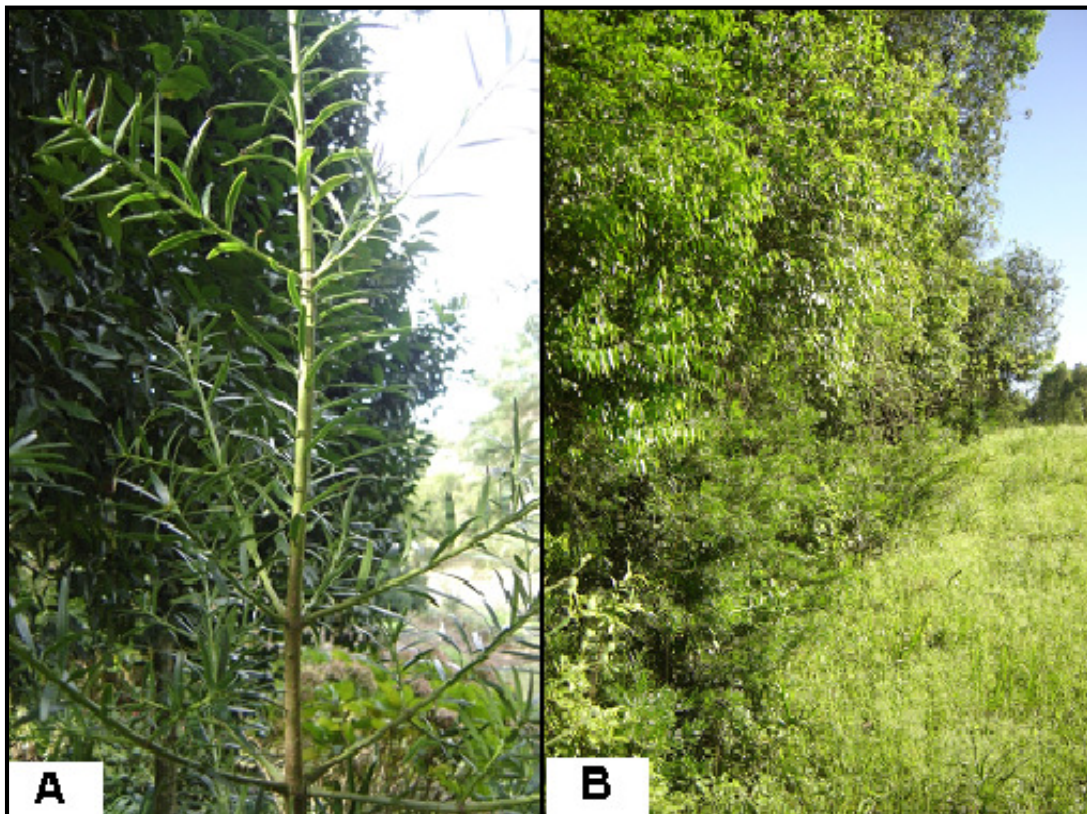
Tais características são comprovadas pelas observações de campo realizadas nas duas áreas experimentais.

O incremento anual é visualizado através dos anéis de crescimento, que, desta espécie, são pouco evidentes, sendo que os próximos à medula possuem maior largura do que aqueles localizados próximos ao câmbio vascular, fato também visualizado por Maranhão et al. (2006) e Urbinati et al. (2003).

Eckstein et al. (1980) dizem que o estudo dos anéis de crescimento nas gimnospermas é mais simples do que nas angiospermas, pois elas caracterizam-se por uma forma de crescimento relativamente simétrica, ramificação monopodial e por troncos aproximadamente cilíndricos ou cônicos, enquanto as angiospermas

frequentemente apresentam crescimento simpodial, troncos assimétricos e sapopemas. No entanto, essa tendência parece não ocorrer com o pinheiro-bravo, pois além de apresentar anéis de crescimento de difícil identificação, apresenta também regiões que parece tratar-se de falsos anéis por não apresentarem continuidade necessária para caracterizar um crescimento anual.

Na Figura 5 (A), tem-se uma muda jovem de regeneração natural, localizada em São Francisco de Paula, com crescimento monopodial, e suas ramificações laterais espaçadas. Na Figura 5 (B), visualiza-se a borda da mata em que se tem grande quantidade de regeneração natural de pinheiro-bravo, localizada em São Sepé. Nestes locais ensolarados, adquire ramificação simpodial.

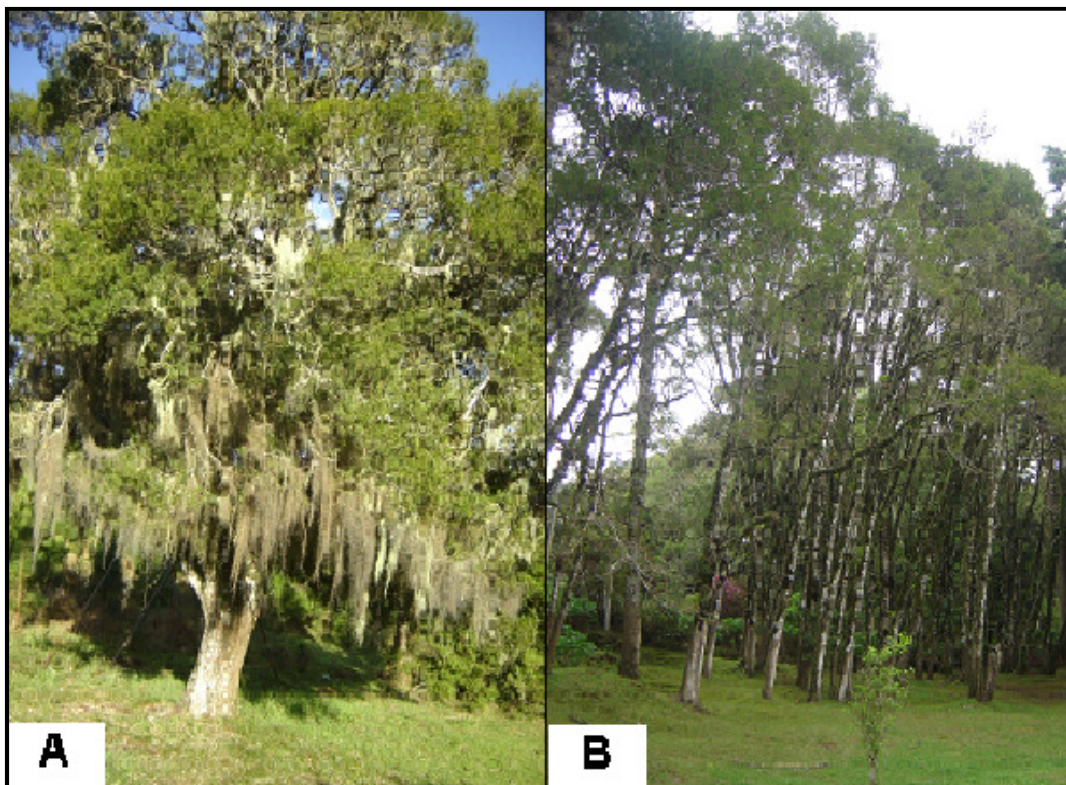


Fonte: Fotografias do autor.

Figura 5 – (A) Exemplar jovem de *Podocarpus lambertii*, em São Francisco de Paula/RS; (B) Borda da mata com regeneração natural com *Podocarpus lambertii*, em São Sepé, RS.

Na Figura 6 (A), observa-se um exemplar de *Podocarpus* que cresceu isolado na região dos Campos de Cima da Serra, apresentando fuste muito reduzido, porque logo ocorreu a formação dos galhos, que, sem nenhum manejo e também sem concorrência, acabaram compondo a copa. Esta característica é comumente encontrada tanto na região de São Francisco de Paula, RS, como em São Sepé, RS.

No entanto, frequentemente, é encontrado um grande número de indivíduos ocupando mesma área, em competição e disputando os mesmos nutrientes, porém, em muitos casos, todas as árvores desenvolvem-se bem, isso nos faz pensar que a espécie se comporta bem com uma população inicial com elevado número de indivíduos (Figura 6-B). Este pequeno povoamento apresenta características de implantação, em que seu objetivo aparente era compor um pequeno bosque com espécies nativas e exóticas que se encontram no local.



Fonte: Fotografias do autor.

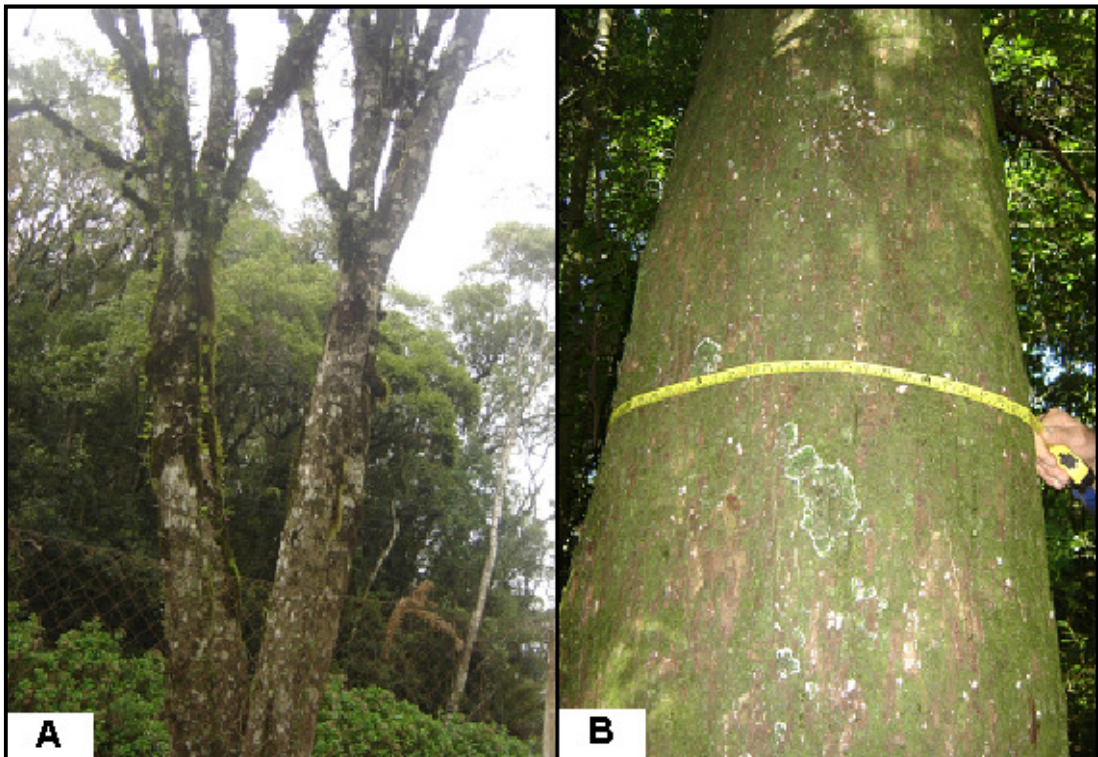
Figura 6 – (A) Exemplar de *Podocarpus lambertii*, em São Francisco de Paula, RS;(B) Grupo de árvores de *Podocarpus lambertii* plantados em São Francisco de Paula, RS.



Ocorre naturalmente em solos de fertilidade química variável, bem drenados e com textura que varia de franca a argilosa. Em plantios experimentais, tem crescido melhor em solos com propriedades físicas adequadas, como de boa fertilidade, bem drenados e com textura argilosa (CARVALHO, 2003). O autor complementa afirmando que, a desrama natural é deficiente, devendo sofrer poda frequente e periódica, que pode se feita a partir do terceiro ano (poda verde) após o plantio.

Na Figura 7 (A), tem-se um exemplo de *Podocarpus lambertii* apresentando bifurcação. Nas incursões de campo, observou-se essa característica por muitas vezes. Isso se deve ao fato de que quando a planta jovem sofre qualquer dano, surgem bifurcações.

Na Figura 7 (B), tem-se um exemplar de *Podocarpus* da Fazenda Vista Alegre, nas proximidades do município de São Sepé, que apresentou grande desenvolvimento na área, provavelmente devido ao sítio adequado para o seu desenvolvimento. Apresentou circunferência à altura do peito (CAP) de aproximadamente 220 centímetros, que corresponde ao diâmetro (DAP) de 70 centímetros.



Fonte: Fotografias do autor.

Figura 7 – (A) Exemplar adulto de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS; (B) Exemplar adulto de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

Pode suportar perfeitamente plantios que permitam uma boa disponibilidade de luz. Recomenda-se plantio misto, associado com espécie pioneira, como acácia-negra (*Acacia mearnsii*) ou bracatinga (*Mimosa scabrella*), ou plantio em vegetação matricial arbórea, com abertura de faixas, em capoeiras e feito em linhas (CARVALHO, 2006).

A Figura 8 mostra a existência de grande quantidade de regeneração natural de pinheiro-bravo na borda da floresta, em clareiras, observando-se, assim, que a espécie consegue desenvolver-se a pleno sol. Porém, para a formação de um bom fuste, deve-se na fase inicial conduzir o povoamento com um grande número de indivíduos, para forçar o crescimento em altura com poucos galhos laterais, e após abrir o dossel, através de desbastes, para que favoreça o crescimento em diâmetro



Fonte: Fotografia do autor.

Figura 8 – Borda da mata com regeneração natural com *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

Carvalho (2004) recomenda a investigação da abundância e da viabilidade do manejo da regeneração natural.

Os indivíduos coletados a campo para realização da análise de tronco completa, no presente estudo, apresentaram, de maneira geral, assimetria nos seus

anéis de crescimento. Acredita-se que, durante o crescimento, as árvores próximas à bordadura dos remanescentes inclinaram-se em busca de luz, já que se trata de espécie semi-heliófila, ou seja, necessitam de um período de luminosidade reduzida, e outra fase em que emergem e vão em busca de mais iluminação. Esta inclinação ocasiona na contração de um lado do lenho, enquanto o lado oposto sofre tração.

Carvalho (1982), avaliando algumas características silviculturais do *Podocarpus lambertii*, verificou altas taxas de sobrevivência (igual ou superior a 70% das mudas plantadas). O autor cita alguns fatores – sistema silvicultural escolhido, os cuidados de plantio, a própria manutenção posterior, bem como o comportamento silvicultural das espécies estudadas – como possíveis interferências na sobrevivência das mudas.

A mortalidade se manifestou somente até o primeiro ano, sendo a única espécie, dentre as onze estudadas pelo autor, que se comportou dessa maneira. As mudas, vindas da regeneração natural, com cerca de 0,30 m de altura, resistiram bem ao transplante para os recipientes definitivos e ao posterior plantio no campo.

Por fim, considerando que grandes áreas da região centro-sul são cobertas por florestas secundárias (capoeiras e capoeirões), em que sua recuperação deveria ser feita com espécies arbóreas de rápido crescimento, de comprovado valor madeireiro, que necessitem de abrigo temporário de árvores residuais e também por não existirem muitas informações acerca das espécies que servem para este tipo de plantio pode-se recomendar a espécie *Podocarpus lambertii*, que possui essas características, o que também é sugerido por Carvalho (1982).

#### **4.2 Crescimento em diâmetro em função de variáveis ambientais**

Para este estudo, analisou-se o crescimento em diâmetro em relação às variáveis de solo, determinadas por análise química e física e do clima, disponíveis para as regiões avaliadas.

Como um primeiro estudo que se faz buscando conhecer quais são os fatores e em que intensidade cada um deles afeta o crescimento dessa espécie, é que foram analisados os resultados dos testes estatísticos, porém, como se sabe, esses resultados interagem e, portanto, é muito difícil afirmar, isoladamente, qual é a contribuição de cada um.

Mesmo admitindo-se a dificuldade, estabeleceu-se o primeiro parâmetro. Estudos futuros poderão confirmá-lo ou não.

#### 4.2.1 Crescimento em diâmetro em função de variáveis do clima

O clima é sempre o fator primário determinante para a classificação de sítios em larga escala (SPURR; BARNES, 1980; SCHONAU, 1987). Em estudos de áreas menores, a vegetação, a fisiografia e o solo tornam-se mais importantes. Em regiões onde a vegetação nativa foi muito alterada e espécies exóticas foram introduzidas, a fisiografia e o solo assumem prioridade.

Tabela 4 – Estatística das médias, desvio padrão e limites máximos e mínimos dos fatores meteorológicos para as duas localidades.

<b>São Francisco de Paula/RS</b>					
<b>Variável</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Tmax	60	21,6	0,5	20,9	22,5
Tmin	60	12,5	0,5	11,5	13,6
Tmaxab	60	32,2	1,0	30,4	34,0
Tminab	60	-1,2	1,9	-5,2	3,6
Pp	60	1736,0	259,1	1290,0	2176,0
Rad.	60	30,5	2,1	26,8	35,1
Urel.	60	74,8	4,4	67,8	81,6
<b>São Sepé/RS</b>					
Tmax	60	24,8	0,8	23,8	26,7
Tmin	60	14,5	0,6	13,7	16,0
Tmaxab	60	38,4	1,8	31,7	40,8
Tminab	60	0,8	2,3	-2,0	7,8
Pp	60	1376,0	331,9	832,9	2050,0
Rad.	60	33,7	3,7	28,0	40,6
Urel.	60	72,2	2,9	67,1	78,0

Sendo: Tmax = temperatura média máxima em °C; Tmin = temperatura média mínima em °C; Tmaxab = temperatura máxima absoluta em °C; Tminab = temperatura mínima absoluta em °C; Pp= precipitação em mm; Rad.= radiação solar, cal/cm<sup>3</sup>; Urel = umidade relativa do ar em %.

Observa-se, na Tabela 4, os valores das médias, desvio padrão e valores mínimo e máximo das variáveis meteorológicas utilizadas na determinação da correlação de Pearson, para o incremento corrente anual em diâmetro.

Neste caso, como foi feito o estudo com 3 árvores e se analisou o incremento corrente anual em função dos dados meteorológicos dos últimos 20 anos o n da Tabela 6, tem o valor igual a 60.

Os dados médios das variáveis meteorológicas são distintos nas duas localidades estudadas. As temperaturas médias são menores em São Francisco de Paula do que em São Sepé. Porém, a precipitação e umidade relativa são maiores em São Francisco de Paula do que as obtidas em São Sepé. Essas diferenças são normais, pois São Francisco de Paula situa-se em uma região mais elevada que São Sepé, portanto, tem temperaturas menores e maior precipitação (Tabela 6). A luminosidade é um dos fatores meteorológicos que influencia o crescimento das plantas nos seguintes aspectos: qualidade e amplitude, intensidade, duração e periodicidade. A influência da temperatura e precipitação sobre a distribuição e o crescimento das florestas é demonstrada pela alta correlação existente entre estes aspectos e as classificações climáticas, como as feitas por Merriam, Köppen e Thornthwaite (SPURR; BARNES, 1980).

Na Tabela 5, apresenta-se a correlação do incremento corrente anual em diâmetro com as variáveis meteorológicas.

Tabela 5 – Correlação de Pearson e probabilidade de significância entre o Incremento Corrente Anual em diâmetro ( $ICA_{dap}$ ) e fatores meteorológicos.

Variáveis	$ICA_{dap}$ (cm/ano)	Prob.  r  para $H_0 = 0$
Tmax	-0,46651	(<,0001)
Tmin	-0,41204	(<,0001)
Tmaxab	-0,42665	(<,0001)
Tminab	-0,22556	(0,0132)
Pp	0,32376	(0,0003)
Rad.	-0,13146	(0,1524)
Urel.	0,22978	(0,0116)

Sendo:  $ICA_{dap}$  = incremento corrente anual em diâmetro em cm/ano; Tmax = temperatura média máxima em °C; Tmin= temperatura média mínima em °C; Tmaxab = temperatura máxima absoluta em °C; Tminab = temperatura mínima absoluta em °C; Pp= precipitação em mm; Rad.= radiação solar; Urel= umidade relativa do ar em %.



Observa-se correlação linear negativa entre o incremento corrente anual em diâmetro ( $ICA_{dap}$ ) com a temperatura máxima. A significância está comprovada na Tabela 5.

Na Figura 9, esses dados foram reunidos em uma matriz de correlação.

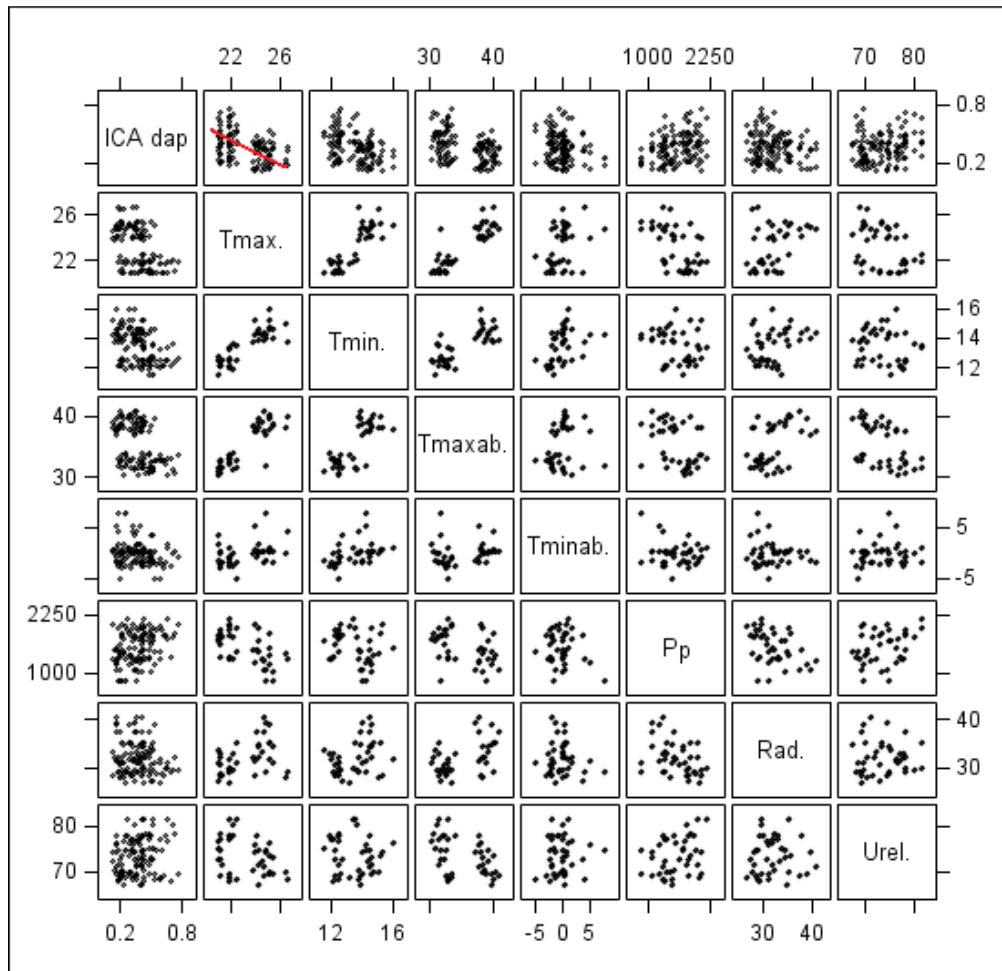


Figura 9 – Matriz de correlação entre o incremento corrente anual em diâmetro ( $ICA_{dap}$ ) e variáveis de clima de *Podocarpus lambertii*.

Algumas variáveis meteorológicas analisadas neste estudo apresentaram correlação positiva, enquanto outras apresentaram correlação negativa com o incremento corrente anual em diâmetro, com um determinado nível de significância, com exceção da radiação.

O incremento corrente anual em diâmetro em relação à precipitação apresentou correlação positiva de 0,32376 e significativa (prob.= 0,0003). Com a

umidade relativa de 0,22978, também apresentou correlação significativa (prob.= 0,0116). Isto indica que o aumento da precipitação e umidade relativa proporciona um acréscimo no crescimento das plantas. Também ocorreram correlações negativas significativas, como a temperatura máxima igual -0,46651 (prob.<0,0001), temperatura mínima de -0,41204 (prob.<0,0001), a temperatura máxima absoluta de -0,42665 (prob.<0,0001), temperatura mínima absoluta de -0,22556 (prob.=0,0132), indicando que o aumento dessas variáveis representa uma tendência de restrição ao crescimento das plantas.

Ao se modelar a equação do incremento corrente anual em diâmetro, observa-se que todas as variáveis meteorológicas interferem no crescimento, porém algumas agem de forma mais significativa do que outras, que apresentam menor importância. Disso, conclui-se que, na natureza, sempre existe uma inter-relação na ocorrência quantitativa dessas variáveis, o que pode produzir tanto efeitos favoráveis ao crescimento, como, em outras circunstâncias, nem tanto. Essas relações e interpretações têm conformidade com o que foi afirmado por Spurr e Barnes (1980).

Segundo Oliver e Larson (1996), parece não haver uma condição climática ótima para todas as espécies em razão do clima integrar várias influências ambientais sobre a planta. Assim, seria esperado que qualquer índice climático ou ambiental mostrasse uma alta correlação com as medidas de crescimento somente para materiais genéticos relativamente homogêneos, como uma única espécie ou grupo de espécies, pois diferentes espécies podem diferir largamente em sua taxa de crescimento em um mesmo sítio (SPURR; BARNES, 1980).

#### 4.2.1.1 Modelagem do crescimento em diâmetro em função de variáveis meteorológicas.

O modelo do incremento corrente anual em diâmetro permitiu avaliar a significância de cada variável meteorológica sobre seu desenvolvimento mediante a equação múltipla ajustada, conforme modelo abaixo, que conseguiu explicar 25% ( $R^2 = 0,25$ ) do ajuste do incremento corrente anual em diâmetro da espécie:

$$\begin{aligned} \text{ICA}_{\text{dap}} = & 0,74798 - 0,00072.T_{\text{max}} - 0,03169.T_{\text{min}} - 0,00849.T_{\text{maxab}} \\ & + 0,000102.Precip. \end{aligned} \quad (10)$$

Sendo:  $ICA_{dap}$  = incremento corrente anual em diâmetro;  $T_{max}$  = média anual das temperaturas máximas em °C;  $T_{min}$  = média anual das temperaturas mínimas em °C;  $T_{maxab}$  = temperatura máxima absoluta em °C;  $Precip$  = precipitação média anual em mm.

#### 4.2.2 Crescimento em diâmetro em função de variáveis edáficas

Muitos são os fatores que afetam o crescimento de árvores, como o excesso ou deficiência de umidade, adaptação genética da espécie, aeração inadequada do solo, ataque de insetos, patógenos e nutrição do solo. Os efeitos dos fatores ambientais sobre o crescimento dos povoamentos florestais agem inter-relacionados e, raramente, podem ser analisados isoladamente. Um dos fatores mais importantes no crescimento das árvores é a disponibilidade dos elementos essenciais, em que sua falta reduz drasticamente o ritmo de crescimento (SIMÕES, 1972).

Por outro lado, Braga (1997) diz que as características fisiográficas do ambiente são mais determinantes da produtividade do que as da fertilidade do solo, ou seja, quando uma unidade amostral ocupa uma posição adequada em termos de exposição, posição na toposequência, declividade etc., a fertilidade do solo tem efeito pouco expressivo. Entretanto, ao sair daquelas situações fisiográficas ideais, a fertilidade do solo passa a ser importante na definição da capacidade produtiva. Sob condição fisiográfica ótima, a exigência quanto à fertilidade do solo é mínima, mas à medida que a condição fisiográfica afasta-se do ideal, a exigência de fertilidade aumenta.

Na Tabela 6, observam-se os valores das médias, desvio padrão e valores mínimo e máximo das variáveis de solo utilizadas na determinação da correlação de Pearson do incremento periódico anual em diâmetro em função das variáveis do solo, conforme pode-se observar na Tabela 7 e a Figura 10, que representam a tendência da correlação.

De mesma forma, o estudo foi feito com 3 árvores e se analisou o incremento periódico anual dos últimos 5 anos o  $n$  da Tabela 8, tem o valor igual a 15.

Tabela 6 – Estatística das médias, desvio padrão e limites máximos e mínimos dos fatores de solo para as duas localidades.

<b>São Francisco de Paula/RS</b>					
<b>Variável</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
P	15	3,5	2,4	1,5	6,8
K	15	96,0	32,2	72,0	140,0
Ca	15	8,6	4,9	2,3	13,6
Mg	15	3,5	1,6	1,5	5,3
Al	15	0,5	0,7	0,0	1,4
Ph	15	5,7	0,5	5,0	6,1
MO	15	4,6	1,1	3,5	6,0
Cu	15	1,4	1,4	0,3	3,3
Zn	15	3,6	1,6	1,9	5,7
S	15	7,2	1,0	6,1	8,4
B	15	0,4	0,1	0,3	0,5
SATBASE	15	70,0	26,6	34,0	92,0
AREIA	15	29,8	1,1	28,8	31,3
SILTE	15	41,5	6,4	35,9	50,1
ARGILA	15	28,7	5,9	21,1	34,9
<b>São Sepé/RS</b>					
P	15	11,9	4,6	7,6	18,0
K	15	88,0	23,7	68,0	120,0
Ca	15	0,1	0,0	0,1	0,2
Mg	15	0,4	0,1	0,3	0,6
Al	15	7,5	2,1	5,1	10,1
Ph	15	4,3	0,1	4,2	4,4
MO	15	9,5	1,0	8,2	10,3
Cu	15	0,9	0,1	0,8	1,0
Zn	15	1,8	0,2	1,6	2,1
S	15	11,2	1,1	9,7	11,9
B	15	0,6	0,1	0,4	0,7
SATBASE	15	5,3	2,7	3,0	9,0
AREIA	15	12,0	6,6	3,8	19,3
SILTE	15	62,9	2,6	60,2	66,3
ARGILA	15	25,0	4,0	20,4	29,9

Sendo: P = fósforo; K = potássio, Ca = cálcio; Mg= magnésio; Al = alumínio; Ph = potencial de hidrogênio no solo; MO = matéria orgânica do solo; Cu = cobre; Zn = zinco; S = enxofre; B = boro; SATBASE = saturação de bases; AREIA = Teor de areia; SILTE = Teor de silte; ARGILA = Teor de argila.

Tabela 7 – Correlação de Pearson e probabilidade de significância entre o Incremento Periódico Anual em diâmetro ( $IPA_{dap}$ ) e fatores do solo

Variáveis	$IPA_{dap}$	Prob. $ r $ para $H_0 = 0$
P	-0,13655	(0,4718)
K	0,46052	(0,0104)
Ca	0,63861	(0,0001)
Mg	0,62678	(0,0002)
Al	-0,37061	(0,0438)
Ph	0,55094	(0,0016)
MO	-0,21516	(0,2535)
Cu	-0,43925	(0,0152)
Zn	0,65924	(<,0001)
S	-0,33392	(0,0713)
B	-0,17087	(0,3666)
SATBASE	0,59600	(0,0005)
AREIA	0,49112	(0,0059)
SILTE	-0,28673	(0,1245)
ARGILA	-0,29635	(0,1118)

Sendo: P = fósforo, K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; Ph = potencial de hidrogênio no solo; MO = matéria orgânica do solo; Cu = cobre; Zn = zinco; S = enxofre; B = boro; SATBASE = saturação de bases; AREIA = Teor de areia; SILTE = Teor de silte; ARGILA = Teor de argila.

Ao analisar-se o resultado da Tabela 7, percebe-se que alguns elementos químicos têm alto índice de significância com o incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_{dap}$ ) e outros aparentemente não.

Também se observa na Tabela 7, que alguns elementos químicos do solo apresentam correlação positiva e outros negativa com o incremento periódico anual em diâmetro, indicando que sua disponibilidade é mais ou menos importante para o crescimento das plantas ou, em outro caso, o seu excesso pode inibir esse

crescimento, por se tornarem limitantes ou em casos tóxicos. Além disso, muitos desses fatores agem inter-relacionados e, raramente, podem ser tomados isoladamente.

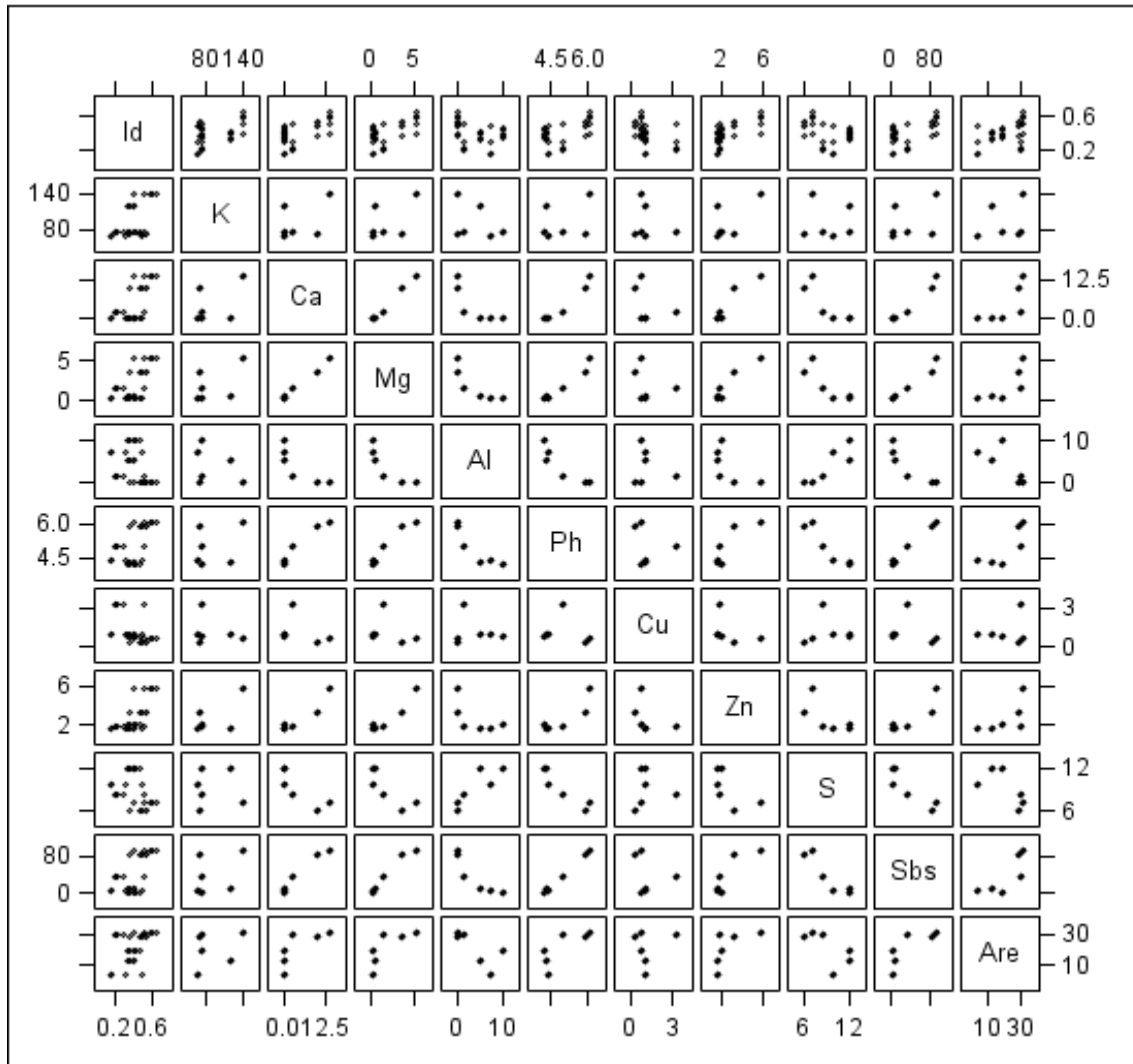


Figura 10 – Matriz de correlação entre o incremento periódico anual em diâmetro ( $IPA_{dap}$ ) e variáveis de solo do *Podocarpus lambertii*.

O fósforo tem grande importância no crescimento, por ser o elemento responsável pela transferência de energia na síntese de substâncias orgânicas. O teor de fósforo nos solos das duas localidades estudadas, com presença do *Podocarpus lambertii*, foi distinto. Em São Francisco de Paula, o teor médio deste elemento químico foi igual a 3,5 meq/100g de solo e, em São Sepé, 11,9 meq/100g de solo. Por outro lado, o crescimento em diâmetro foi inversamente proporcional a estes valores encontrados.

A correlação de Pearson entre o incremento periódico anual em diâmetro e o teor de fósforo resultou em -0,13655 (prob.=0,4718), não-significativo. Como este valor é não-significativo, pode-se atribuir que o incremento periódico anual em diâmetro mantém-se aproximadamente constante, com um leve decréscimo, à medida que ocorre variação do teor do elemento P no solo. Este resultado talvez possa ser explicado quando associado à pluviosidade que ocorre nas duas localidades, onde em São Francisco de Paula chove mais que em São Sepé, o que produz maior lixiviação desse elemento. Sobre isso, Barros e Novais (1990) encontraram, para eucalipto, uma pequena resposta de crescimento à adição de fósforo no solo, em regiões de baixa pluviosidade; no entanto, em regiões de maior pluviosidade, a resposta do crescimento é muito maior.

O potássio é um elemento que produz influência positiva no crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii*, pois apresenta uma correlação de Pearson igual a 0,46052, altamente significativa (prob.=0,0104). Isso significa que o aumento do teor de potássio no solo provoca um aumento no crescimento em diâmetro das plantas. Porém, deve-se considerar que o potássio é um elemento de elevada lixiviação nos solos altamente intemperizados e profundos, não se acumulando de maneira significativa nos solos. Além disso, segundo Primavesi (2002), o potássio é responsável pela resistência do vegetal ao frio, seca e doenças e apresenta-se em quantidade suficiente para o cultivo na maioria dos solos brasileiros.

O cálcio é um elemento que tem uma grande importância no crescimento e funcionamento das raízes, além de necessário para formação das folhas das plantas. Então, a necessidade de correção do solo com calcário é comparada com a tolerância da planta ao alumínio trocável e na sua exigência por cálcio e magnésio em níveis e relações satisfatórias. Além disso, age na eliminação dos excessos de manganês e/ou ferro solúvel no solo, que podem tornar-se tóxicos para algumas plantas.

No presente estudo, o incremento periódico anual em diâmetro em relação ao teor de cálcio nos solos das duas localidades resultou uma correlação de Pearson igual a 0,63861, altamente significativa (prob.=0,0001). Isso indica que o crescimento diamétrico do *Podocarpus lambertii* responde de forma diretamente proporcional ao aumento do teor de Ca no solo. Em São Francisco de Paula, o teor médio de Ca no solo foi igual a 8,6 meq/100g, contra 0,1 meq/100g em São Sepé. Estes resultados obtidos não se alinham com os encontrados para eucaliptos por

Novais et al. (1980), que indicaram pouca probabilidade de resposta à calagem, quando os níveis de Ca e Mg somarem cerca de 0,25 meq/100g de solo, porém, quando inferior a este valor, o resultado era positivo.

Esses mesmos resultados foram obtidos para o elemento químico Mg, que apresenta uma correlação de Pearson para crescimento em diâmetro igual a 0,62678, altamente significativa (prob.=0,0002), demonstrando, igualmente ao Ca, ser importante no crescimento do *Podocarpus lambertii*.

A razão entre Ca/Mg trocáveis para São Francisco de Paula é igual a (2,5:1) e para São Sepé (0,25:1), ou seja, menos Ca e mais Mg. Sobre isso, Novais et al. (1980) dizem que, para o *Eucalyptus grandis*, a relação ótima está em torno de (4:1), aludindo que se poderia usar esta razão para outras espécies.

Esta razão Ca:Mg de São Francisco de Paula em relação a São Sepé é determinante para entender por que o crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula é superior ao de São Sepé.

O crescimento em diâmetro, quando relacionado com o Al, apresentou uma correlação de -0,37061, não-significativa (prob.=0,0438). Embora a correlação tenha sido não-significativa, percebe-se, pelo valor negativo, que a espécie tende a diminuir a taxa de crescimento com o aumento do teor de Al no solo, indicando que esta espécie não apresenta tolerância a níveis elevados de Al no solo.

Os teores médios de Al encontrados nos solos de São Francisco de Paula (0,5 meq/100g de solo) são inferiores aos encontrados em São Sepé (7,5 meq/100g de solo), o que produz a diferença no crescimento em diâmetro, pois este é inverso ao teor de Al do solo, cujo crescimento, em São Francisco de Paula, é maior que o verificado em São Sepé. Essa comprovação vem ao encontro do que foi verificado por Mossor-Pietraszewska (2001), que atestou ser a toxicidade das plantas ao alumínio um dos principais fatores que limitam o crescimento delas em solos ácidos.

O maior crescimento em diâmetro verificado em São Francisco de Paula pode ser explicado pela menor concentração de Al no solo. Este fato foi evidenciado por Mullette, Nola e Elliott (1974), ao relatarem que as baixas concentrações de Al podem ser benéficas devido às pequenas concentrações de alumínio solúvel, as quais podem estimular o consumo de fósforo em raízes e partes aéreas das espécies tolerantes.

O pH médio dos solos de São Francisco de Paula foi igual a 5,7; e o de São Sepé, igual a 4,3, mais ácidos do que os de São Francisco de Paula. Isso está



diretamente relacionado aos teores de Ca e Mg no solo, que são mais elevados na localidade de São Francisco de Paula. Assim, como o Ca e Mg, o pH apresentou uma correlação de Pearson positiva em relação ao crescimento igual a 0,55094, altamente significativa (prob.=0,0016). Isso indica que o *Podocarpus lambertii* apresenta limitação de crescimento em solos de maior acidez, necessitando, portanto, de uma boa relação Ca:Mg trocáveis no solo, como ocorre na localidade de São Francisco de Paula.

Ainda sobre isto, Rheinheimer et al. (2000) dizem que o decréscimo do pH no solo pode tornar-se limitante à produção vegetal, em função da toxidez de alumínio e/ou manganês e do desequilíbrio na disponibilidade de nutrientes às plantas.

O teor de matéria orgânica no solo apresentou correlação não-significativa com o crescimento em diâmetro igual a -0,21516 (prob.=0,2535), o que pode ser atribuído a efeito aleatório. Embora se tenha obtido um valor de correlação negativa, ela é muito pequena, indicando que o crescimento em diâmetro processa-se numa média, independentemente da variação do teor de matéria orgânica. No entanto, é importante destacar que este resultado não permite uma conclusão plena desta relação, necessitando mais observações, porque esta ocorrência pode ser atribuída ao efeito de sazonalidade, devido à época da coleta dos dados, com grande variação de deposição de serrapilheira de uma região em relação a outra.

Um adequado fornecimento de micronutrientes (ferro, manganês, zinco, boro, cobre, molibdênio e cloro) às plantas constitui fator de maior relevância para que ocorra um adequado aproveitamento dos macronutrientes, para se obter sucesso e eficácia no crescimento das plantas.

Os teores de boro diferem muito do encontrado na literatura, tanto para teores ótimos de 32 mg/g de massa seca (HERBERT; SCHÖNAU, 1989), como para teores de deficiência de 12 mg/g de massa seca (ROCHA FILHO; HAAG; OLIVEIRA, 1979). Os teores observados mantêm uma correlação negativa com o crescimento das árvores, relação esta interpretada como casual e sem significado fisiológico. Os resultados mostram um efeito de diluição desses elementos no crescimento das árvores.

O teor de cobre nos solos em relação ao crescimento em diâmetro apresentou uma correlação de -0,43925, significativa (prob.=0,0152), indicando que, quanto menor o teor deste elemento, melhor é o crescimento do *Podocarpus lambertii*.

O elemento zinco apresentou uma correlação de 0,65924, altamente significativa (prob.=0,0001), com o crescimento em diâmetro indicando ser um elemento importante no crescimento do *Podocarpus lambertii*.

Porém, deve-se considerar que, segundo Lindsay (1972), a disponibilidade do Zn na estação seca é relativo à baixa disponibilidade de água nessa época. Por outro lado, a solubilidade do Zn no solo é dependente do pH, na elevação de uma unidade de pH há a diminuição da solubilidade deste elemento em cerca de 100 vezes.

Os micronutrientes enxofre e boro apresentaram uma correlação negativa, não-significativa, com o crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii*. No entanto, não se tem elementos suficientes para interpretar corretamente a influência desses elementos sobre o crescimento do *Podocarpus lambertii*, porque inexistem pesquisas conclusivas sobre o efeito do enxofre e boro no crescimento de espécies florestais.

A saturação de bases e teor de areia no solo produziram uma correlação altamente significativa com o crescimento em diâmetro, indicando que o aumento desses elementos no solo produz efeito positivo no crescimento do *Podocarpus lambertii*.

Por outro lado, o teor de silte e argila no solo produziram uma correlação negativa, não-significativa em relação ao crescimento em diâmetro, indicando que o *Podocarpus lambertii* desenvolveu-se melhor em solos com menor teor destes elementos.

#### 4.2.2.1 Modelagem do crescimento em diâmetro em função de variáveis de solo

Mediante a equação ajustada, conforme expressão abaixo e algumas alternativas de diferentes modelos lineares, ajustado com as variáveis de maior correlação simples foi possível avaliar qual variável do solo contribuiu para explicar a variação do incremento periódico anual em diâmetro dos últimos cinco anos.

$$IPA_{dap} = 0.48692 + 0.0007215 k + 0.03307.Cu + 0.06468.Zn - 0.01394.Argila \quad (11)$$

Esta equação é a que melhor explica a variação no incremento periódico anual em diâmetro, a qual incluiu apenas quatro elementos químicos do solo. Entretanto, ao avaliar a correlação linear o comportamento é diferente (Tabela 9).

As variáveis do solo conseguem explicar até 58% ( $R^2 = 0,58$ ) do ajuste do incremento periódico anual em diâmetro desta espécie.

### **4.3 Crescimento de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS**

No passado muitos autores estudaram o crescimento, porém atualmente dispõem-se de muitos modelos matemáticos que descrevem de maneira eficaz o comportamento de inúmeras espécies, com ênfase nas comercialmente mais utilizadas.

No caso do *Podocarpus lambertii*, sendo o primeiro estudo, buscou-se identificar entre os modelos aquele que permite uma resposta satisfatória, para expressar o crescimento em diâmetro, altura e volume, tendo como variável dependente a idade.

#### **4.3.1 Crescimento em diâmetro em função da idade**

As análises dos dados de crescimento em diâmetro permitiram o ajuste dos modelos (Tabela 1) e a determinação da precisão estatística de cada equação testada. Os coeficientes estimados e os parâmetros estatísticos foram determinados por meio das equações, ajustadas para posterior comparação. Os valores estimados estão apresentados na Tabela 8.

Analisando-se os valores apresentados na Tabela 8, nota-se que, no geral, as equações apresentaram valores de coeficiente de determinação ajustado entre 0,431 a 0,906, e coeficientes de variação entre 12,1 e 35,2%, variando com o modelo testado. Os valores de coeficiente de determinação discrepantes indicam que algumas equações têm maior capacidade de explicar variação total que outras, porém seu uso isolado pode gerar erros, já que a inclusão de uma única variável pode aumentar seu valor, favorecendo sua escolha.

Ao analisar-se as equações por meio dos parâmetros estatísticos, destacam-se: a equação de número 9, definida pelo modelo de crescimento de Mitscherlich-Sonntag, que apresentou o terceiro maior valor de coeficiente de determinação

ajustado de 0,857, e o coeficiente de variação de 18,1%; o modelo de Chapman-Richards, representado pela equação 7, com coeficiente de determinação ajustado de 0,861 e coeficiente de variação de 12,1%; e o modelo de Backman modificado correspondente à equação 3, que apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado de 0,906 e coeficiente de variação de 33,7%. A escolha da equação pelo coeficiente de determinação ajustado mais elevado resulta no modelo de Backman modificado (equação 3); no entanto, esta equação apresentou coeficiente de variação elevado. Devido a isso, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), para confirmar a seleção. Esse método visa a sistematizar os resultados, auxiliando na seleção da equação que melhor descreve o crescimento do diâmetro em função da idade, conforme é mostrado na Tabela 9. A equação selecionada é a que apresenta o menor VP.

Tabela 8 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	0,6248	0,0446	-	-	0,431	35,2	101,89
2	-3,8145	2,5286	-0,2223	-	0,507	32,7	69,38
3	-	-0,02259	0,18748	-	0,906	33,7	650,85
4	0,23999	-8,96497	0,6668	-	0,513	32,5	71,15
5	-1,0219	0,2325	-0,0056	0,000049	0,483	33,5	42,54
6	-2,1678	1,3004	-8,13E-5	-	0,499	33,0	67,38
7	30,1925	0,0207	1,3559	-	0,861	12,1	415,34
8	4,0153	-0,0287	-	-	0,848	16,2	276,43
9	0,4088	0,0100	0,9466	-	0,857	18,1	375,44

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub>= coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>= coeficientes.

O método do Valor Ponderado levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas, determinando, assim, a equação de número 7, correspondente ao modelo de Chapman-Richards, como a mais adequada para determinar o crescimento em diâmetro de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, com o menor valor ponderado igual a 5.

Isso ocorreu porque a diferença entre os valores de coeficiente de determinação ajustado entre o modelo de número 7 e o 3, que apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado, foi de apenas 0,045. No entanto, a diferença entre os coeficientes de variação dos modelos foi de 21,6%.

Tabela 9 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	9	9	5	23
2	6	5	6	17
3	1	8	1	10
4	5	4	8	17
5	8	7	9	24
6	7	6	7	20
7	2	1	2	5
8	4	2	4	10
9	3	3	3	9

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

A equação 7 apresentou o menor valor ponderado, igual a 5 pontos. Após o ajuste da equação, foi possível estimar o crescimento médio em diâmetro em função da idade.

Com a equação de Chapman-Richards, determinou-se, graficamente, o crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* (Figura 11), na qual se observa o padrão do crescimento médio do diâmetro no tempo. O diâmetro aumenta lentamente no início, depois rapidamente e, após, a taxa de crescimento vai diminuindo, obedecendo à tendência do padrão de crescimento com forma sigmoideal. No entanto, não houve ponto de culminio do crescimento em diâmetro, indicando que as árvores não alcançaram a fase da assíntota, isto é, a espécie ainda continua crescendo em diâmetro até a idade de 60 anos.

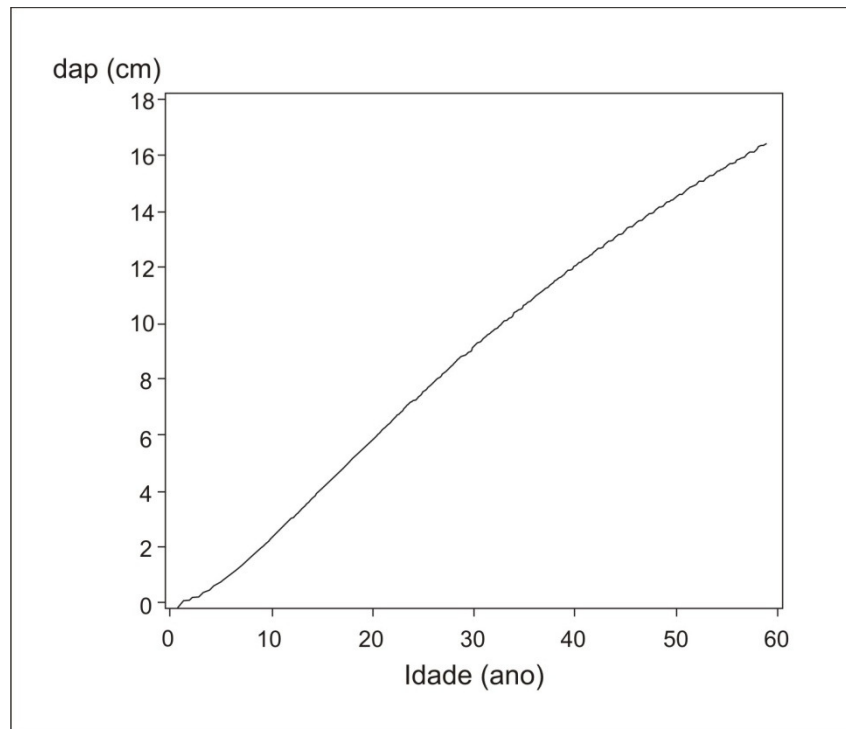


Figura 11 – Crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Com objetivo de completar a análise do crescimento, foram calculados o diâmetro estimado, incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) em diâmetro para a espécie, apresentados no Apêndice 1.

O fato de iniciar o diâmetro aos quatro anos é decorrente de que a árvore somente alcançou 1,3 metros de altura nessa idade e, portanto, passível de medição.

#### 4.3.1.1 Assíntota do crescimento em diâmetro

Para modelar o comportamento do crescimento em diâmetro até alcançar a idade em que apresenta a assíntota, ajustou-se o crescimento da árvore de maior idade. Desta forma obteve-se o desenvolvimento do crescimento em diâmetro, demonstrado na Figura 12.

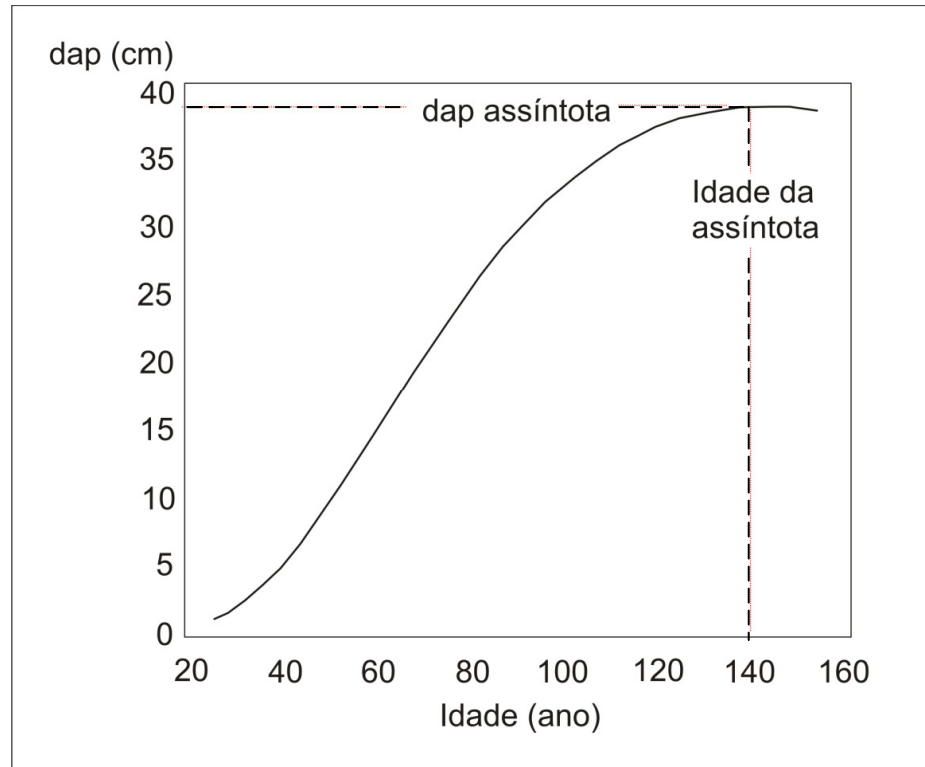


Figura 12 – Assíntota do crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Desta forma, obteve-se um diâmetro máximo de 38,8 cm na idade de assíntota aos 140 anos, estimados após o cálculo da primeira derivada da equação de crescimento de Backmann, conforme pode ser observado:

$$ta = \left[ \frac{\hat{b}_1}{t} \right] - \left[ \frac{\hat{b}_2 \times \ln(t)}{t} \right] \quad (12)$$

$$\therefore \left[ \frac{12,6097}{t} \right] - \left[ 2,5420 \times \frac{\ln(t)}{t} \right] \quad (13)$$

Sendo:  $t_a$  = momento da ocorrência da assíntota,  $\hat{b}_1$ ,  $\hat{b}_2$  = coeficientes da regressão; ln = logaritmo natural; t = idade (ano).

#### 4.3.2 Crescimento em altura em função da idade

Visando à análise do crescimento em altura relacionado com a idade dos indivíduos, foram ajustados os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1. As análises resultaram na determinação dos coeficientes e critérios estatísticos apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento da altura em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	1,00769	0,0180			0,330	36,2	12,67
2	-1,52825	1,68245	-0,21377		0,221	49,53	18,6
3		0,6229	-0,03925		0,790	52,8	59,88
4	0,64237	-2,0057	0,3204		0,181	52,5	16,06
5	-0,4813	0,1877	-0,0047	3,73E-7	0,194	52,1	11,93
6	-1,0684	0,9502	-0,00037		0,215	51,4	19,63
7	8,1110	0,1267	2,4743		0,746	25,7	191,21
8	4,3294	-0,0138			0,441	36,4	177,98
9	1,6049	0,0100	0,4281		0,668	41,2	130,93

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

Analisando-se os resultados da Tabela 10, observa-se uma mesma tendência obtida na análise do crescimento diamétrico em função da idade. Novamente as equações testadas apresentaram coeficiente de determinação ajustado com valores bastante variáveis, entre 0,181 e 0,790, indicando grande variação entre a capacidade de cada equação em descrever o crescimento das árvores.

Os modelos de maior destaque foram: o modelo de Backman modificado (equação 3), que apresentou coeficiente de determinação ajustado de 0,790 e valor de coeficiente de variação de 52,8%; o modelo Chapman-Richards (equação 7), com coeficiente de determinação ajustado de 0,746 e o modelo de Mitscherlich-Sonntag (equação 9), com coeficiente de determinação ajustado de 0,668, com valores de coeficiente de variação elevados de 25,7 e 41,2%, respectivamente.

De acordo com o critério do maior valor do coeficiente de determinação ajustado, o melhor modelo de crescimento em altura é a equação 3, porém seu valor de coeficiente de variação ainda é elevado. Assim, a determinação do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos foi realizado para auxiliar na seleção da melhor equação, conforme demonstra a Tabela 11.



Tabela 11 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	5	2	8	15
2	6	5	6	17
3	1	9	4	14
4	9	8	7	24
5	8	7	9	24
6	7	6	5	18
7	2	1	1	4
8	4	3	2	9
9	3	4	3	10

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

Por meio do critério do VP, detectou-se que a equação 7, definida pelo modelo de Chapman-Richards, a qual foi confirmada como a melhor, pois apresentou menor Valor Ponderado, igual a 4. Com esta equação, foram determinados os valores estimados, que, subtraídos dos valores observados, apresentaram uma boa distribuição dos resíduos.

O crescimento médio em altura em função da idade específica, para a região dos Campos de Cima da Serra, foi estimado por meio da equação escolhida, representado pelo modelo de Chapman-Richards (equação 7), estando representado na Figura 13. Observa-se o padrão sigmoidal do crescimento em altura, o qual aumenta lentamente no início, depois rapidamente e, logo a seguir, a taxa de crescimento vai diminuindo. No atual estágio, demonstra estar estagnado.

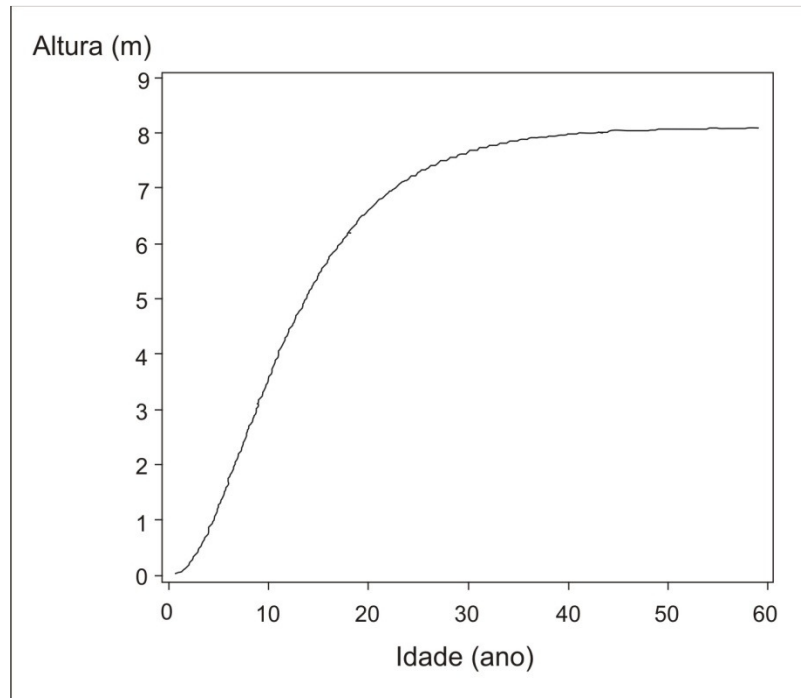


Figura 13 – Crescimento em altura em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Padrão semelhante foi encontrado por Hess (2006) quando estudou o crescimento em altura em função da idade de *Araucaria angustifolia* no município de Passo Fundo, RS, na região fitogeográfica do Planalto Médio.

Como complementos da análise de crescimento, foram calculados as alturas estimadas bem como o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente (ICA) para as árvores analisadas, apresentados no Apêndice 2.

#### 4.3.3 Crescimento em volume em função da idade

O estudo de crescimento do volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula foi realizado por meio do ajuste dos modelos matemáticos apresentados na Tabela 1. A capacidade produtiva do *P. lambertii* baseia-se no incremento do volume em função do tempo. Para tal determinação, lançou-se mão dos dados de volume por idade da análise de tronco completa, os quais foram ajustados nos modelos, gerando, assim, os parâmetros apresentados na Tabela 12.

Houve grande variação entre os valores de coeficiente de determinação ajustado para as equações de volume testadas. Os valores do coeficiente de determinação ajustado variaram de 0,431 a 0,799, assim como os valores de coeficientes de variação, que variaram de 12,6 a 35,2%.

As equações de maior destaque, tomando como referência esses parâmetros estatísticos, foram as de número 7 e 9, definidas, respectivamente, pelos modelos de Chapman-Richards e Mitscherlich-Sonntag. O modelo de Chapman-Richards apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado, igual a 0,799, e o menor coeficiente de variação, de 12,6%. O modelo Mitscherlich-Sonntag apresentou coeficiente de determinação de 0,692 e CV de 16,5%.

Tabela 12 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>Aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	-6,7592	0,0877			0,502	32,7	136,49
2	-12,812	3,266	-0,1725		0,583	29,9	94,95
3		-5,4542	1,2458		0,497	35,2	92,13
4	-10,308	-4,1869	1,9777		0,583	29,9	94,83
5	-9,2808	0,3513	-0,0069	5,1E-5	0,568	30,4	59,87
6	-11,8860	2,4527	-0,00015		0,583	29,9	94,76
7	0,1480	0,0935	22,2789		0,799	12,6	568,09
8	1,30079	0,0087			0,431	32,3	72,43
9	0,1893	0,0100	0,3808		0,692	16,5	333,44

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

O valor ponderado foi utilizado para auxiliar na escolha da melhor equação de crescimento em volume, confirmando a determinação feita pelos parâmetros estatísticos, conforme é apresentado na Tabela 13.

Pelo critério do VP, a equação 7, definida pelo modelo de Chapman-Richards, foi a mais adequada, pois apresentou o menor valor ponderado, igual a 3 pontos, confirmando a determinação pelos parâmetros estatísticos.

Por meio da equação de Chapman-Richards, estimaram-se os valores do volume; e, pela diferença entre valores estimados e observados, verificou-se que a equação apresenta uma boa distribuição dos resíduos.

Tabela 13 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	5	6	3	14
2	3	3	4	10
3	6	7	7	20
4	3	3	5	11
5	4	4	9	17
6	3	3	6	12
7	1	1	1	3
8	7	5	8	20
9	2	2	2	6

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

A Figura 14 mostra um crescimento visivelmente lento no início, com um aumento exponencial que dura até a idade máxima de 60 anos, com uma leve formação de assíntota, a qual indica a maturidade e o limite superior do crescimento, quando não ocorre nenhum crescimento significativo. Este padrão coincide com o típico padrão de crescimento das árvores, as quais apresentam curva sigmoideal. Até o momento não há ponto de culminio do crescimento em volume, indicando que as árvores não alcançaram a fase da assíntota plena, isto é, a espécie ainda continua crescendo em volume com certa vitalidade.

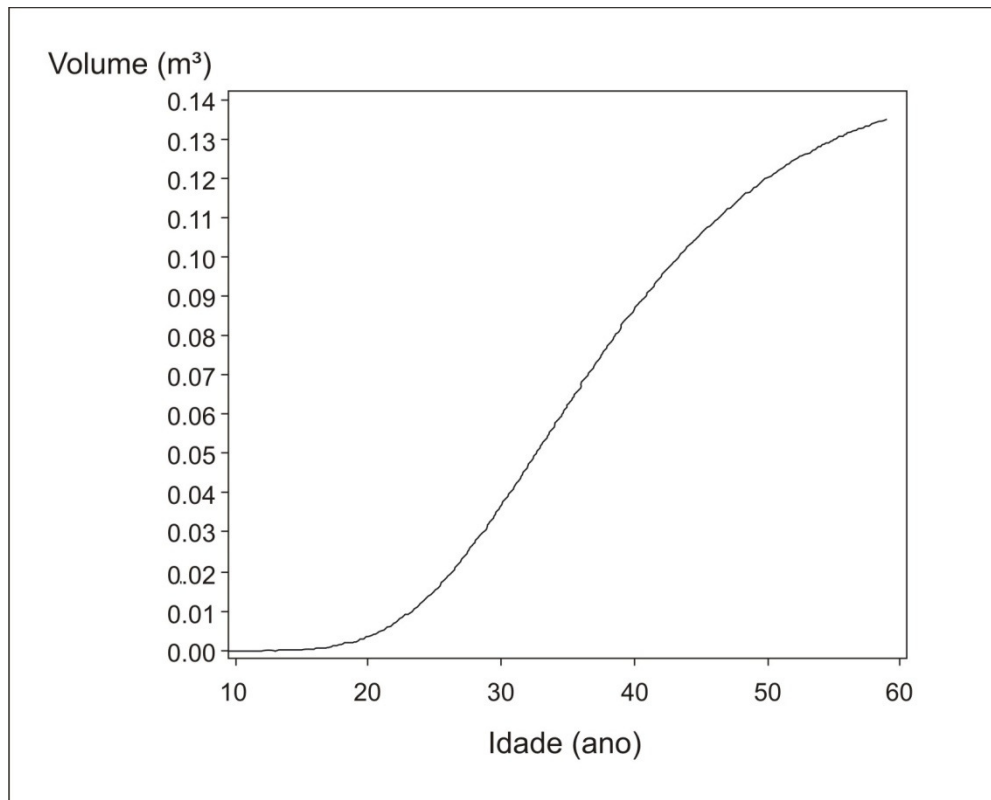


Figura 14 – Crescimento em volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

A fim de completar a análise de crescimento, calcularam-se o incremento médio anual em volume sem casca (IMA) e o incremento corrente anual sem casca (ICA) para a espécie, apresentados no Apêndice 3.

#### 4.3.4 Relação do volume em função do diâmetro e altura

O estudo da relação do volume sem casca em função do diâmetro e da altura foi realizado por meio do ajuste das equações da Tabela 2, com os dados obtidos pela análise de tronco completa. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 14.

De modo geral, os resultados mostram que as equações de volume testadas apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,933 e coeficientes de variação entre 12,9 a 28,1%.

Os parâmetros estatísticos determinados destacam o modelo de Naslund modificado (equação 3), que apresentou maior coeficiente de determinação ajustado

de 0,988, baixo coeficiente de variação de 12,9% e valor de F de 2915,73, altamente significativo. Além dessas equações, todos os modelos apresentaram significância pelo valor F.

Tabela 14 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação do volume em função do diâmetro e altura de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Eq.	Coeficientes						R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>			
1	-0,0055	0,0068	-0,00054	0,00003	0,000054	-0,0024	0,968	21,3	843,32
2	0,0040	-0,0022	0,000243	0,000057	-0,000014		0,979	17,3	1618,46
3	0,0043	0,000111	-0,00002	0,000095	-0,00047		0,988	12,9	2915,73
4	0,0047	-0,00008	0,00003	0,00071			0,957	24,9	1017,45
5	0,00417	0,000031					0,954	25,7	2860,47
6	-6,6502	0,9797	0,1660	-1,3569	0,6058		0,980	19,8	1694,03
7	-7,5717	1,3348	0,5675				0,933	28,1	938,77
8	-7,5707	0,6392					0,933	22,7	1870,79
9	-7,1332	0,8591	0,1327				0,949	21,3	1240,06

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> e b<sub>5</sub> = coeficientes.

Para a confirmação do melhor equação para descrever o crescimento em volume em função do diâmetro e altura, utilizou-se o método do Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), conforme demonstra a Tabela 15.

Tabela 15 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F	
1	4	4	9	17
2	3	2	5	10
3	1	1	1	3
4	5	6	7	18
5	6	7	2	15
6	2	3	4	9
7	8	8	8	24
8	8	5	3	16
9	7	4	6	17

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

Dentre as equações testadas, o modelo de Naslund modificado (equação 3) foi o escolhido, pois apresentou menor VP, igual a 3. Isso não exclui a possibilidade de utilização de qualquer outra equação testada, pois todas apresentaram ótimo ajuste. Na Figura 15, pode-se observar o desempenho do modelo proposto.

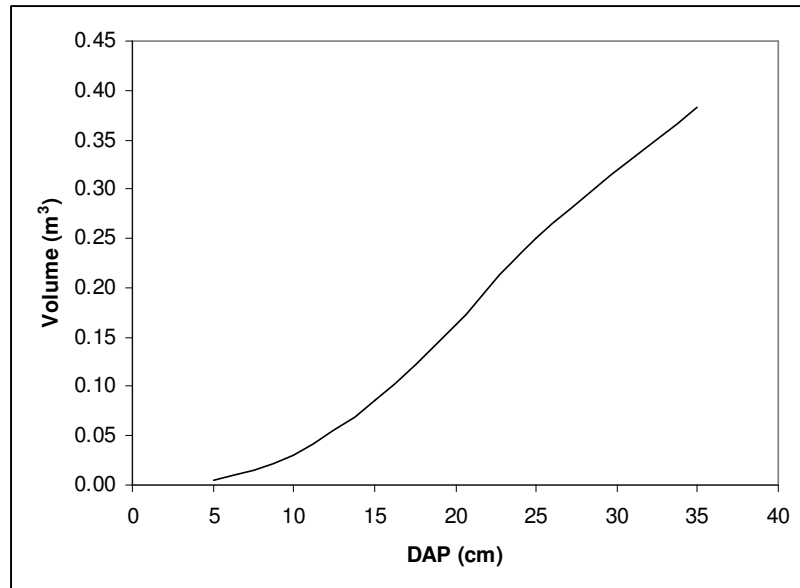


Figura 15 – Desempenho da equação de Naslund modificada para estimar o volume de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

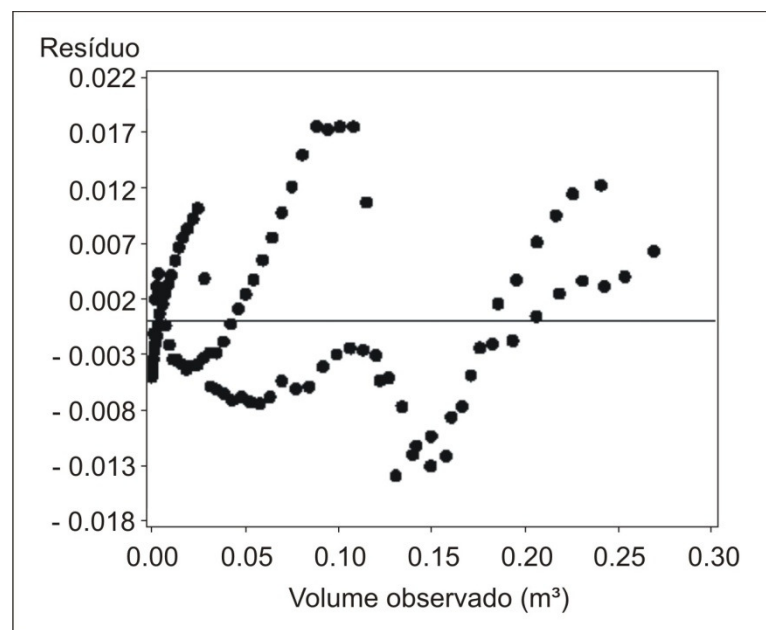


Figura 16 – Distribuição dos resíduos da equação de volume de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

Na Figura 16, pode-se observar a distribuição dos resíduos, que apresentaram elevada dispersão ao longo da linha de regressão, porém a equação selecionada, apresentou um bom ajuste.

#### 4.3.5 Relação da altura em função do diâmetro

Para o estudo do relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii*, em São Francisco de Paula, foram testadas as equações descritas na Tabela 3 e analisados os seus resultados estatísticos Tabela 16.

Novamente as equações testadas apresentaram valores de coeficiente de determinação ajustado bastante variados, entre 0,210 e 0,734, coeficiente de variação entre 18,2 e 38,2%. Dentre as equações, a de maior destaque é a de número 1, representada pelo modelo parabólico, que apresentou o maior coeficiente de determinação, igual a 0,734, e coeficiente de variação de 18,2%. Além dessa, as equações 5 e 7 apresentaram o segundo maior valor de coeficiente de determinação ajustado, igual a 0,702, e coeficiente de variação de 23,5 e 23,4%, respectivamente.

Tabela 16 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	1,86762	0,72408	-0,0104		0,734	18,2	220,81
2	0,68901	0,59146			0,691	23,2	118,40
3	2,17344	-0,67151			0,319	27,1	47,08
4	9,59396	-3,16214			0,210	38,2	27,15
5	3,58548	0,43223	-0,7368		0,702	23,5	116,48
6	6,01475	-1,5491	0,01546		0,656	25,2	94,68
7	2,8464	0,580	-0,5009	-0,0057	0,702	23,4	78,09

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.



A determinação da melhor equação para descrever o relação da altura em função do diâmetro foi feita de acordo com os parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 16, como o maior coeficiente de determinação ajustado, baixo coeficiente de variação e valor de F mais significativo. No entanto, esse critério deixa dúvida quanto à melhor equação, destacando-se o modelo Parabólico, os modelos 5 e o 7, pois apresentaram ótimos resultados para os parâmetros estatísticos.

Para auxiliar a definição do melhor equação, determinou-se o Valor Ponderado dos Escores (VP), que seleciona a melhor equação para descrever a relação da altura em função do diâmetro, conforme apresentado na Tabela 17.

O Valor Ponderado dos Escores dos Parâmetros Estatísticos (VP) das equações testadas levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas, atribuindo-se valores e pesos as estatísticas calculadas.

Dentre essas equações, o modelo parabólico (equação 1) foi confirmado, pois apresentou menor VP, igual a 3, e, por meio dela, obteve-se a Figura 17, que representa a curva de crescimento em altura em função do diâmetro.

Tabela 17 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	1	1	1	3
2	3	2	2	7
3	5	6	6	17
4	6	7	7	20
5	2	4	3	9
6	4	5	4	13
7	2	3	5	10

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

Observa-se um padrão de crescimento ascendente da altura com aumento do diâmetro. O mesmo padrão foi obtido por Hess (2006), quando estudou a relação da altura em função do diâmetro de *Araucaria angustifolia*.

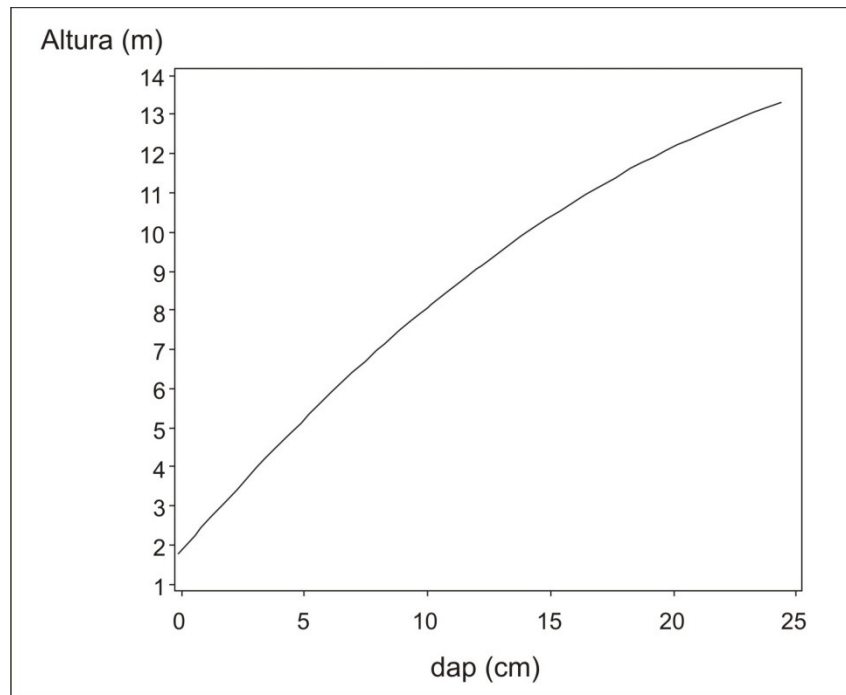


Figura 17– Relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii*, em São Francisco de Paula, RS.

#### 4.4. Crescimento de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS

O estudo do crescimento do *Podocarpus lambertii* para a região de São Sepé foi realizado por meio da análise de modelos matemáticos, utilizando-se, como variável dependente, o diâmetro, a altura e o volume, e, como variável independente, a idade. Para isso, foram determinados os coeficientes e os parâmetros estatísticos das equações.

##### 4.4.1 Crescimento em diâmetro em função da idade

Com base nos dados observados para o crescimento em diâmetro em função da idade, foi possível ajustar os modelos de crescimento e analisar a precisão estatística de cada equação. Na Tabela 18, encontram-se os coeficientes estimados, bem como os parâmetros estatísticos para cada equação ajustada.

Tabela 18 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento de diâmetro em função da idade *Podocarpus lambertii* de São Sepé, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	1,2609	0,0225			0,658	38,73	615,50
2	-0,81973	0,786336	0,023464		0,772	31,58	543,39
3		0,292029	0,094247		0,766	31,91	6151,97
4	-1,224	0,7153	0,9792		0,782	32,52	543,37
5	0,274957	0,086113	-0,00096	3,984E-6	0,758	32,59	335,35
6	-0,94176	0,89937	0,000011		0,732	31,11	544,48
7	868,2173	0,000055	0,779839		0,770	52,90	3469,58
8	6,11033	-0,01502			0,848	22,54	4356,22
9	0,362384	0,01	0,936295		0,811	26,65	4221,64

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

As equações testadas, para o estudo do crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii*, apresentaram, de forma geral, altos coeficiente de determinação ajustado, entre 0,658 a 0,848. O coeficiente de variação foi de 22,54 a 52,90%, demonstrando grande variação entre os modelos.

Por meio dos parâmetros estatísticos calculados, as equações de destaque foram definidas pelo maior valor de coeficiente de determinação ajustado e baixo coeficiente de variação.

A equação de maior destaque foi o modelo de Mitscherlich (equação 8), que apresentou o maior coeficiente de determinação, igual a 0,848, coeficiente de variação de 22,54% e valor F de 4356,22, altamente significativo. O modelo de Mitscherlich-Sonntag (equação 9) também apresentou elevado coeficiente de determinação, igual a 0,811, coeficiente de variação de 26,65% e valor F de 4221,64. O modelo de Hoerl (equação 4) apresentou coeficientes de determinação 0,782, coeficiente de variação de 32,52 e valor F de 543,37.

Em razão de não haver uma definição clara sobre a melhor equação, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP) para selecionar a equação para descrever o crescimento do diâmetro em função da idade, conforme mostrado na Tabela 19.

Tabela 19 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F	
1	9	8	5	22
2	4	4	7	15
3	6	5	1	12
4	3	6	8	17
5	7	7	9	23
6	8	3	6	17
7	5	9	4	18
8	1	1	2	4
9	2	2	3	7

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

O critério do Valor Ponderado das equações levou em consideração todas as variáveis estatísticas anteriormente descritas, que foi utilizada com o objetivo de sintetizar os resultados, facilitando o processo de seleção do melhor modelo matemático. Assim, a melhor equação do crescimento em diâmetro, pelo critério do VP, foi a de número 8, definida pelo modelo de Mitscherlich, pois apresentou o menor valor, igual a 4 pontos.

Por meio da equação ajustada de Mitscherlich, foi possível estimar o crescimento médio em diâmetro em função da idade. Pela diferença entre os valores estimados e observados, obtiveram-se os resíduos que apresentaram uma boa distribuição.

Com a equação determinada, estimou-se o crescimento médio em diâmetro em função da idade, específico para a região da Depressão Central, onde se localiza o município de São Sepé. Na Figura 18, observa-se que a curva de crescimento em diâmetro para este local segue o crescimento padrão das demais árvores, o qual, normalmente, se apresenta com tendência sigmoideal.

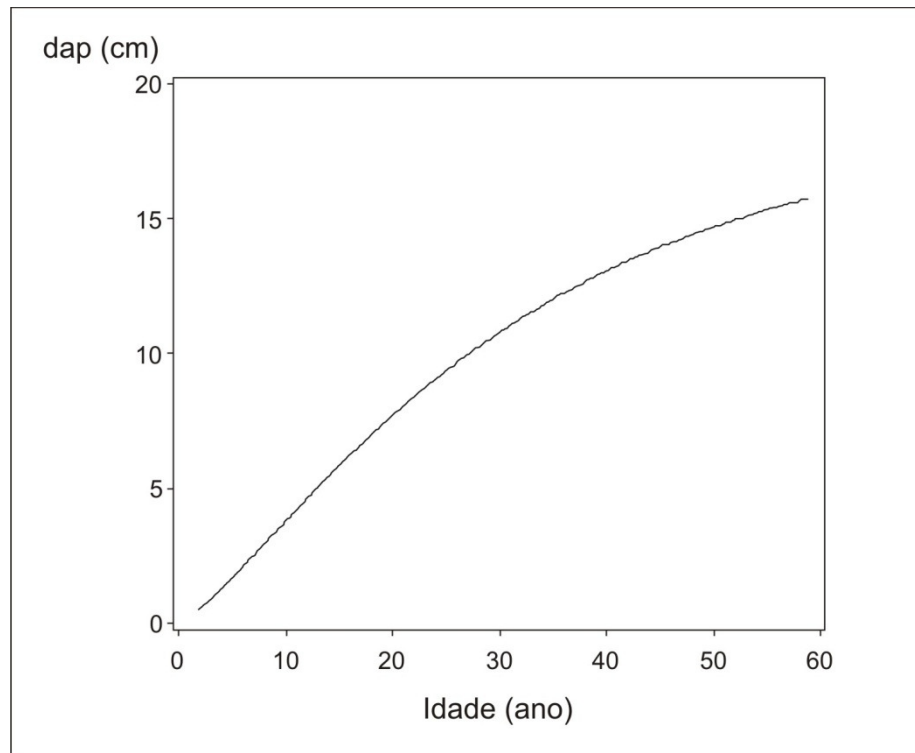


Figura 18 – Crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

Esse crescimento caracteriza-se por apresentar um aumento lento no início, aumentando a taxa de crescimento rapidamente até começar a diminuir. Aparentemente, ainda não atingiu a assíntota, e continua crescendo em diâmetro com vitalidade.

O mesmo padrão foi verificado por Hess (2006), estudando o desempenho de *Araucaria angustifolia* no município de Caçapava do Sul, RS, na região da Serra do Sudeste.

A análise do crescimento em diâmetro em função da idade é complementada pelos cálculos do incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) em diâmetro para a espécie, apresentados no Apêndice 4.

#### 4.4.1.1 Estimação do ponto assintótico

De forma a gerar dados para a modelagem do comportamento do crescimento em diâmetro até alcançar a idade em que apresenta a assíntota, procedeu-se ao ajuste do crescimento para a árvore de maior idade. Dessa forma,

obteve-se o desenvolvimento do crescimento em diâmetro, demonstrado na Figura 19.

Obteve-se, ainda, um diâmetro máximo de 24,4 cm na idade de assíntota de 96 anos, estimados após o cálculo da primeira derivada da equação ajustada de crescimento, proposta por Backmann, conforme se observa:

$$ta = \left[ \frac{\hat{b}_1}{t} \right] - \left[ \frac{\hat{b}_2 \times \ln(t)}{t} \right] \quad (14)$$

$$\therefore \left[ \frac{14,3995}{t} \right] - \left[ 3,1353x \frac{\ln(t)}{t} \right] \quad (15)$$

Sendo:  $t_a$  = momento da ocorrência da assíntota,  $\hat{b}_1$ ,  $\hat{b}_2$  = coeficientes da regressão; ln = logaritmo natural; t = idade (ano).

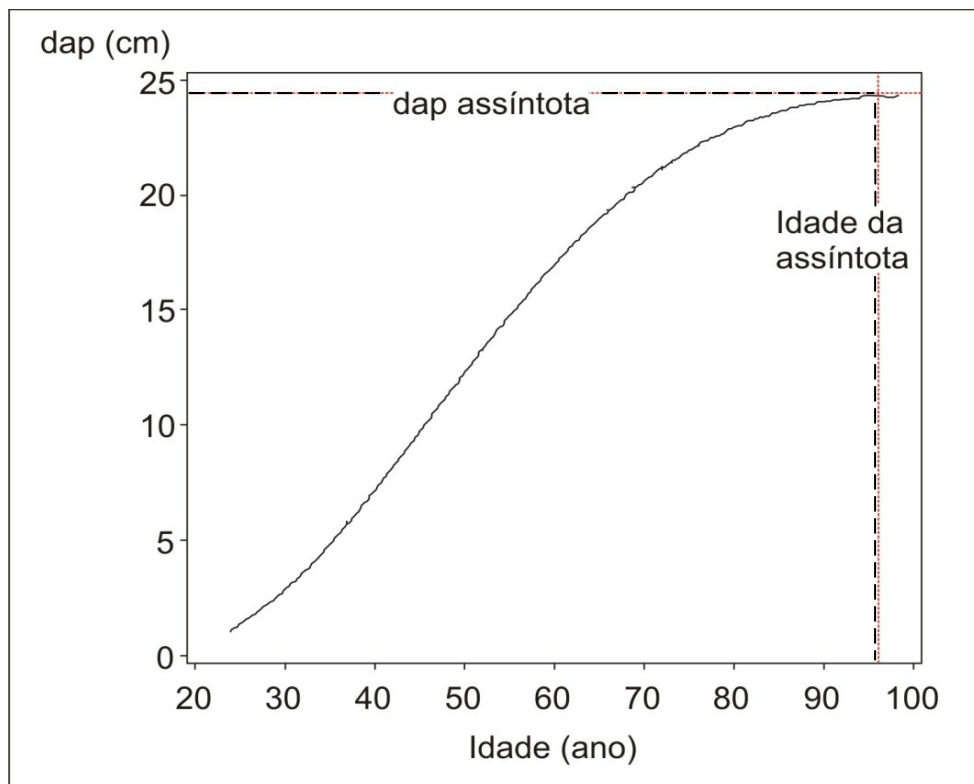


Figura 19 – Assíntota do crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

#### 4.4.2 Crescimento em altura em função da idade

Com base nos dados observados para o crescimento em altura em função da idade, foi possível ajustar os modelos de crescimento e analisar a precisão estatística de cada equação. Na Tabela 20, encontram-se os coeficientes estimados, bem como os parâmetros estatísticos de cada equação ajustada.

A partir dos dados observados para o crescimento em altura em função da idade, concluiu-se que, de forma geral, as equações de altura testadas apresentaram coeficientes de determinação ajustado, com valores que variam entre 0,628 e 0,914, e coeficiente de variação entre 12,1 e 32,0%. Os valores de F foram, de maneira geral, reduzidos, ficando entre 145,08 e 963,71, mas significativos.

Tabela 20 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento da altura em função da idade de *Podocarpus lambertii* de São Sepé, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	-6,9453	0,0939			0,628	27,2	268,05
2	-10,716	1,9103	0,0449		0,725	23,4	209,54
3		-5,811	1,3514		0,914	32,0	850,67
4	-11,957	2,9342	2,3973		0,727	23,3	211,70
5	-9,179	0,3449	-0,0064	0,00004	0,732	23,1	145,08
6	gur,274	2,271	-0,0001		0,725	23,3	210,20
7	10,8431	0,0313	0,8236		0,886	12,1	963,71
8	3,7308	-0,0180			0,809	15,0	487,37
9	1,1518	0,0100	0,5258		0,777	20,3	542,60

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

Para a determinação da melhor equação, utiliza-se, como parâmetro, o valor do coeficiente de determinação ajustado, que, quanto maior o seu valor, maior também a quantidade de variação total explicada pela equação. Caso este

parâmetro seja efetivamente utilizado para a seleção da equação, determina-se uma única equação de maior valor, sendo que várias outras possuem valores muito próximos. No entanto, não se usa este parâmetro isoladamente em razão de ele variar muito à medida que variáveis são adicionadas.

De acordo com os parâmetros estatísticos, destaca-se a equação 3, representada pelo modelo de Backman modificada, a qual apresentou o maior coeficiente de determinação ajustado, de 0,914, e coeficiente de variação de 32,0%.

Além dessa equação, a equação de número 7, definida pelo modelo de Chapman-Richards, apresentou coeficiente de determinação de 0,886, e menor coeficiente de variação, de 12,1%. A equação 8, representada pelo modelo de Mitscherlich, apresentou valor de coeficiente de determinação de 0,809 e coeficiente de determinação de 15,0%.

A fim de facilitar a definição do melhor modelo de crescimento em altura, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos, conforme é demonstrado na Tabela 21.

Tabela 21 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	8	7	5	20
2	7	6	8	21
3	1	8	2	11
4	6	5	6	17
5	5	4	9	18
6	7	5	7	19
7	2	1	1	4
8	3	2	4	9
9	4	3	3	10

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  = coeficientes.



Com o auxílio do critério do VP, foi confirmada a equação 7, definida pelo modelo de Chapman-Richards, pois apresentou menor valor do VP, igual a 4. Esta equação apresentou também uma boa distribuição dos resíduos.

Por meio do modelo de Chapman-Richards, estimou-se o crescimento médio em altura em função da idade de *Podocarpus lambertii*, específico para a região da Depressão Central (Figura 20). Não se observou o ponto de culminio do crescimento em altura, indicando que as árvores não alcançaram a fase da assíntota, isto é, a espécie ainda continua crescendo em altura.

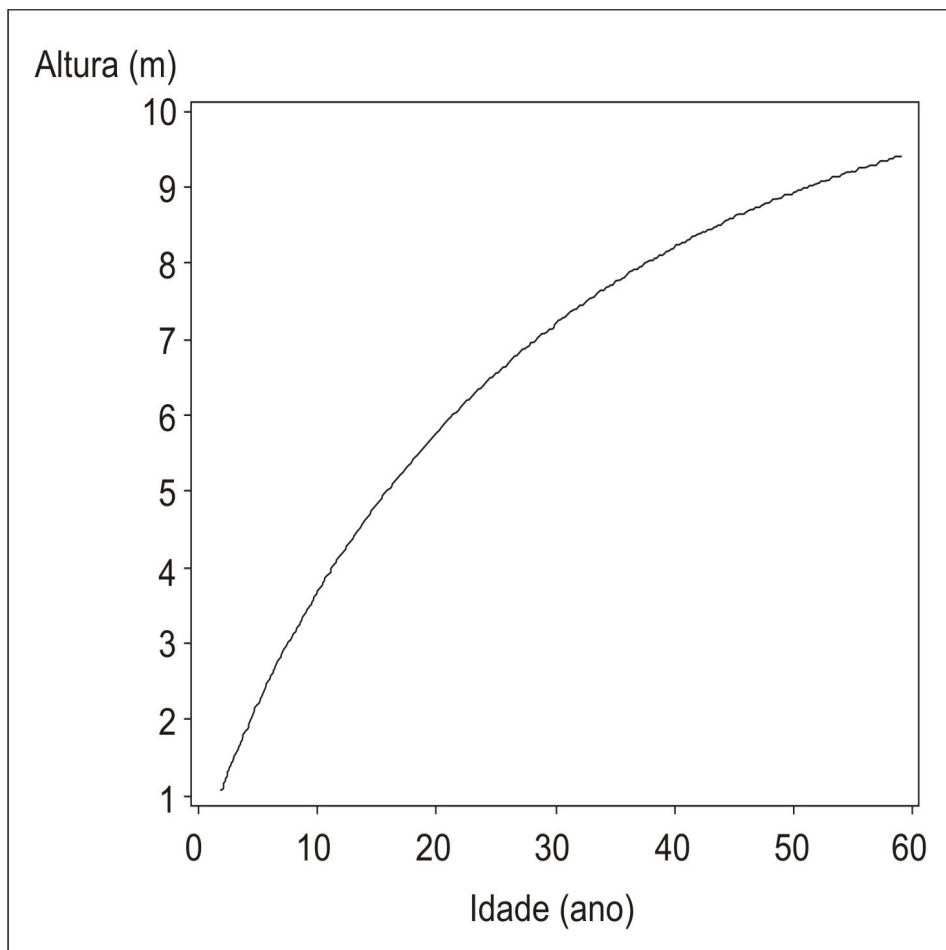


Figura 20 – Crescimento em altura em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Sepé/RS.

Foi calculada a altura estimada, o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente (ICA), para as árvores analisadas, a fim de complementar a análise de crescimento, conforme é apresentado no Apêndice 5.

#### 4.4.3 Crescimento em volume em função da idade

Para a modelagem do crescimento, foram testados os modelos matemáticos de crescimento do volume em função da idade, os quais foram apresentados na Tabela 1. O método utilizado na determinação da capacidade produtiva do *Podocarpus lambertii* baseia-se no incremento do volume em função do tempo, o que permitiu determinar os resultados apresentados na Tabela 22.

Os parâmetros obtidos pelas análises estatísticas mostraram que as equações de volume apresentaram valores de coeficiente de determinação ajustado entre de 0,626 a 0,914, e valores de coeficiente de variação, entre 13,1 a 32,0%.

Utilizando-se esses parâmetros estatísticos para determinação da melhor equação, e a que destacou-se foi a de Chapman-Richards, que apresentou coeficiente de determinação ajustado de 0,886, bem como baixo coeficiente de variação, de 13,1%, e valor de F de 1502,31, altamente significativo. O modelo de Backman modificado (equação 3) apresentou o maior valor do coeficiente de determinação ajustado de 0,914 e coeficiente de variação de 32,0%.

Tabela 22 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar o crescimento do volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* de São Sepé, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	-6,945	0,093			0,628	27,2	268,05
2	-10,716	1,9103	0,044		0,725	23,4	209,54
3		-5,8111	1,35145		0,914	32,0	850,67
4	-11,957	2,9342	2,397		0,727	23,3	211,70
5	-9,1794	0,3449	-0,0064	0,00004	0,732	23,1	145,08
6	-11,2744	2,2719	-0,0001		0,725	23,3	210,20
7	0,0921	0,0961	10,3757		0,886	13,1	1502,31
8	0,0516	8,391E10			0,784	19,8	593,7
9	0,00821	0,0132	0,00042		0,626	21,3	187,13

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

Assim, para auxiliar a escolha do melhor modelo de crescimento em volume, foi determinado o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), conforme é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F	
1	7	8	4	19
2	6	7	7	20
3	1	9	2	12
4	5	6	5	16
5	4	4	9	17
6	6	5	6	17
7	2	1	1	4
8	3	2	3	8
9	8	3	8	19

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

Por meio do critério do VP, a equação 7, definida pelo modelo de Cahpman-Richards, foi a melhor, pois apresentou o menor valor ponderado, igual a 4 pontos. Com essa equação, estimaram-se os valores do volume e, pela diferença entre valores estimados e observados, obteve-se uma boa distribuição dos resíduos.

Dessa forma, estimou-se o crescimento em volume sem casca em função da idade específico para a região da Depressão Central, representados na Figura 21.

Observa-se que o crescimento em volume para este local apresenta o padrão das demais árvores, o qual, normalmente, segue uma tendência sigmoidal. Esse crescimento caracteriza-se por apresentar um aumento lento no início, aumentando a taxa de crescimento rapidamente até que comece a diminuir. No entanto, aparentemente, ainda não atingiu a assíntota, isto é, a espécie ainda continua crescendo.

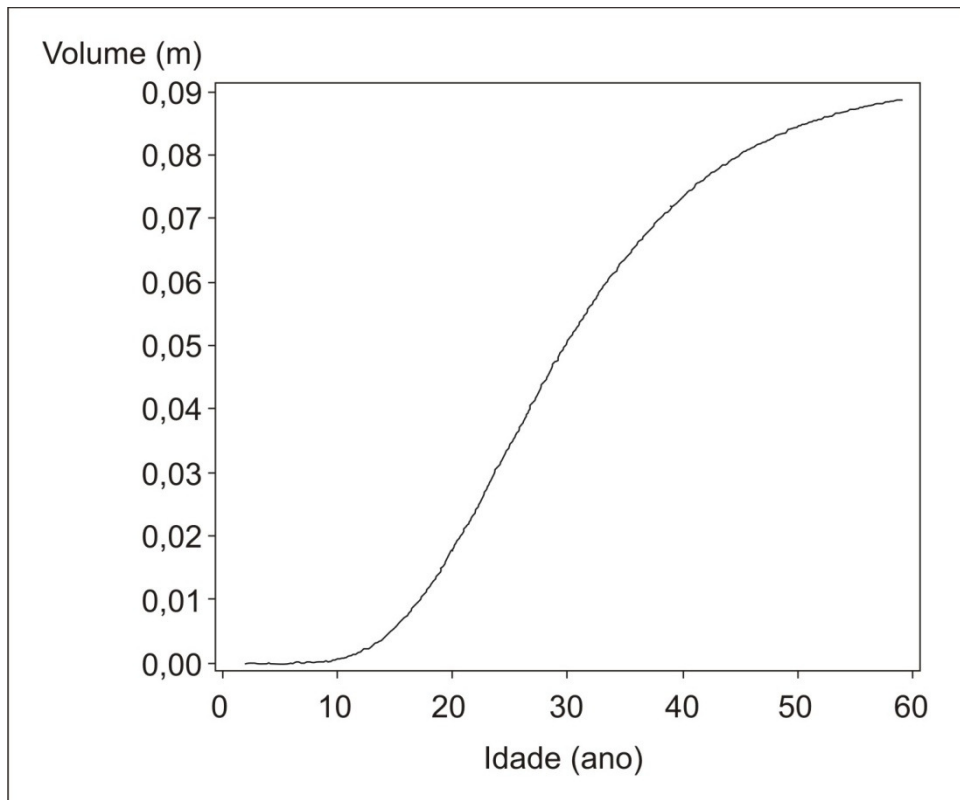


Figura 21 – Crescimento em volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

A curva de crescimento em volume em função da idade do pinheiro-bravo mostra a mesma tendência que Hess (2006) encontrou para o crescimento em volume de *Araucaria angustifolia* na região da Serra do Sudeste.

Para completar a análise de crescimento, foram calculados o incremento médio anual em volume sem casca (IMA) e o incremento corrente anual (ICA), para a espécie, apresentados no Apêndice 6.

#### 4.4.4 Relação do volume em função do diâmetro e altura

O estudo da relação do volume sem casca, em função do diâmetro e da altura, foi realizado por meio do ajuste das equações da Tabela 2, com os dados obtidos através da análise de tronco. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 24.

De modo geral, os resultados mostram que as equações de volume testadas apresentaram altos coeficientes de determinação ajustados, com valores superiores a 0,875 e coeficientes de variação reduzidos, com valores entre 8,0 a 16,5%.

Tabela 24 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação do volume em função do diâmetro e altura de *Podocarpus lambertii* de São Sepé, RS.

E q.	Coeficientes						R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV %	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>			
1	-0,00256	0,00225	-0,000128	-0,000373	0,000061	0,000435	0,995	8,2	6546,25
2	-0,00071	0,0013	-0,000211	-0,000029	0,000071		0,994	9,1	6663,87
3	0,00374	0,000011	0,000031	0,000025	-0,000269		0,991	8,8	7117,01
4		0,404E-5	0,412E-4	-0,312E-3			0,995	8,0	9085,44
5	-0,00032	0,000040					0,993	10,1	21573,6
6	-8,5323	0,8474	0,2789	0,9625	-0,0889		0,995	9,8	7266,94
7	-8,7560	1,3728	1,0712				0,875	16,5	2710,11
8	-8,5897	0,7745					0,972	9,9	4877,09
9	-7,8495	1,1058	0,1586				0,883	15,3	4160,98

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub>= coeficiente de determinação ajustado; CV%= coeficiente de variação em %; F= valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> e b<sub>5</sub> = coeficientes.

Os parâmetros estatísticos analisados indicam que todos os modelos apresentaram excelentes ajustes, com valores elevados de coeficiente de determinação ajustado, assim como baixos valores de coeficiente de variação. Para auxiliar na determinação do melhor modelo para descrever a relação do volume em função do diâmetro e altura, utilizou-se o Valor Ponderado dos Escores Estatísticos (VP), conforme é apresentado na Tabela 25.

Dentre os modelos testados, a equação de Stoaite (equação 4) foi a escolhida, pois apresentou menor VP, igual a 4. Isso não exclui que qualquer outro modelo testado possa ser utilizado, pois todos apresentaram ótimo ajuste. Na Figura 22, observa-se o desempenho da equação proposta.

Tabela 25 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	$R^2_{aj.}$	CV%	F	
1	1	2	6	9
2	2	4	5	11
3	4	3	4	11
4	1	1	2	4
5	3	7	1	11
6	1	5	3	9
7	7	9	9	25
8	5	6	7	18
9	6	8	8	22

Sendo:  $R^2_{aj.}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.

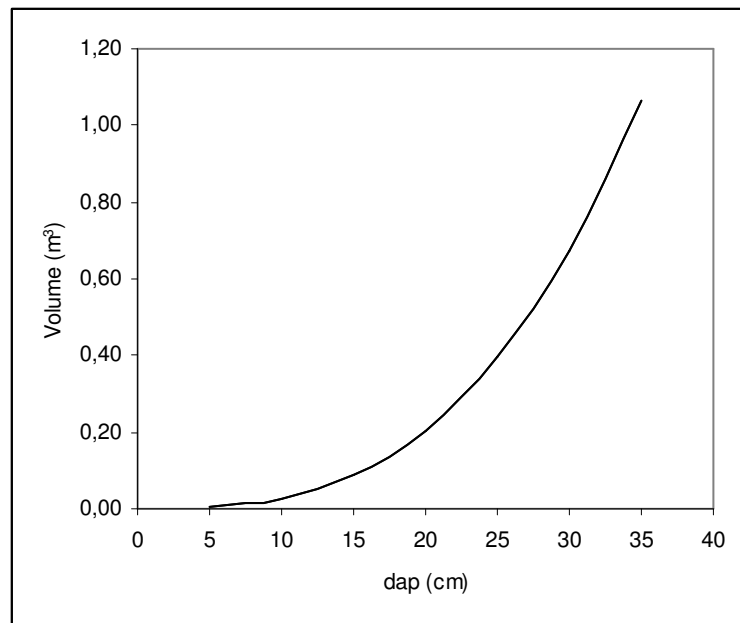


Figura 22 – Desempenho da equação de Stoate para estimar o volume de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

Na Figura 23, pode-se observar a distribuição dos resíduos do modelo parabólico, em relação a variável observada volume, percebe-se uma boa dispersão

dos resíduos de volume, positivos e negativos para a amplitude volumétrica, embora que tenha havido uma ligeira aglomeração nas menores árvores.

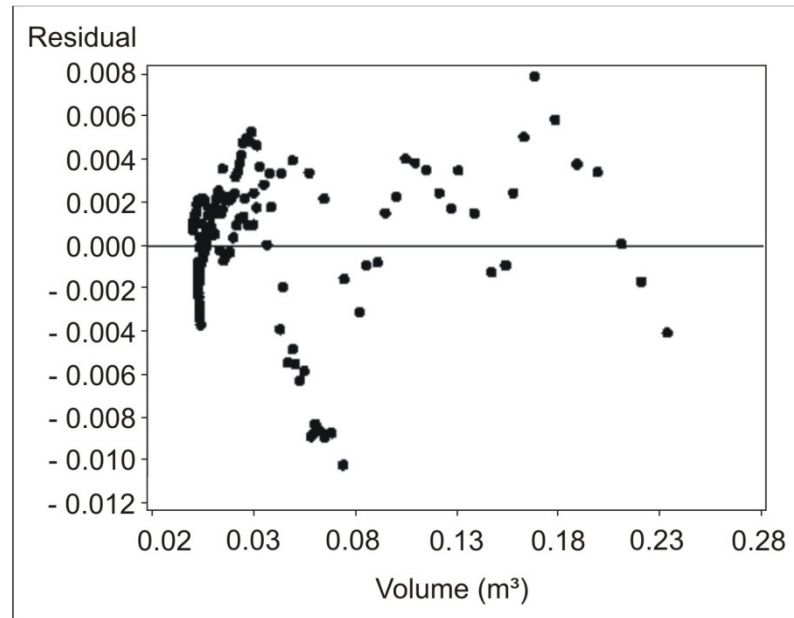


Figura 23 – Distribuição dos resíduos da equação de volume de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

#### 4.4.5 Relação da altura em função do diâmetro

Para o estudo da relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, foram testados os modelos descritos na Tabela 3, e analisados os seus resultados estatísticos Tabela 26.

Novamente as equações testadas apresentaram valores de coeficiente de determinação ajustado bastante variados, entre 0,193 e 0,968, e coeficiente de variação entre 8,1 e 44,2%. Dentre estas equações, a de maior destaque é a de número 1, representada pelo modelo parabólico, que apresentou o maior coeficiente de determinação, igual a 0,968, e o menor coeficiente de variação, de 8,1%. Além dessa equação, os modelos 5, 6 e 7 também apresentaram valores de coeficiente de determinação elevados e coeficiente de variação em torno de 21%.

Tabela 26 – Parâmetros estatísticos das equações testadas para ajustar a relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii* de São Sepé, RS.

Eq.	Coeficientes				R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>			
1	2,0562	-0,0679	0,03400		0,968	8,1	837,25
2	0,65995	0,54325			0,695	17,9	313,37
3	1,90373	-0,6886			0,327	26,6	67,81
4	7,2771	-3,0431			0,193	44,2	33,95
5	1,1524	0,5691	0,2796		0,801	21,9	278,20
6	3,7895	-0,8601	0,02594		0,808	21,5	290,86
7	2,6194	0,2404	-0,3435	0,0154	0,814	21,2	201,52

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> = coeficientes.

A determinação da melhor equação para descrever a relação da altura em função do diâmetro quando feita pelos parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 26, deixa dúvidas quanto a melhor equação, pois várias apresentaram ótimos resultados para os parâmetros estatísticos. Assim, para auxiliar a definição do melhor modelo, determinou-se o Valor Ponderado dos Escores (VP), que permitiu selecionar a melhor equação para descrever a relação da altura em função do diâmetro, conforme é apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 – Valor ponderado dos escores dos parâmetros estatísticos das equações testadas.

Equação	Escore dos Parâmetros Estatísticos			Valor Ponderado
	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	CV%	F	
1	1	1	1	3
2	5	2	2	9
3	6	6	6	18
4	7	7	7	21
5	4	5	4	13
6	3	4	3	10
7	2	3	5	10

Sendo: R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; CV% = coeficiente de variação em %; F = valor de F da análise de variância.



Dentre essas equações, o modelo parabólico (equação 1) foi confirmado, pois apresentou menor VP, igual a 3, e por meio, dela obteve-se a Figura 24, que representa a curva da relação da altura em função do diâmetro. Observa-se um padrão de crescimento ascendente da altura com aumento do diâmetro.

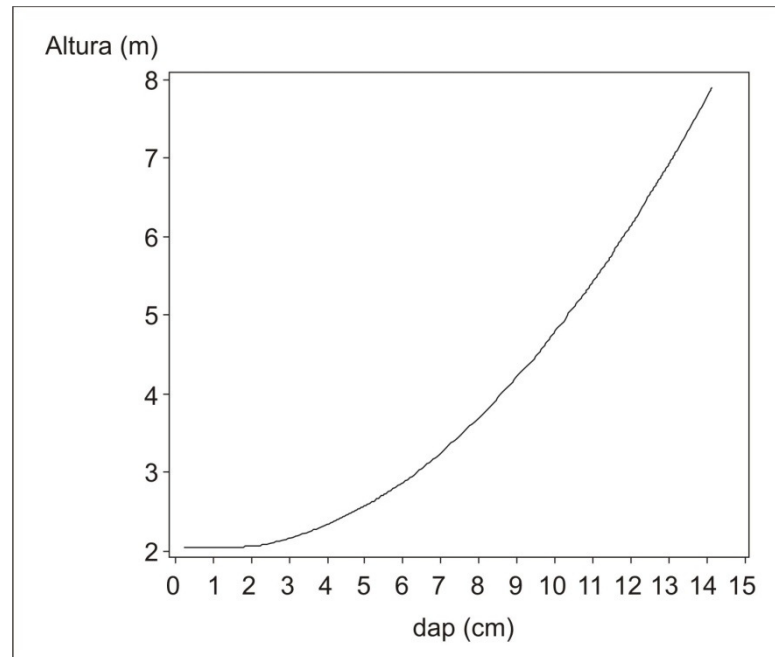


Figura 24 – Relação da altura em função do diâmetro de *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

#### 4.5 Comparação do crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* para os dois locais amostrados

A fim de evidenciar a capacidade de crescimento do *Podocarpus lambertii* e apurar possíveis semelhanças no crescimento desta espécie nos dois locais (São Sepé e São Francisco de Paula), comparou-se o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade para cada local estudado, pois em ambas as localidades a espécie apresenta ocorrência destacada nas formações florestais.

Sobre o crescimento, em São Francisco de Paula, foi realizado por Windisch, Nervo e Seibert (2008), um estudo para analisar o padrão de crescimento de 70 plantas de *Dicksonia sellowiana* em populações localizadas em porções de Floresta Ombrófila Mista com araucária. Outro trabalho de destaque foi realizado por

Coutinho (2007), que comparou e observou o crescimento inicial de plantas de *Araucaria angustifolia* obtidas através de pinhões coletados em diferentes locais de ocorrência em São Francisco de Paula e Passo Fundo, e também diferentes variedades em um mesmo local de São Francisco de Paula.

Muitos trabalhos são realizados na localidade de São Francisco de Paula devido a presença da FLONA (Floresta Nacional de São Francisco de paula), a qual, segundo Longhi et al. (2006) apresenta vegetação natural pertencente ao grupo fitogeográfico Floresta Ombrófila Mista ou Matas com Araucária.

No entanto, em São Sepé, estudos dessa natureza são realizados em menor quantidade. Finger et al. (1996) avaliaram o crescimento em altura do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamentos de 12 anos, por meio da análise de tronco.

As Figuras 25, 26 e 27 demonstram o crescimento comparado para cada parâmetro dendrométrico analisado em função da idade nas duas regiões estudadas.

#### 4.5.1 Comparação do crescimento em diâmetro em função da idade para os dois locais estudados

Analisando a Figura 25, observa-se que o crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii* apresenta uma tendência diferente, partindo de uma idade de 34 anos, em que as árvores apresentam o mesmo diâmetro (12 cm). A partir desse ponto, as árvores, em São Francisco de Paula, crescem em ritmo mais acelerado quando comparado com as árvores que crescem em São Sepé.

O crescimento em diâmetro, no município de São Francisco de Paula, apresenta aumento linear com o aumento da idade, não indicando crescimento inicialmente lento nos primeiros anos, nem ponto assintótico, ocasionando mudança da tendência de crescimento.

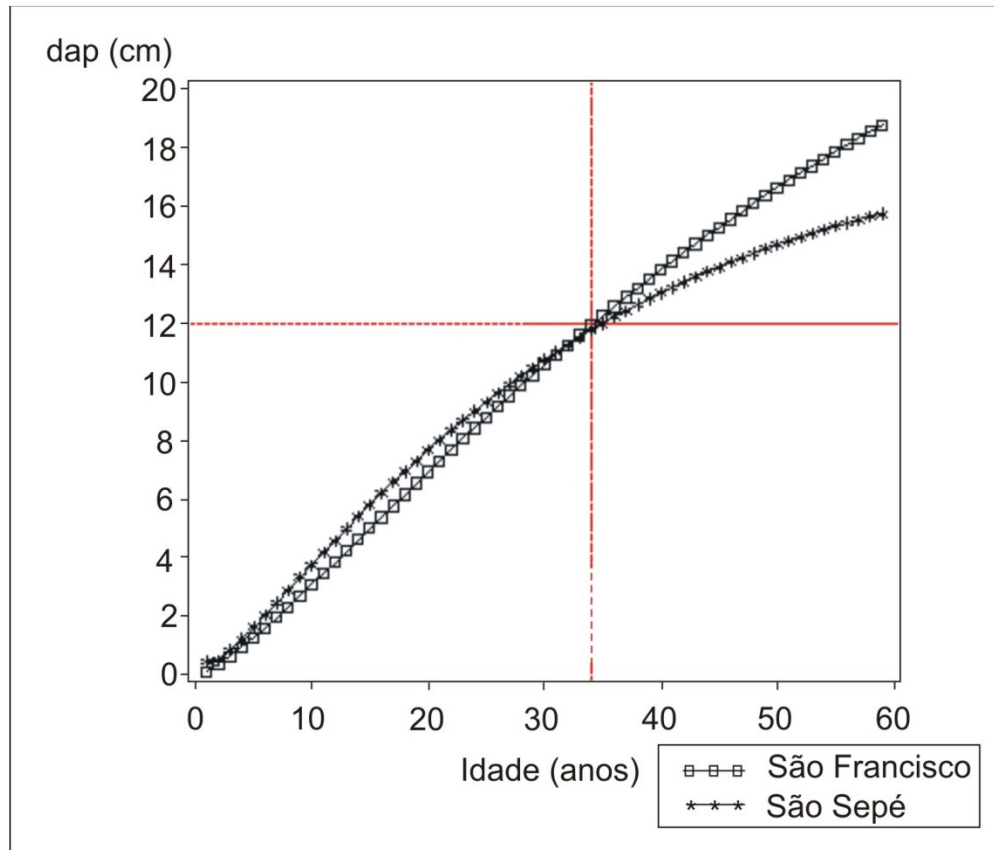


Figura 25 – Comparação do crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii* para os dois locais estudados.

#### 4.5.2 Comparação do crescimento em altura em função da idade para os dois locais estudados

Por meio dos dados obtidos pela técnica de análise de tronco, geraram-se as curvas de crescimento para o parâmetro altura nas duas regiões (Figura 26). Analisando estas curvas, percebe-se que elas apresentam crescimento pouco diferenciado. No caso de São Francisco de Paula, o crescimento em altura apresenta tendência sigmoidal, comumente encontrada nas espécies florestais, em que há um crescimento lento no início, aumentando a taxa de crescimento rapidamente até que comece a diminuir, quando atinge a assíntota.

No entanto, os indivíduos analisados de São Sepé apresentam curva de crescimento no padrão exponencial, onde não se observou o ponto de culminância do crescimento em altura, mostrando que as árvores não alcançaram a fase da assíntota, isto é, a espécie ainda continua crescendo em altura na região.

A população de São Sepé atingiu maior altura nas idades estudadas quando comparadas com a população de São Francisco de Paula, isso indica que o ritmo e a capacidade de crescimento diferenciado em cada região. Acredita-se que este crescimento seja resultado da interação das características da região e da adaptação da espécie às condições de solo e clima.

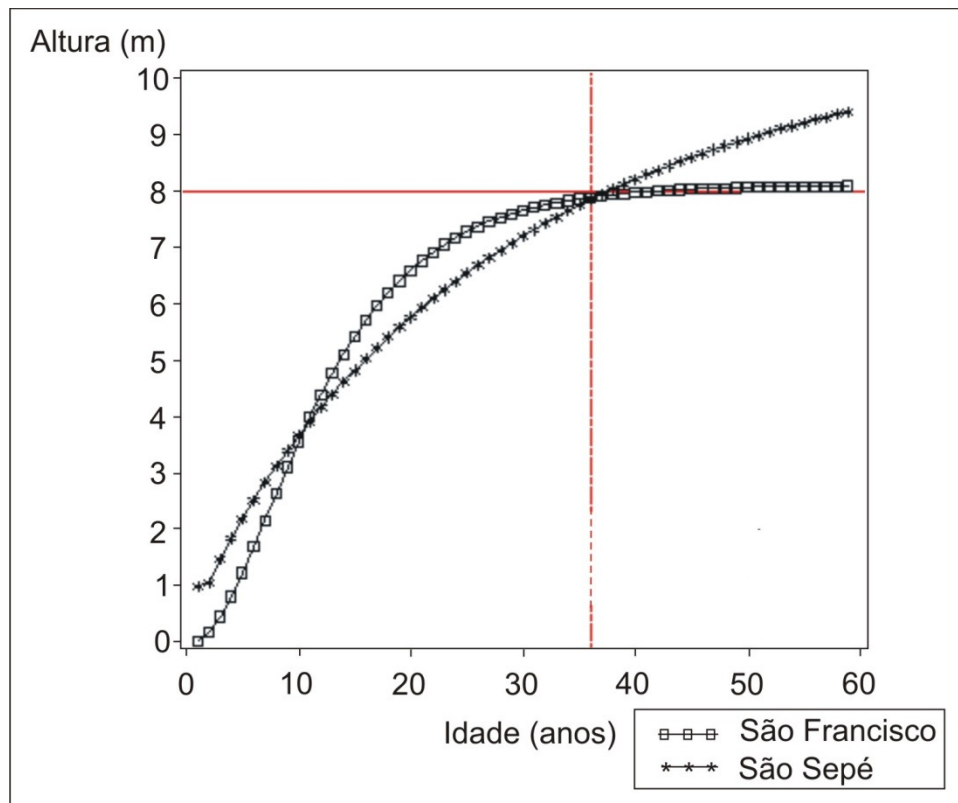


Figura 26 – Comparação do crescimento de altura em função da idade de *Podocarpus lambertii* para os dois locais estudados.

#### 4.5.3 Comparação do crescimento em volume em função da idade para os dois locais estudados

Comparando os crescimentos das duas regiões estudadas, nota-se que, em São Francisco de Paula, o ritmo de crescimento em volume em função da idade é maior que em São Sepé a partir da idade de 36 anos, coincidindo com um volume de  $0,067 \text{ m}^3$  (Figura 27).

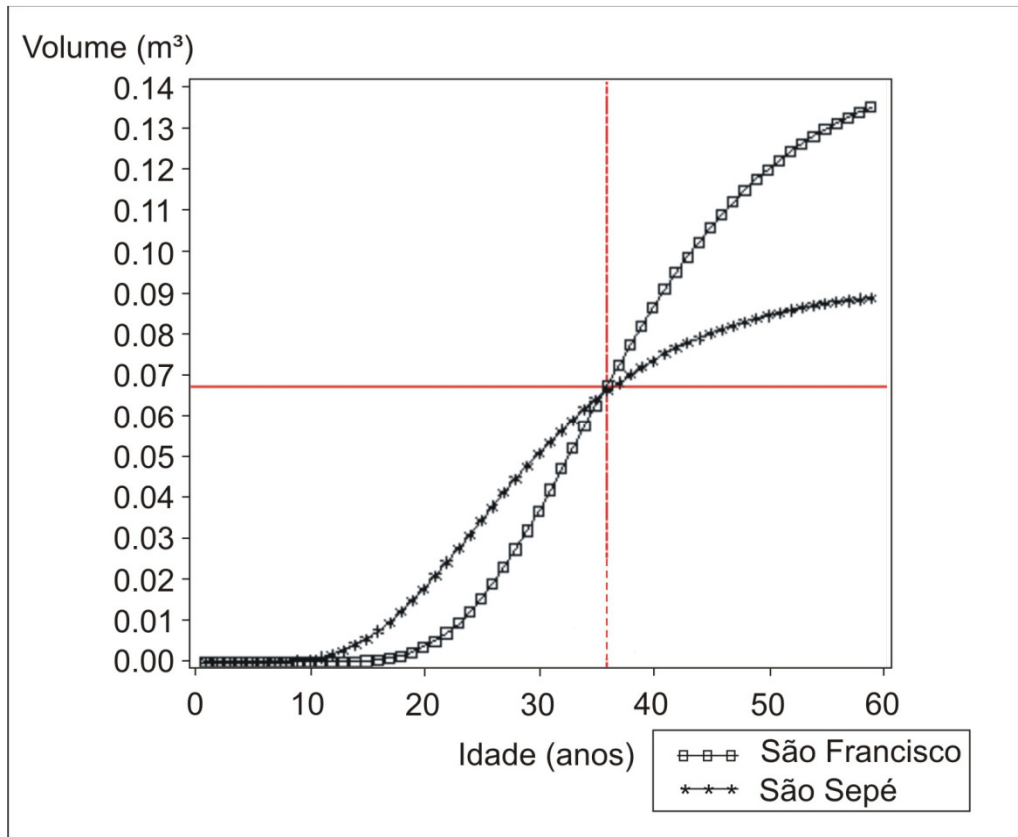


Figura 27 – Comparação do crescimento de volume em função da idade de *Podocarpus lambertii* para os dois locais estudados.

As duas curvas de crescimento apresentam tendência sigmoidal, comumente encontrada nas espécies florestais em que há um crescimento lento no início, aumentando a taxa de crescimento rapidamente até que comece a diminuir, quando atinge a assíntota.

No entanto, a partir dos 36 anos, a espécie, em São Francisco de Paula, tem um aumento em volume significativamente mais elevado do que em São Sepé, indicando que a espécie ainda continua crescendo na região. Em São Sepé, a espécie já está prestes a atingir a assíntota, em que seu crescimento tende a diminuir lentamente.

#### **4.6 Análise de covariância para verificar diferenças de crescimento em diâmetro, altura e volume por idade para *Podocarpus lambertii* nos dois locais estudados**

A análise de covariância foi aplicada a fim de comprovar, estatisticamente, a diferença na capacidade produtiva entre as duas regiões, para cada variável dendrométrica estudada e em cada local analisado. A sua importância está no auxílio para a construção de curvas de crescimento que possibilitem sua utilização de forma segura em estudo de crescimento e produção de *Podocarpus lambertii*. Para isso, testou-se a hipótese de diferença de nível e inclinação para a curva de crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade, dividindo os dados em: Grupo 1– Composto por dados de *Podocarpus* de ocorrência nos Campos de Cima da Serra; Grupo 2– Composto por dados de *Podocarpus* provenientes da Depressão Central.

##### **4.6.1 Análise de covariância para crescimento em diâmetro em função da idade**

Na Tabela 28, estão apresentados os valores estatísticos referentes à análise de covariância, que testou a diferença entre o crescimento em diâmetro no tempo nos dois locais. Esta tabela mostra os resultados da análise de covariância do crescimento em diâmetro em função da idade, tendo, como covariável, o local de origem dos dados de São Francisco de Paula e São Sepé. Observa-se que o local de origem dos dados apresentou um valor de F igual a 4,42 não significativo (Prob.=0,5360), indicando inexistência de níveis diferenciados de crescimento em diâmetro, a partir da idade inicial de observação. Por outro lado, a interação da idade pelo local (In t x local) apresentou um valor de F igual a 5,88 significativo (Prob.=0,0157), o que indica haver diferença na velocidade de crescimento em diâmetro por idade das árvores, variando com o local de origem dos dados.

Tabela 28 – Análise de covariância para crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	4	307,6515	76,9128	312,78	<0,0001
Ln (t)	1	8,4094	8,4094	34,20	<0,0001
Ln <sup>2</sup> (t)	1	0,0859	0,0859	0,35	0,0346
Local	1	1,0871	1,0871	4,42	0,5360
Ln (t)*local	1	1,4468	1,4468	5,88	0,0157
Erro	467	114,8369	0,2459		
Total	471	422,4885			

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob. >F = probabilidade de significância para o valor de F; Ln = logaritmo natural; t = idade.

#### 4.6.2 Análise de covariância para crescimento em altura em função da idade

Na Tabela 29, estão apresentados os valores estatísticos da análise de covariância que testou as diferenças entre o crescimento em altura em função da idade.

Tabela 29 – Análise de covariância para crescimento em altura em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	4	11,8659	2,9664	11,61	<0,0001
Ln (t)	1	0,0338	0,0338	0,13	0,7171
Ln <sup>2</sup> (t)	1	0,1081	0,1081	0,42	0,5178
Local	1	0,7511	0,7511	2,94	0,0766
Ln (t)*local	1	1,8725	1,8725	7,33	0,0089
Erro	467	14,8205	0,2555		
Total	471	25,4089			

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob. >F = probabilidade de significância para o valor de F; Ln = logaritmo natural; t = idade.

A tabela apresenta os resultados da análise de covariância do crescimento em altura em função da idade, tendo, como covariável, o local de origem dos dados

de São Francisco de Paula e São Sepé. Observa-se que o local produziu efeito no crescimento em altura por idade das árvores, com níveis diferentes de altura por idade, pois apresentou um valor de F igual a 2,94 não significativo (Prob.=0,0766). Da mesma forma, a interação da idade pelo local (Ln t x local) apresentou um valor de F igual a 7,33 significativo (Prob.=0,0089), indicando que a velocidade de crescimento em altura manifesta-se de forma diferente no tempo, variando com o local de origem dos dados.

#### 4.6.3 Análise de covariância para crescimento em volume em função da idade

Na Tabela 30, estão apresentados os dados estatísticos da análise de covariância para o crescimento em volume em função da idade nas duas regiões fitogeográficas estudadas.

Tabela 30 – Análise de covariância para crescimento em volume em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	4	1267,1392	316,7848	356,90	<0,0001
Ln (t)	1	10,4454	10,4454	11,77	0,0007
Ln <sup>2</sup> (t)	1	4,4164	4,4164	4,98	0,0262
Local	1	0,5440	0,5440	0,61	0,5341
Ln (t)*local	1	5,1475	5,1475	5,80	0,0119
Erro	467	414,5039	0,8875		
Total	471	1686,0851			

Sendo: FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F; Prob. >F = probabilidade de significância para o valor de F; Ln = logaritmo natural; t = idade.

A Tabela 30 mostra os resultados da análise de covariância do crescimento em volume em função da idade, tendo, como covariável, o local de origem dos dados de São Francisco de Paula e São Sepé. Observa-se que o local não produziu efeito no crescimento em volume por idade das árvores, com níveis semelhantes de volume por idade, pois apresentou um valor de F igual a 0,61 não significativo (Prob.=0,5341). Da mesma forma, a interação da idade pelo local (Ln t x local)



apresentou um valor de F igual a 5,80 significativo (Prob.=0,0119), indicando que a velocidade de crescimento em volume manifesta-se de forma diferente no tempo, conforme o local de origem dos dados.

#### **4.7 Análise do crescimento em diâmetro, altura e volume com variável dummy**

Com a utilização das variáveis dummy, no presente estudo, foram testadas e ajustadas diferentes equações, a fim de selecionar o modelo único que melhor descrevesse o crescimento em diâmetro, altura e volume, em função da idade, para *Podocarpus lambertii*. Assim, cada região foi identificada por uma variável, sendo definido, para o município de São Francisco: dummy 1, e para o município de São Sepé: dummy 2.

A equação de Backman foi escolhida por representar o crescimento típico e apresentar, durante sua utilização, uma maior eficiência quando combinada com as variáveis dummy, permitindo, assim, identificar diferenças de crescimento para as regiões estudadas. No entanto, foi necessário o ajuste das equações de crescimento para cada local, minimizando os erros das estimativas.

##### **4.7.1 Crescimento em diâmetro comparado com variável dummy**

Na Tabela 31, estão apresentados os resultados da análise de variância do crescimento em diâmetro, após o ajuste da equação de Backman, com a inclusão de variáveis dummy.

Por meio da análise de variância, observou-se que o modelo máximo foi significativo (Prob.<0,0001), bem como todas as variáveis independentes com altos valores de F calculado, o que indica a existência de diferenças no crescimento em diâmetro em função da idade entre as regiões estudadas, tanto no ritmo de crescimento inicial (intercepto com Prob. = 0,0023), como durante o desenvolvimento ao longo do tempo avaliado (Prob.<0,0001). Assim, pode-se afirmar que há diferença na capacidade produtiva da espécie entre São Francisco de Paula e São Sepé, constatado pela significância da interação entre a idade Ln(t) e a variável dummy 1, com valor de F igual a 12,32 e (Pr=0,0005), que representa a diferença de ângulo na análise de variância.

Tabela 31 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em diâmetro em função da idade, para *Podocarpus lambertii*.

FV	GL	SQ	QM	F	Prob.>F
Modelo	4	118,3745	29,5936	69,97	< 0,0001
Ln(t)	1	1,1881	1,1881	14,10	< 0,0001
Ln <sup>2</sup> (t)	1	-0,0525	-0,0525	4,55	0,0334
D1	1	-1,0192	-1,0192	13,74	0,0002
Ln(t) X D1	1	0,3162	0,3162	12,32	0,0005
Ln(t) X D2	1	0,000	0,000	3,9	
Erro	267	112,92320	0,4229		
Total	271	231,2977			

Sendo: Ln(t) = logaritmo natural da idade; t = idade em anos; D1; D2 = variáveis dummy 1 e 2; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob>F = nível de significância de F.

Os coeficientes da equação com variável dummy foram recalculados, permitindo estimar o crescimento em diâmetro em função da idade, para as duas regiões concomitantemente:

$$\ln d = - 1,32813 + 1,18816 \cdot \ln(t) - 0,05255 \cdot \ln^2(t) - 1,01920 \cdot D1 + 0,31626 \cdot (\ln(t) \cdot D1) \quad (16)$$

Sendo: d = diâmetro; ln = logaritmo natural; t = idade em anos; D1 = variável dummy 1.

O ajuste da equação de Backman, com variáveis dummy, apresentou coeficiente de determinação de 0,567, valor de coeficiente de variação 22,1%, apresentando alta significância. Os valores dos parâmetros foram recalculados e plotados em função da idade, gerando perfil de crescimento para as duas regiões estudadas, conforme mostra a Figura 28.

Por meio do perfil de crescimento, representado na Figura 28, observa-se que o *Podocarpus lambertii* apresenta tendência de desenvolvimento em diâmetro semelhante nas duas regiões, até em torno da idade de 27 anos, depois a região dos Campos de Cima da Serra apresenta um desenvolvimento mais destacado.

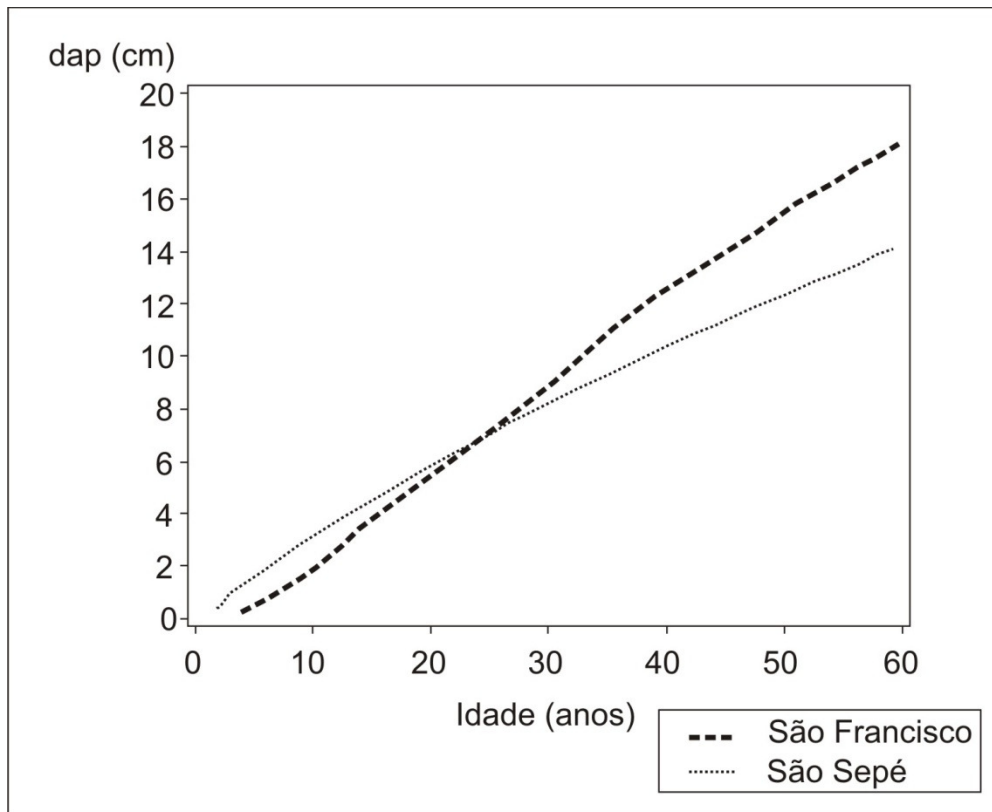


Figura 28 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em diâmetro em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

#### 4.7.2 Crescimento em altura comparado com variável dummy

Com a inclusão das variáveis dummy e o reajuste da equação de Backman, foram gerados os dados de análise de variância, apresentados na Tabela 32.

Examinando os resultados da análise de variância, observa-se que, no modelo máximo, todas as variáveis independentes foram significativas com altos valores de F calculado, indicando existir diferenças no crescimento em altura em função da idade entre as duas regiões avaliadas. Entretanto, ocorre diferença na capacidade produtiva da espécie em São Francisco de Paula, que é constatado pela significância da interação entre o logaritmo da idade  $\ln(t)$  e a dummy 1 (Prob. = 0,9239). Isso representa a diferença de ângulo, o qual indica o desenvolvimento da altura ao longo do tempo.

Tabela 32 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em altura em função da idade, para *Podocarpus lambertii*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	4	26,3526	6,5881	14,61	<0,0001
Ln(t)	1	1,15835	1,15835	58,41	0,05341
Ln <sup>2</sup> (t)	1	2,9533	2,9533	10,56	0,0012
D1	1	0,11906	0,13410	91,10	<,0001
Ln(t) X D1	1	0,0025	0,0025	0,01	0,9239
Ln(t) X D2	1	0,000	0,000	3,9	
Erro	267	120,4255	0,4510		
Total	271	146,7781			

Sendo: Ln(t) = logaritmo natural da idade; t = idade em anos; D1; D2 = variáveis dummy 1 e 2; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob.>F = nível de significância de F.

Quando avaliado o intercepto do modelo máximo, observa-se diferença significativa para o desenvolvimento da altura total em função da idade ao longo do tempo avaliado para uma das regiões (Prob.<0,0001). Essa diferença em nível passa a ser constante quando avaliada a interação que representa a taxa de crescimento anual em altura, como visto anteriormente.

Os coeficientes da equação com variável dummy foram recalculados para as duas regiões. Assim, o modelo genérico final, utilizado para estimar o crescimento em altura em função da idade, para ambas as regiões fitogeográficas, passa a ser:

$$\ln h = 0,61432 + 0,09365 \cdot \ln(t) + 0,08833 \cdot \ln^2(t) - 0,42318 \cdot D1 \quad (17)$$

Sendo: h = altura em m; ln = logaritmo natural; t = idade em anos; D1 = variável dummy 1.

Essa equação de Backman, com variáveis dummy, apresentou um bom ajuste, com valor de coeficiente de determinação de 0,612 e valor de coeficiente de variação 23,2%.

Por meio deste modelo máximo obtido, os valores dos parâmetros foram recalculados e plotados em função da idade, possibilitando a observação das

diferenças no crescimento em altura para as duas regiões, conforme mostrado na Figura 29.

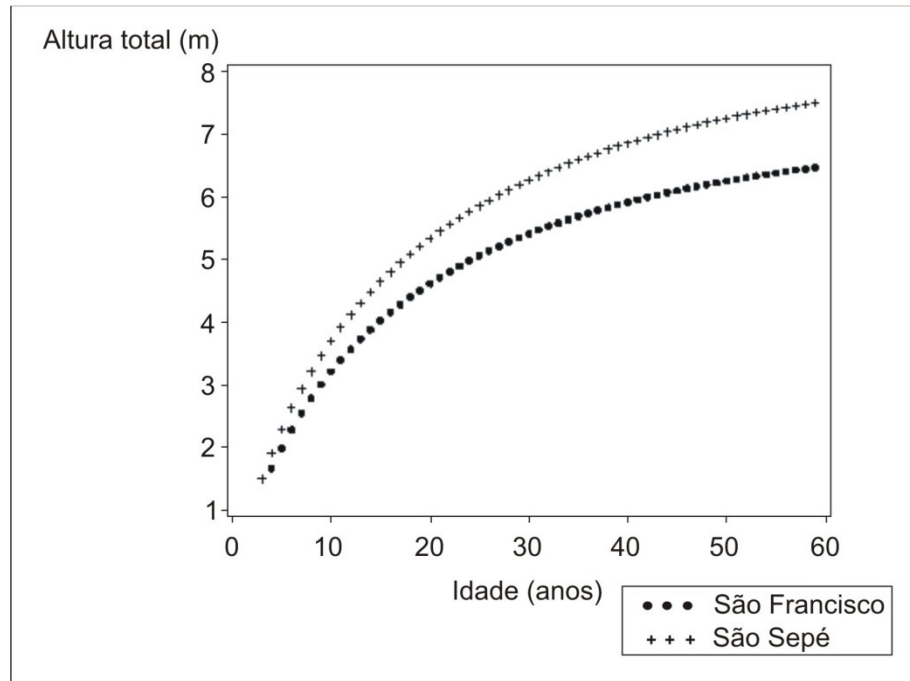


Figura 29 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em altura em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

Observa-se que as curvas de crescimento em altura em função da idade apresentam, nas duas regiões, semelhança para os níveis de crescimento. Para o município de São Sepé, o crescimento em altura é mais elevado quando comparado ao crescimento de São Francisco de Paula à mesma idade.

#### 4.7.3 Crescimento em volume comparado com variável dummy

Na Tabela 33, estão apresentados os resultados da análise de variância após o reajuste da equação de Backman com as variáveis dummy, para as duas regiões fitogeográficas estudadas.

Tabela 33 – Análise de variância e parâmetros estatísticos do ajuste da equação de Backman com variável dummy para crescimento em volume em função da idade, para *Podocarpus lambertii*.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Modelo	4	452,2786	113,06966	487,17	<0,0001
Ln(t)	1	1,78978	1,78978	83,40	0,0541
Ln <sup>2</sup> (t)	1	0,00280	0,00280	8,81	<0,0001
D1	1	1,25254	1,25254	9,23	<0,0001
Ln(t) X D1	1	0,1447	0,1447	0,14	0,7124
Ln(t) X D2	1	0,000	0,000	3,9	
Erro	267	383,20262	1,43522		
Total	271	835,48124			

Sendo: Ln(t) = logaritmo natural da idade; t = idade em anos; D1; D2 = variáveis dummy 1 e 2; FV = fonte de variação; GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; Prob>F = nível de significância de F.

Por meio da análise de variância, apresentada na Tabela 33, observa-se que todas as variáveis independentes no modelo máximo foram significativas, com altos valores de F calculado, indicando a existência de diferenças no crescimento em volume em função da idade entre as duas regiões estudadas. Observa-se o mesmo comportamento para o desenvolvimento em volume, se comparado ao da altura total, não havendo diferença na capacidade produtiva da espécie em São Francisco de Paula (Prob.= 0,7124).

Os coeficientes da equação com variável dummy foram recalculados para as duas regiões, assim, o modelo genérico final, utilizado para estimar o crescimento em volume em função da idade, para ambas as regiões fitogeográficas, passa a ser:

$$\ln v = - 1,04602 + 0,48157 \cdot \ln(t) + 0,32123 \cdot \ln^2(t) - 0,39655 \cdot D1 \quad (18)$$

Sendo: v = volume em m<sup>3</sup>; ln = logaritmo natural; t = idade em anos; D1 = variável dummy 1.

O reajuste da equação de Backman, com variáveis dummy, apresentou um valor de coeficiente de determinação de 0,745, coeficiente de variação de 33,2%.

Por meio do modelo máximo obtido, os valores dos parâmetros foram recalculados e plotados em função da idade, conforme é demonstrado na Figura 30.

Ao ser analisado os resultados, observaram-se diferenças no crescimento em volume para as duas regiões estudadas.

As tendências de crescimento nos anos iniciais aparentemente apresentam-se semelhantes, assim como ocorre com o crescimento em altura em função da idade. Até a idade de aproximadamente 25 anos podemos observar uma sobreposição das curvas. Após, as curvas tendem a se separar, indicando um crescimento em volume maior na região de São Francisco, quando comparada ao crescimento de São Sepé para a mesma idade, considerando que os níveis de concorrência eram semelhantes.

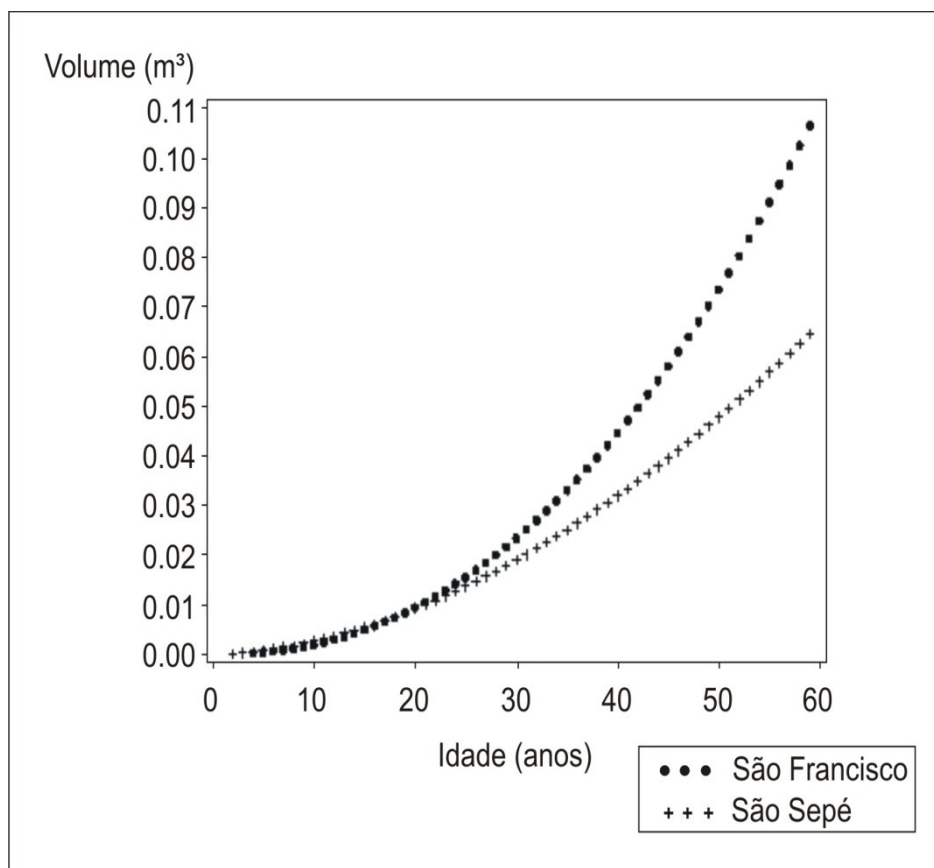


Figura 30 – Valores ajustados pela equação de Backman com variáveis dummy para crescimento em volume sem casca em função da idade de *Podocarpus lambertii*.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo, realizado com dados de *Podocarpus lambertii* das localidades de São Francisco de Paula e de São Sepé, (RS) permitiram concluir que:

a) A análise do comportamento da espécie na estrutura da vegetação, permitiu classificá-la como sendo heliófila ou semi-heliófila, preferindo vegetar na bordadura da mata, sendo invasora dos campos naturais na campanha, o que é também confirmado pelos fazendeiros da região estudada;

b) O incremento corrente anual em diâmetro apresentou correlação significativa positiva em função da precipitação e umidade relativa do ar, o que indica um aumento no crescimento das plantas à medida que aumentam esses fenômenos;

c) Ocorreu correlações negativas significativas com as classes de temperaturas médias avaliadas, revelando uma tendência de restrição ao crescimento com o aumento dessas variáveis a partir de um limite extremo;

d) Alguns elementos químicos do solo apresentaram correlação positiva, enquanto outros apresentaram negativa quando relacionados com o incremento periódico anual em diâmetro, indicando que o teor disponível no solo pode ser mais ou menos importante para o crescimento da espécie, podendo tornarem-se limitantes ou até tóxicos;

e) A maior parte da variação do incremento pode ser explicado pelos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) no solo, tendo explicado 58% do crescimento dessa espécie;

f) O *Podocarpus lambertii*, na localidade de São Francisco de Paula, RS, apresentou um diâmetro máximo de 38,8 cm, na idade de assíntota aos 140 anos, e, em São Sepé, RS, o diâmetro máximo foi de 24,4 cm, na idade de assíntota de 96 anos;

g) As equações de crescimento testadas, para ajustar o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade, nas duas localidades estudadas, apresentaram um excelente ajuste e elevada precisão estatística, permitindo estimar essas variáveis no tempo com alta precisão e baixo erro padrão da estimativa;



h) O crescimento em diâmetro do *Podocarpus lambertii*, quando comparado entre as duas localidades, apresentou uma tendência diferente a partir dos 34 anos, momento em que as árvores apresentaram o mesmo diâmetro de 12 cm. Assim, as árvores que crescem em São Francisco de Paula tendem a um ritmo mais acelerado quando comparadas ao desenvolvimento das mesmas em São Sepé;

i) O uso de variáveis dummy no modelo de crescimento de Backmann permitiu definir uma equação única para estimar o diâmetro, altura e volume em função da idade para ambas as localidades (São Francisco: dummy = 1 e São Sepé: dummy = 2), destacando-se os fatores ecológicos da região sobre as características de crescimento da espécie.

## 6 RECOMENDAÇÕES

É prudente ter sempre presente que um único estudo não pode responder às inúmeras questões que envolvem o desenvolvimento de uma espécie, especialmente, em se tratando de uma espécie autoctona.

O comportamento do *Podocarpus lambertii* em florestas plantadas, em povoamentos homogêneos ou em consórcio com outras espécies, pode ser testado.

Será importante realizar um estudo, semelhante ao aqui realizado, mais ao Sul do Rio Grande do Sul, em particular em Santana da Boa Vista, onde, em incursões, podemos avistar ótimos exemplares nativos.

Considerando os resultados verificados para o crescimento em diâmetro, altura e volume, esta espécie apresenta um grande potencial para utilização em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. Isto pode ser compartilhado com as características auto-ecológicas da espécie, especialmente em relação ao seu comportamento de adaptação em ambientes de pouca luminosidade.

Em Encruzilhada do Sul, foi implantado o único povoamento que se tem informação, por volta de 1974, ou seja, hoje com mais de 30 anos de idade. Um estudo para avaliar em que condições encontra-se esse plantio também viria a contribuir para o conhecimento da espécie.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALONSO, M. T. A. **Brasil Região Sul: vegetação**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1977. 534 p.

AMES, R. N.; LYNN, K. P.; STJOHN, T. V.; PATRICK REID, C.P. Nitrogen sources and A values for vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal sorghum grown at three rates of N-amonium sulphate. **The New Phytologist**, Colorado, v. 97, n. 2., p. 269-276, 1984.

ARAÚJO, A. L. **Setor florestal vive o declíneo**. O LIBERAL, 2009. Disponível em: <<http://amazonianamidia.blogspot.com/2009/01/o-liberal-setor-florestal-vive-o.html>>. Acesso em: 08 abr. 2009.

BARKER, A. V.; MILLS, H. A. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. **Horticultural Review**, Westport, v.2, p.395-423, 1980.

BARROS, N. F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com a altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara**. 1974. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1974.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Relação solo-eucalipto. **Folha de Viçosa**, Viçosa, p. 127-181, 1990.

BARUSSO, A. P. **A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco**. 1977. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1977.

BELTRAME, L. F. S.; GOMES, L. A. P.; TAYLOR, J. C. Estrutura e compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.3, p.145-149, 1981.

BEZLYUDNYI, N. N.; BELENKEVICH, O. A. Dependence of nitrogen metabolism on conditions of phosphorus nutrition and the form of nitrogen fertilization in winter rye plants. **Soviet Plant Physiol**, v.17, p. 827-831, 1970.

BRAGA, F. A. **Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de 166 eucalipto**. 1997. 64f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431 p. (DNPEA. Boletim técnico, 30).

BRASIL. Ministério da Agricultura. IBDF. Departamento de Economia Florestal. **Inventário Florestal Nacional: Florestas Nativas do Rio Grande do Sul**. Brasília: 1983. 345 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa nacional de florestas: políticas públicas para o setor florestal – linhas de crédito**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 67 p. Disponível em: <<http://www.tume.esalq.usp.br/simp/arquivos/mma.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2009.

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. de O. Application of some phytosociological techniques to Brazilian Rain Forest. **American Journal of Botany**, New York, v. 43, n. 3, p. 15-19, 1956.

CARMEAN, W. H. Forest site quality evaluation in the United States. **Advances in Agronomy**, New York, v.31, p. 209-269, 1975.

CARRARO, C. C. et al. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 1974. 29 p.

CARVALHO, P. E. R. Comparação de espécies nativas, em plantios em linhas em capoeiras, na região de Irati-PR – Resultados aos sete anos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 5, p. 53-68, 1982.

CARVALHO, P. E. R. de. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p. v. 1.

CARVALHO, P. E. R. de. **Pinheiro-bravo – *Podocarpus lambertii***. Colombo, Paraná: EMBRAPA. 2004. 9 p. (Circular Técnica).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. 627p. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v.2).

CASSOL C. A. **Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamento implantados de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em Passo Fundo – RS**. 1982. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1982.

CELLINI, J. M.; PASTEUR, G. M.; WADO, E. LENCINAS, M. V. Modelos de perfil de tronco en *Nothofagus pumilio* (Polpp. et Endl.) Krasser y su utilización en el cálculo del volumen total. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos. Forestales**, v. 11, n. 2, p. 245-261, 2002.

COELHO, P. A. Descrição preliminar de *Munida brasiliae* n sp. do Norte e Nordeste do Brasil (Crustacea: Decapoda: Galatheidae). **Ciência e Cultura**, v. 25, n. 6, p. 344, 1973.

COREY, R. B. Factores affecting the availability of nutrients to plants. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science. 1973. p. 23-34.

COUTINHO, A. L. da C. **Estudo comparativo do crescimento inicial de plantas obtidas de pinhões de duas procedências e três variedades de pinheiro brasileiro**. 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CRECHI, E. H. **Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em Misiones, Argentina**. 1996. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 467-475, 2006.

CUNHA, G. R. da; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1992. p. 85-97.

CURCIO, G. R. et al. Compartimentação toposseqüencial e caracterização fitossociológica de um capão de floresta ombrófila mista. **Floresta**, Curitiba, v.36, n. 3, p. 361-369, 2006.

DANIEL, T.W.; HELMS, J. A.; BAKER, F. **Principles of silviculture**. New York: Mc Graw-Hill, 1979. 500 p.

DAVIS, K. P. **Forest management, regulation and evaluation**. New York: Mc Graw Hill, 1966. 519 p.

ECKSTEIN, D.; OGDEN, J.; JACOBY, G. C.; ASH, J. Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. In: BORMAN, E. H.; BERLYN, G. (Eds.). **Age and growth rates of tropical trees: new directions for research**. Yale: University School of Forestry & Environmental, 1981. p. 83-106. (Studies Bulletin, 94). Proceedings of the Workshop on Age and Growth Rate Determination for Tropical Trees, Harvard Forest, 1980.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FERNANDES, B. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, 1983.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 269p.

FINGER, C. A. G. et al. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 101-108, 1996.

FOERSTER, M. Strukturanalyses eines tropischen Regenwaldes in Kolumbien. **Allgemeine Forst und Jagdzeitung**, Wien, v. 114, n. 1, p. 1-8, 1973.

FONTES, M. P. F.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BORGES, A .C. Disponibilidade do enxofre em três extratores químicos em Latossolo de Minas Gerais. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 6, p.125-130, 1982.

FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM Procedures**. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1981.

FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C. Tolerância a alumínio e eficiência a fósforo em milho e arroz: características independentes. **Bragantia**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 331-340, 1991.

GALVÃO, F. **Variação sazonal da fotossíntese líquida e respiração de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Ilex paraguariensis* St. Hil. e *Podocarpus lambertii* Kl. em função da intensidade luminosa e temperatura**. 1986. 116 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1986.

GARCIA, L. C.; NOGUEIRA, A. C.; ALQUINI, Y. Aspectos morfo-anatômicos de sementes de *Podocarpus lambertii* Klotz. e *Podocarpus sellowii* Klotz.-Podocarpaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 129-134, 2006.

GATTO, A. **Manejo do solo em áreas de reforma de floresta de eucalipto e seus reflexos na produtividade**. 2000. 62 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

GIONGO, C.; WAECHTER, J. L. Composição florística e estrutura comunitária de epífitos vasculares em uma floresta de galeria na Depressão Central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Botânica**, v. 27, n. 3, p. 563-572, jul./set. 2004.

GONÇALVES, J. L. M. **Interações genótipo-ambiente e relação entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo**. 1990. 135 f. Tese (Doutorado ESALQ-USP) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

GREENLAND, D. J. Soil management and soil degradation. **Journal of Soil Science**, London, v.31, p. 301-322, 1981.

HANNAH, A. Y.; HARLAN, P. W.; LEWIS, D. T. Soil available water as influenced by landscape position and aspect. **Agronomy Journal**, v.74, p.999-1004, 1982.

HANNAH, P. R. **Topography & soils relations for white and black oak in Southern Indiana**. Washington: Forest Service, 1968. 7 p. (Research Paper, NC-25).

HARRISON, S.; BRUNA, E. Habitat fragmentation on large-scale conservation: what do we know for sure?. **Ecography**, Copenhagen, v.22, p.225-232, 1999.

HERBERT, M. A.; SCHÖNAU, A. P. G. **Fertilizing commercial forest species in Southern Africa**: research, progress and problems. Paper "Mineral Stoffversorgung Tropischer Waldbaume" Bayreuth: Federal Republic of Germany, 1989.

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

HOPPE, J. M. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de incremento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na FLONA de Passo Fundo, RS**. 1980. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

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

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2009a.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Temáticos**. [Rio de Janeiro]: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas\\_e\\_Mapas/Mapas\\_Temáticos/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Temáticos/)>. Acesso em: 30 abr. 2009b.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796 p. v. 33.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira (Série: Manuais técnicos em geociências n. 1). Rio de Janeiro, 1992.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2007. Extração de madeira nativa cai em 2007, mas ainda foi de 16,4 milhões de m<sup>3</sup>. **Comunicação Social**. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: UnB, Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43 p. (Comunicações Técnicas Florestais, 7).

INOUE, M. T. **Estudo das coníferas potencialmente econômicas para o Brasil**. Curitiba, Faculdade de Florestas – UFPR, 1972.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. 260 p.

KALBASI, M.; RACZ, G.J.; LOEWEN-RUDGERS, L.A. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminium oxides. **Soil Sci.**, Baltimore, v. 125, p. 146-150, 1978.

KIVISTE, A. et al. **Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, 2002. 190 p.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1972. 745 p.

KUNIYOSHI, Y. S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta com *Araucaria***. 1983. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, Amsterdam, v.40, p.321-331, 1974.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LEMOS, R. C. et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Min. da Agricultura, Depto. Nac. de Pesq. Agropecuária, Div. Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 31).

LENZI, F. F. S. E.; COSTA, A. C. S. da. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324-330, 2001.

LINDSAY, W. L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.41-57.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Berlim: BLV, 1973. v.2.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. Porto Alegre: L & PM, 1995. 176 p.

LONGHI, S. J.; SELLE, G. L.; RAGAGNIM, L. I. M. et al. Composição florística e estrutura fitossociológica de um capão de *Podocarpus lambertii* Klotz., no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 9-26, 1992.

LONGHI, S. J. et al. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de floresta ombrófila mista na Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.2, p. 113-125, 2006.

LONGHI, S. J. et al. Fatores ecológicos determinantes na ocorrência de *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, na Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria. 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.



LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. São Paulo: Plantarum, v.1, 1998. p. 388.

MAIXNER, A. E.; FERREIRA, L. A. B. Contribuição ao estudo das essências florestais e frutíferas nativas no Estado do Rio Grande do Sul. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n.18, p.3-20, 1976.

MARANHO, L. T. et al. Variação dimensional das traqueídes ao longo do caule de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.3, p.633-640, 2006.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das gimnospermas**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1996. 200p.

MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: \_\_\_\_\_. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. p.231-255.

MATTOS, P. P. de. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa da idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do pantanal da Nheconlândia-MS**. 1999, 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3. ed. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1982. p. 655.

MITSCHERLICH, G.; SONNTAG, G. Papelversuche: Modell für eine regenerata und Neupotz-papel-ertragstafel im Oberheingebiet. **Allgemeine Forst und Jagdzeitung**, n.153, p. 213- 219, 1982.

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

MOREY, P. R. **O crescimento das árvores**. Tradução de Maria de Fátima Domingos Aleixo Pereira. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980. 72 p.

MOSSOR-PIETRASZEWSKA, T. Effect of aluminium on plant growth and metabolism. **Acta Biochimica Polonica**, Warszawa, v.48, p.673-686, 2001.

MULLETTE, K. J.; NOLA, J.H.; ELLIOTT, A. G. L. Insoluble phosphorus usage by Eucalyptus. Short communication. **Plant and Soil**, v.41, p.199-205, 1974.

NAVES-BARBIERO, C. C et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000.

NOBEL, P. S. **Introduction to biophysical plant physiology**. San Francisco: W. H. Freeman, 1974. 488 p.

NOVAIS, R. F et al. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). II. Efeito da calagem, do N e do superfosfato simples. **Revista Árvore**, Viçosa, v.4, n.1, p.1-13, 1980.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

OLIVEIRA, R. A. de. **Classificação de sítios em plantações de eucalipto pelo método de índices de local e por classe de solo e de precipitação**. 1998. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

OLIVEIRA, Y. M. M. de.; ROTTA, E. Levantamento da estrutura vertical de uma mata de araucária do primeiro planalto paranaense. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4. 1982. Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. p.27-41. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 10).

OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. New York: Jhon Wiley & Sons, 1996. 571 p.

PALAHÍ, M. et al. Stand-level yield model for Scots Pine (*Pinus sylvestris*) in North east Spain. **Investigación agrarian: sistemas y recursos forestales**, v.11, n.2, p. 409-424, 2002.

PARANÁ. Universidade Federal do Paraná. Centro de Pesquisas Florestais. **Estudo das alternativas técnicas, econômicas e sociais para o setor florestal do Paraná**: sub-programa tecnologia. Curitiba: SUDESUL / UFPR, 1979. 335 p.

PATE, J. S. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 313-340, 1980.

PEZZUTTI, R. V. et al. Crescimento e rentabilidade de plantios de *Pinus taeda* L. na margem do rio Uruguay, Argentina. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 4., 2008, Santa Maria.. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2008. p. 480.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo : Nobel, 2002. 549 p.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 1979. 500 p.

PRODAN, M. **Forest biometrics**. New York: Pergamon, 1968. 447 p.

PRODAN, M. et al. **Mensura forestal**. San José: IICA, Investigacion y Educacion en Desarrollo Sostenible, 1997. 586 p. v. 1.

PROJETO BIODIVERSIDADE. In: Mapa das Unidades de Vegetação do RS – RADAM. [S. I.], [2008]. Disponível em: <www.biodiversidade.rs.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2010.

QUADROS, F. L. F.; PILLAR, V. de P. Transições florestas-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 2, p. 109-118, 2002.

RAGAGNIN, L. I. M.; COSTA, E. C.; HOPPE, J. M. Maturação fisiológica de sementes de *Podocarpus lambertii* Klotzsch. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p.23-41, 1994.

RALSTON, C. W. Evaluation of forest site productivity. In: ROMBERGER, T. A.; MIKOLA, P. (Eds.). **International review of forest research**. New York: Academic Press, 1964. p. 171, v.1.

RAMBO, Pe R. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956. 456 p.

RAMOS, A. A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. p. 177-189.

REEVES, D.W. Soil management under no-tillage: soil physical aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa- CNPT, 1995. p. 123-130.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, v. 34/35, n. 35, p. 1-525, 1983.

RENNIE, P. J. Methods of assessing forest site capacity. **Commonwealth Forest Review**, Oxford, v. 42, n. 114, p. 306-317, 1963.

RHEINHEIMER, D. dos S. et al. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.

RIBEIRO, S. B.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A.; NASCIMENTO, A. R. T. Diversidade e classificação da comunidade arbórea da floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula FLONA, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 101-108, 2007.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.10, n.2, p. 290-301, 1959.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. **J. Agr. Pres**, USDA, v.46, n. 7, p.62-638, 1959.

RICTHER, D. D. et al. Effects of annual tillage on organic carbon in a fine-textured udalf: the importance of root dynamics to soil carbon storage. **Soil Science**, Baltimore, v.48, n.3, p.78-83, 1990.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo: Hucitec/ Edusp, 1979. v. 2.

ROCHA FILHO, J. V. C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. Influência do boro no crescimento e na composição química de *E. grandis*. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.36, n.1, p.139-151, 1979.

RODRIGUES, R. R. A sucessão florestal. In: MORELLATO, P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. (Orgs.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana**: Reserva de Santa Genebra. Campinas: UNICAMP, 1995. p. 30-36.

RODRIGUES, L. A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 25-35, 2007.

ROSOT, M. A. D. **Processamento digital de imagens aplicado à medição de anéis de crescimento na análise de tronco**. 2002. 162 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SALAS, G. **Factores edaficos y climaticos em la classification de sitios forestales**. Colômbia: Bosques de Colômbia, v.1, 1974.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SANQUETTA, C. R. **Zoneamento para fins de uso sustentável e conservação dos recursos da floresta ombrófila mista no estado do Paraná**. Curitiba: IAP – Instituto Ambiental do Paraná, 2002. 134 p. Relatório técnico-científico final IAP.

SANTOS, W.C. **Análise de características dendrométricas e fatores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SARTORI, P. L. P. **Petrologia do complexo granítico de São Sepé, RS**: modelo evolucionar de granitos do sul do Brasil. 1978. 196f Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal**: planejamento da produção florestal. Santa Maria: UFSM, 2009. 613 p.

SCHNEIDER, P. R. **Anatro**: programa de computador, ambiente MS-DOS. Santa Maria: [s.n.], 1984.

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

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

SCHONAU, A. P. G. Problems in using vegetation or soil classification in determining site quality. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.141, p.13-18, 1987.

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

SEMA/UFSM-RS. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Relatório Final do Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2001. 706 p. v.1, 2.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.103-106, 1983.

SILVA, C. S.; MARCONI, L. P. Fitossociologia em uma floresta com araucária em Colombo . Pr. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p. 23-38, 1990.

SILVEIRA, R. D. Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé – RS. 2007, 154f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SILVEIRA, R. B. A. **Maturação fisiológica de sementes de *Grevillea banksii* R. BR.** 1982. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1982.

SIMÕES, J. W. **Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, cultivado em vaso.** 1972. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1972.

SMITH, D. M. et al. **The practice of silviculture**. 9. ed. New York: John Willey & Sons, 1997. 518 p.

SOUZA, H. M. de. Os araribás ornamentais. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, v. 2. p. 7, 1973. Suplemento Agrícola.

SPARKS, D. L. **Chemistry of soil potassium in Atlantic Coastal Plain Soils: a review**. New York: Communications Soil Science Plant Analysis, 1980. p.435-449.

SPURR, S.H. **Forest inventory**. New York: Ronald, 1952. 476p.

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Forest ecology**. New York: Ronald. 1980. 517p.

STANNARD, B. L. **Flora of the Pico das Almas**: Chapada Diamantina – Bahia, Brazil. Kew: Royal Botanical Gardens, 1995. 853 p.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw, 1960. 481 p.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.83-91, 1999.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. p. 38-52.

TAGLIANI, C. R. A; VICENS, R. S. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do Sig Spring. In: SBRS, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1461-1468.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

TORRADO, P. V. **Relações solo x relevo em Mococa (SP)**: influência das características topográficas e posição na vertente nos atributos do solo. 1989. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade Federal de São Paulo, Piracicaba, 1989.

URBINATI, C. V et al. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1-25, 2003.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-32. (Circular, 23).

WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. 657 p.

WINDISCH, P. G.; NERVO, M. H.; SEIBERT, S. Crescimento perene em *Dicksonia sellowiana* Hook. (Monilophyta, Dicksoniaceae). **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, n. 59, p. 287-298, 2008.

ZILLER, S. R. **As formações vegetais da área de influência do futuro reservatório do Rio Iraí – Piraquara/Quatro Barras – PR**. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente/GTZ / IAP, 1993. 93 p

## **8 APÊNDICES**

Apêndice 1 – Estimativa do crescimento em diâmetro por idade para *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>DAP Estimado (cm)</b>	<b>ICA (cm/ano)</b>	<b>IMA (cm/ano)</b>
4	0,48	0,2000	0,1200
5	0,73	0,2500	0,1500
6	1,00	0,2700	0,1700
7	1,30	0,3000	0,1900
8	1,62	0,3200	0,2000
9	1,95	0,3300	0,2200
10	2,29	0,3400	0,2300
11	2,64	0,3500	0,2400
12	2,99	0,3500	0,2500
13	3,35	0,3600	0,2600
14	3,71	0,3600	0,2700
15	4,07	0,3600	0,2700
16	4,43	0,3600	0,2800
17	4,78	0,3500	0,2800
18	5,14	0,3600	0,2900
19	5,49	0,3500	0,2900
20	5,84	0,3500	0,2900
21	6,19	0,3500	0,2900
22	6,54	0,3500	0,3000
23	6,88	0,3400	0,3000
24	7,22	0,3400	0,3000
25	7,55	0,3300	0,3000
26	7,88	0,3300	0,3000
27	8,20	0,3200	0,3000
28	8,52	0,3200	0,3000
29	8,84	0,3200	0,3000
30	9,15	0,3100	0,3100
31	9,46	0,3100	0,3100
32	9,76	0,3000	0,3100
33	10,06	0,3000	0,3000
34	10,36	0,3000	0,3000
35	10,65	0,2900	0,3000
36	10,94	0,2900	0,3000
37	11,22	0,2800	0,3000
38	11,49	0,2700	0,3000
39	11,77	0,2800	0,3000
40	12,04	0,2700	0,3000
41	12,30	0,2600	0,3000
42	12,56	0,2600	0,3000
43	12,82	0,2600	0,3000
44	13,08	0,2600	0,3000



Apêndice 1 – Estimativa do crescimento em diâmetro por idade para *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>DAP Estimado (cm)</b>	<b>ICA (cm/ano)</b>	<b>IMA (cm/ano)</b>
45	13,32	0,2400	0,3000
46	13,57	0,2500	0,3000
47	13,81	0,2400	0,2900
48	14,05	0,2400	0,2900
49	14,29	0,2400	0,2900
50	14,52	0,2300	0,2900
51	14,74	0,2200	0,2900
52	14,97	0,2300	0,2900
53	15,19	0,2200	0,2900

Sendo: DAP = diâmetro a altura do peito em centímetro; ICA = incremento corrente anual em centímetros por ano; IMA = incremento médio anual em centímetros por ano.

Apêndice 2 – Estimativa do crescimento em altura por idade para *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>h estimado (m)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
1	0,04	0,47	0,040
2	0,20	0,16	0,100
3	0,47	0,27	0,157
4	0,83	0,36	0,208
5	1,25	0,42	0,250
6	1,70	0,45	0,283
7	2,18	0,48	0,311
8	2,66	0,48	0,333
9	3,13	0,47	0,348
10	3,58	0,45	0,358
11	4,00	0,42	0,364
12	4,40	0,40	0,367
13	4,78	0,38	0,368
14	5,12	0,34	0,366
15	5,43	0,31	0,362
16	5,72	0,29	0,358
17	5,98	0,26	0,352
18	6,21	0,23	0,345
19	6,42	0,21	0,338
20	6,61	0,19	0,331
21	6,78	0,17	0,323
22	6,93	0,15	0,315
23	7,07	0,14	0,307
24	7,18	0,11	0,299
25	7,29	0,11	0,292
26	7,39	0,10	0,284
27	7,47	0,08	0,277
28	7,55	0,08	0,270
29	7,61	0,06	0,262
30	7,67	0,06	0,256
31	7,72	0,05	0,249
32	7,77	0,05	0,243
33	7,81	0,04	0,237
34	7,84	0,03	0,231
35	7,87	0,03	0,225
36	7,90	0,03	0,219
37	7,93	0,03	0,214
38	7,95	0,02	0,209
39	7,97	0,02	0,204
40	7,99	0,02	0,200
41	8,00	0,01	0,195

Apêndice 2 – Estimativa do crescimento em altura por idade para *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>h estimado (m)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
42	8,01	0,01	0,191
43	8,02	0,01	0,187
44	8,04	0,02	0,183
45	8,04	0,00	0,179
46	8,05	0,01	0,175
47	8,06	0,01	0,171
48	8,07	0,01	0,168
49	8,07	0,00	0,165
50	8,08	0,01	0,162
51	8,08	0,00	0,158
52	8,08	0,00	0,155
53	8,09	0,01	0,153

Sendo: h: altura em metros; ICA = incremento corrente anual em metros por ano; IMA = incremento médio anual em metros por ano.

Apêndice 3 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade, de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>v estimado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
10	0,00000	0	0
11	0,00001	0,00001	9,1E-07
12	0,00002	0,00001	1,7E-06
13	0,00006	0,00004	4,6E-06
14	0,00013	0,00007	9,3E-06
15	0,00027	0,00014	1,8E-05
16	0,00052	0,00025	3,3E-05
17	0,00092	0,0004	5,4E-05
18	0,00152	0,0006	8,4E-05
19	0,00238	0,00086	1,3E-04
20	0,00355	0,00117	1,8E-04
21	0,00509	0,00154	2,4E-04
22	0,00703	0,00194	3,2E-04
23	0,00939	0,00236	4,1E-04
24	0,01218	0,00279	5,1E-04
25	0,01540	0,00322	6,2E-04
26	0,01903	0,00363	7,3E-04
27	0,02304	0,00401	8,5E-04
28	0,02737	0,00433	9,8E-04
29	0,03199	0,00462	1,1E-03
30	0,03684	0,00485	1,2E-03
31	0,04186	0,00502	1,4E-03
32	0,04699	0,00513	1,5E-03
33	0,05218	0,00519	1,6E-03
34	0,05739	0,00521	1,7E-03
35	0,06255	0,00516	1,8E-03
36	0,06764	0,00509	1,9E-03
37	0,07262	0,00498	2,0E-03
38	0,07745	0,00483	2,0E-03
39	0,08212	0,00467	2,1E-03
40	0,08661	0,00449	2,2E-03
41	0,09090	0,00429	2,2E-03
42	0,09498	0,00408	2,3E-03
43	0,09885	0,00387	2,3E-03
44	0,10250	0,00365	2,3E-03
45	0,10595	0,00345	2,4E-03
46	0,10917	0,00322	2,4E-03
47	0,11220	0,00303	2,4E-03
48	0,11502	0,00282	2,4E-03
49	0,11765	0,00263	2,4E-03
50	0,12009	0,00244	2,4E-03

Apêndice 3 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade, de *Podocarpus lambertii* em São Francisco de Paula, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>v estimado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
51	0,12236	0,00227	2,4E-03
52	0,12446	0,0021	2,4E-03
53	0,12640	0,00194	2,4E-03
54	0,12820	0,0018	2,4E-03
55	0,12985	0,00165	2,4E-03
56	0,13138	0,00153	2,3E-03
57	0,13278	0,0014	2,3E-03
58	0,13408	0,0013	2,3E-03
59	0,13526	0,00118	2,3E-03

Sendo: v = volume, sem casca em metros cúbicos; ICA = incremento corrente anual sem casca, em metros cúbicos por ano; IMA = incremento médio anual sem casca, em metros cúbicos por ano.

Apêndice 4 – Predição do crescimento em diâmetro por idade para *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>DAP estimado (cm)</b>	<b>ICA (cm/ano)</b>	<b>IMA (cm/ano)</b>
3	0,87	0,2800	0,2900
4	1,26	0,3900	0,3150
5	1,66	0,4000	0,3320
6	2,08	0,4200	0,3467
7	2,50	0,4200	0,3571
8	2,92	0,4200	0,3650
9	3,35	0,4300	0,3722
10	3,77	0,4200	0,3770
11	4,19	0,4200	0,3809
12	4,61	0,4200	0,3842
13	5,02	0,4100	0,3862
14	5,42	0,4000	0,3871
15	5,82	0,4000	0,3880
16	6,21	0,3900	0,3881
17	6,59	0,3800	0,3876
18	6,96	0,3700	0,3867
19	7,33	0,3700	0,3858
20	7,69	0,3600	0,3845
21	8,03	0,3400	0,3824
22	8,37	0,3400	0,3805
23	8,70	0,3300	0,3783
24	9,02	0,3200	0,3758
25	9,33	0,3100	0,3732
26	9,64	0,3100	0,3708
27	9,93	0,2900	0,3678
28	10,22	0,2900	0,3650
29	10,50	0,2800	0,3621
30	10,77	0,2700	0,3590
31	11,03	0,2600	0,3558
32	11,28	0,2500	0,3525
33	11,53	0,2500	0,3494
34	11,77	0,2400	0,3462
35	12,00	0,2300	0,3429
36	12,22	0,2200	0,3394
37	12,44	0,2200	0,3362
38	12,65	0,2100	0,3329
39	12,85	0,2000	0,3295
40	13,05	0,2000	0,3263
41	13,24	0,1900	0,3229
42	13,42	0,1800	0,3195
43	13,60	0,1800	0,3163

Apêndice 4 – Predição do crescimento em diâmetro por idade para *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>DAP estimado (cm)</b>	<b>ICA (cm/ano)</b>	<b>IMA (cm/ano)</b>
44	13,77	0,1700	0,3130
45	13,93	0,1600	0,3096
46	14,09	0,1600	0,3063
47	14,25	0,1600	0,3032
48	14,40	0,1500	0,3000
49	14,54	0,1400	0,2967
50	14,68	0,1400	0,2936
51	14,82	0,1400	0,2906
52	14,95	0,1300	0,2875
53	15,08	0,1300	0,2845
54	15,20	0,1200	0,2815
55	15,32	0,1200	0,2785
56	15,43	0,1100	0,2755
57	15,54	0,1100	0,2726
58	15,64	0,1000	0,2697
59	15,75	0,1100	0,2669

Sendo: DAP = diâmetro a altura do peito em centímetro; ICA = incremento corrente anual em centímetros por ano; IMA = incremento médio anual em centímetros por ano.

Apêndice 5 – Estimativa do crescimento em altura por idade para *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>h estimado (m)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
3	1,5	0,53	0,5000
4	1,9	0,4000	0,4750
5	2,2	0,3000	0,4400
6	2,5	0,3000	0,4167
7	2,8	0,3000	0,4000
8	3,1	0,3000	0,3875
9	3,4	0,3000	0,3778
10	3,7	0,3000	0,3700
11	3,9	0,2000	0,3545
12	4,2	0,3000	0,3500
13	4,4	0,2000	0,3385
14	4,6	0,2000	0,3286
15	4,8	0,2000	0,3200
16	5,0	0,2000	0,3125
17	5,2	0,2000	0,3059
18	5,4	0,2000	0,3000
19	5,6	0,2000	0,2947
20	5,8	0,2000	0,2900
21	5,9	0,1000	0,2810
22	6,1	0,2000	0,2773
23	6,3	0,2000	0,2739
24	6,4	0,1000	0,2667
25	6,6	0,2000	0,2640
26	6,7	0,1000	0,2577
27	6,8	0,1000	0,2519
28	7,0	0,2000	0,2500
29	7,1	0,1000	0,2448
30	7,2	0,1000	0,2400
31	7,3	0,1000	0,2355
32	7,4	0,1000	0,2313
33	7,5	0,1000	0,2273
34	7,7	0,2000	0,2265
35	7,8	0,1000	0,2229
36	7,9	0,1000	0,2194
37	8,0	0,1000	0,2162
38	8,0	0,0000	0,2105
39	8,1	0,1000	0,2077
40	8,2	0,1000	0,2050
41	8,3	0,1000	0,2024
42	8,4	0,1000	0,2000
43	8,5	0,1000	0,1977



Apêndice 5 – Estimativa do crescimento em altura por idade para *Podocarpus lambertii* em São Sepé, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>h estimado (m)</b>	<b>ICA (m/ano)</b>	<b>IMA (m/ano)</b>
44	8,5	0,0000	0,1932
45	8,6	0,1000	0,1911
46	8,7	0,1000	0,1891
47	8,7	0,0000	0,1851
48	8,8	0,1000	0,1833
49	8,9	0,1000	0,1816
50	8,9	0,0000	0,1780
51	9,0	0,1000	0,1765
52	9,1	0,1000	0,1750
53	9,1	0,0000	0,1717
54	9,2	0,1000	0,1704
55	9,2	0,0000	0,1673
56	9,3	0,1000	0,1661
57	9,3	0,0000	0,1632
58	9,4	0,1000	0,1621
59	9,4	0,0000	0,1593

Sendo: h = altura em metros; ICA = incremento corrente anual em metros por ano; IMA = incremento médio anual em metros por ano.

Apêndice 6 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade de *Podocarpus lambertii*, em São Sepé, RS.

<b>Idade (anos)</b>	<b>v estimado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ICA (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>IMA (m<sup>3</sup>/ano)</b>
3	5,31E-08	0,0008	1,77E-08
4	6,56E-07	6,03E-07	1,64E-07
5	4,18E-06	3,52E-06	8,36E-07
6	1,76E-05	1,34E-05	2,93E-06
7	5,57E-05	3,81E-05	7,96E-06
8	1,44E-04	8,83E-05	1,80E-05
9	3,16E-04	1,72E-04	3,51E-05
10	6,18E-04	3,02E-04	6,18E-05
11	1,10E-03	4,82E-04	1,00E-04
12	1,80E-03	7,00E-04	1,50E-04
13	2,76E-03	9,60E-04	2,12E-04
14	4,02E-03	1,26E-03	2,87E-04
15	5,59E-03	1,57E-03	3,73E-04
16	7,47E-03	1,88E-03	4,67E-04
17	9,66E-03	2,19E-03	5,68E-04
18	1,21E-02	2,44E-03	6,72E-04
19	1,49E-02	2,80E-03	7,84E-04
20	1,78E-02	2,90E-03	8,90E-04
21	2,09E-02	3,10E-03	9,95E-04
22	2,42E-02	3,30E-03	1,10E-03
23	2,76E-02	3,40E-03	1,20E-03
24	3,10E-02	3,40E-03	1,29E-03
25	3,44E-02	3,40E-03	1,38E-03
26	3,78E-02	3,40E-03	1,45E-03
27	4,11E-02	3,30E-03	1,52E-03
28	4,44E-02	3,30E-03	1,59E-03
29	4,76E-02	3,20E-03	1,64E-03
30	5,06E-02	3,00E-03	1,69E-03
31	5,36E-02	3,00E-03	1,73E-03
32	5,63E-02	2,70E-03	1,76E-03
33	5,90E-02	2,70E-03	1,79E-03
34	6,15E-02	2,50E-03	1,81E-03
35	6,39E-02	2,40E-03	1,83E-03
36	6,61E-02	2,20E-03	1,84E-03
37	6,81E-02	2,00E-03	1,84E-03
38	7,01E-02	2,00E-03	1,84E-03
39	7,19E-02	1,80E-03	1,84E-03
40	7,35E-02	1,60E-03	1,84E-03
41	7,51E-02	1,60E-03	1,83E-03
42	7,65E-02	1,40E-03	1,82E-03
43	7,78E-02	1,30E-03	1,81E-03

Apêndice 6 – Incremento médio e corrente anual em volume por idade de *Podocarpus lambertii*, em São Sepé, RS. Continuação...

<b>Idade (anos)</b>	<b>v estimado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ICA (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>IMA (m<sup>3</sup>/ano)</b>
44	7,90E-02	1,20E-03	1,80E-03
45	8,02E-02	1,20E-03	1,78E-03
46	8,12E-02	1,00E-03	1,77E-03
47	8,21E-02	9,00E-04	1,75E-03
48	8,30E-02	9,00E-04	1,73E-03
49	8,38E-02	8,00E-04	1,71E-03
50	8,45E-02	7,00E-04	1,69E-03
51	8,52E-02	7,00E-04	1,67E-03
52	8,58E-02	6,00E-04	1,65E-03
53	8,64E-02	6,00E-04	1,63E-03
54	8,69E-02	5,00E-04	1,61E-03
55	8,73E-02	4,00E-04	1,59E-03
56	8,78E-02	5,00E-04	1,57E-03
57	8,81E-02	3,00E-04	1,55E-03
58	8,85E-02	4,00E-04	1,53E-03
59	8,88E-02	3,00E-04	1,51E-03

Sendo: v = volume, sem casca em metros cúbicos; ICA = incremento corrente anual sem casca, em metros cúbicos por ano; IMA = incremento médio anual sem casca, em metros cúbicos por ano.

## **9 ANEXOS**

Anexo 1 - Médias anuais do clima utilizadas na análise de correlação com o incremento corrente anual em diâmetro.

### Caxias do Sul - RS

Ano	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmaxab (°C)	Tminab (°C)	Pp (mm)	Rad. (cal/cm <sup>3</sup> )	Urel. (%)
1988	20,9	11,5	30,8	-1,6	1694,9	33,8	77,8
1989	20,9	12,5	30,4	1,6	1718,0	30,9	76,7
1990	21,0	12,2	32,7	-2,4	1950,8	28,6	74,6
1991	22,4	12,5	32,8	-5,2	1477,1	31,1	68,4
1992	21,1	12,2	32,3	-2,3	1624,1	30,8	72,9
1993	21,3	12,5	31,4	-2,0	1768,6	28,3	71,5
1994	21,9	12,6	33,5	-0,9	2061,9	29,7	69,4
1995	21,9	12,1	33,0	-2,5	1333,0	29,3	67,8
1996	21,0	12,2	32,6	-3,0	1812,4	28,5	69,2
1997	21,8	13,2	33,5	-1,3	2028,0	26,8	68,9
1998	20,9	12,7	31,6	3,6	1801,7	27,4	72,8
1999	21,0	12,1	31,4	0,0	1343,6	33,0	77,0
2000	21,1	12,4	30,6	0,2	1842,4	32,2	78,3
2001	22,1	13,6	31,2	0,0	1771,7	29,6	80,2
2002	21,9	13,4	33,0	1,0	2175,6	29,9	81,4
2003	21,8	12,5	32,0	-2,0	1809,2	30,0	78,0
2004	21,8	12,0	33,0	-2,0	1321,4	31,9	77,3
2005	21,9	12,5	32,4	-0,8	1913,8	29,3	78,1
2006	22,1	11,9	34,0	-2,8	1290,2	32,9	77,8
2007	22,5	13,5	31,4	-2,0	1981,2	35,1	81,6

### São Gabriel - RS

Ano	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tmaxab (°C)	Tminab (°C)	Pp (mm)	Rad. (cal/cm <sup>3</sup> )	Urel. (%)
1988	24,7	14,4	37,6	-2,0	1282,7	40,6	71,1
1989	24,9	14,0	37,0	-1,5	1054,1	39,0	74,4
1990	24,1	14,4	37,6	-1,0	1513,7	37,2	78,0
1991	25,4	14,6	38,3	0,1	1049,1	34,4	73,1
1992	24,2	14,4	39,1	0,0	1689,8	34,7	74,7
1993	24,6	14,3	39,1	0,1	1314,5	33,0	72,2
1994	25,1	14,7	40,2	0,2	1369,9	35,0	69,9
1995	24,7	13,9	40,8	0,2	1068,0	37,4	69,0
1996	25,1	14,6	39,5	0,2	1207,7	39,0	69,4
1997	25,2	15,2	39,8	0,6	1842,1	35,2	73,4
1998	24,2	14,6	38,2	1,8	1973,2	32,4	71,6
1999	24,3	13,9	39,6	0,2	1456,9	34,3	67,1
2000	23,8	13,7	38,5	0,0	1516,4	32,2	70,3
2001	25,1	16,0	37,8	1,0	1547,4	31,3	76,3
2002	23,9	15,3	38,0	0,6	2049,9	28,7	74,3
2003	23,9	14,2	37,6	5,1	1218,1	31,8	76,1
2004	25,4	14,0	38,8	-1,8	836,9	31,7	69,6
2005	26,5	15,0	38,2	0,0	1413,7	28,5	70,0
2006	26,7	13,7	39,9	4,0	1288,9	29,3	68,5
2007	24,8	14,2	31,7	7,8	832,9	30,0	74,6

Sendo: Tmax = temperatura média máxima em °C; Tmin = temperatura média mínima em °C; Tmaxab = temperatura máxima absoluta em °C; Tminab = temperatura mínima absoluta em °C; Pp = precipitação em mm; Rad.= radiação solar, cal/cm<sup>3</sup>; Urel = umidade relativa do ar em %.