

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

**DENDROECOLOGIA DE *Cedrela fissilis* (Vell.) NA
REGIÃO DE SANTA MARIA, RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lílian Daniel Pereira

**Santa Maria, RS, Brasil,
2011**

**DENDROECOLOGIA DE *Cedrela fissilis* (Vell.) NA REGIÃO
DE SANTA MARIA, RS**

Lílian Daniel Pereira

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

Orientador: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig

**Santa Maria, RS, Brasil
2011**

P436d Pereira, LÍlian Daniel
 Dendroecologia de cedrela fissilis (Vell.) na região de Santa Maria, RS / por
 LÍlian Daniel Pereira. – 2011.
 63 f. ; il. ; 30 cm

 Orientador: Frederico Dimas Fleig
 Coorientador: Cézar Augusto Guimarães Finger
 Coorientador: Dalvan José Reinert
 Coorientador: José Miguel Reichert

 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
 Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2011

 1. Engenharia florestal 2. Dendroclimatologia 3. Morfometria 4. Cedro
 5. Dendrocronologia I. Fleig, Frederico Dimas II. Finger, Cézar Augusto Guimarães
 III. Reinert, Dalvan José IV. Reichert, José Miguel V. Título.

 CDU 630.2

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

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

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

**DENDROECOLOGIA DE *Cedrela fissilis* (Vell.) NA REGIÃO DE
SANTA MARIA, RS**

elaborada por
Lílian Daniel Pereira

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

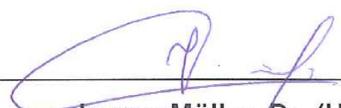
COMISSÃO EXAMINADORA:



Frederico Dimas Fleig, Dr.
(Presidente/Orientador)



Claudio Sergio Lisi, Dr. (UFS)



Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 28 de Fevereiro de 2011.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela infra-estrutura e pelo apoio logístico cedido em conjunto com a Prefeitura Universitária e o Departamento de Ciências Florestais.

Ao meu orientador, Dr. Frederico Dimas Fleig, pelos seus ensinamentos.

Aos professores co-orientadores, César Augusto Guimarães Finger, Dalvan José Reinert, José Miguel Reichert, pelo apoio e pelo auxílio prestados.

Ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, e à Estação Meteorológica de Santa Maria por disponibilizar os dados climáticos.

Aos professores, Dr. Ivanor Müller e Dr. Claudio Sergio Lisi, pela disponibilidade em contribuir com este trabalho e pela formação da banca de defesa para obtenção do título de Mestre.

À Sra. Cerlene Machado, secretária do PPGEF.

Aos meus familiares e ao meu namorado, pelo apoio, pelo carinho e pela compreensão.

Aos colegas Engenheiros Florestais: Miriam Rodrigues Fernandes, Evandro Alcir Meyer e Elisabete Vuaden, ao funcionário Jorge Diefenteller, pela enriquecedora convivência e pelo auxílio na coleta de dados para o trabalho.

A todos os amigos que me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

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

DENDROECOLOGIA DE *Cedrela fissilis* (Vell.) NA REGIÃO DE SANTA MARIA, RS

AUTORA: Lílian Daniel Pereira

ORIENTADOR: Dr. Frederico Dimas Fleig

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2011.

Cedrela fissilis (Vell.) é uma espécie de crescimento considerável e apresenta alta qualidade de madeira, por isso, é uma espécie potencial para o manejo de florestas nativas. Contudo, para o manejo adequado desta espécie é necessário o conhecimento de sua auto-ecologia e a dinâmica na floresta. Com intenção de contribuir com os avanços do manejo florestal no Rio Grande do Sul, buscou-se avaliar a influência da morfometria (proporção de copa - Pc; índice de abrangência -IA; grau de esbeltez -Hd; índice de saliência-IS; Form de copa -Fc), do clima, da presença de lianas, do solo (granulometria) e da competição (densidade pontual de Spurr) no crescimento do cedro. Foram coletadas informações referentes à: circunferência à altura do peito; altura total; altura comercial; altura de inserção de copa e oito raios de copa das árvores dominantes de cedro, além de informações referentes às condições ecológicas de: densidade pontual de Spurr; presença e ausência de pedregosidade; posição no terreno; profundidade; presença de cipós e lianas e coletado solo para a análise granulométrica. Os dados de incremento foram obtidos pela análise de duas baguetas, coletados com a utilização do trado de Pressler. As relações morfométricas, de IA, Hd, IS, e o próprio Dap, e diâmetro de copa explicaram satisfatoriamente o incremento médio em área basal dos últimos anos. A relação hipsométrica e o índice de abrangência foram correlacionados com medidas de competição. O crescimento não foi influenciado pela textura do solo. A presença de lianas influenciou na produtividade do cedro, árvores com presença de lianas demonstraram produtividade inferior às demais. O crescimento foi influenciado pela precipitação de novembro/dezembro a abril. As árvores de cedro em condições livres e com menor concorrência foram mais aptas para as análises dendrocronológicas. A metodologia proposta de correspondência de tendência de intervalo, para formação de série dendrocronológica média, foi mais eficiente que a metodologia de obtenção de série dendrocronológica média pelas maiores correlações entre as baguetas, pois a metodologia de correspondência de tendência de intervalo, além de incluir maior número de indivíduos na série dendrocronológica média, obteve maior correlação com a precipitação do período de novembro/dezembro a abril, melhorando inclusive a correlação com relação a precipitação mensal, sendo correlacionado positivamente e significativamente com os meses de novembro, janeiro março e abril, pela correlação de postos de Spearman ao nível de 0,05 de significância.

Palavras-chave: Dendroclimatologia. Morfometria. Dendrocronologia. Cedro.

ABSTRACT

Master's dissertation
Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DENDROECOLOGY OF *Cedrela fissilis* (Vell.) IN THE SANTA MARIA REGION OF RS

AUTHOR: Lílian Daniel Pereira

ADVISOR: Dr. Frederico Dimas Fleig

Date and Place of Defense: Santa Maria, February 28, 2011.

Cedrela fissilis (Vell.) is a species that has a considerable growth and a high quality wood, and because of that it is a potential species for native forests management. However, for the proper handling of this species is necessary the knowledge about its self-ecology and its dynamic in the forest. In order to contribute to the advancement of forest management in Rio Grande do Sul, we sought to evaluate the influence of morphometry (Crown proportion- Pc; range index -IA; degree of slenderness- Hd; salience index - IS; crown formal- FC), of the climate, of the presence of lianas, of soil (granulometry) and the competition (density point of Spurr), in the growing of cedro. Information was collected as regards of: circumference at breast height; overall height, commercial high, insertion height of the canopy; and eight rays of the canopy of dominant cedro trees, besides information about ecological conditions of: density point of Spurr, presence or absence of stones in soil; position on the ground; depth, presence or absence of lianas; and collected soil for particle size analysis. The increment data were obtained by the analysis of two rolls of increments, collected with the use of Pressler borer from. The morphological relationships, of IA, Hd, DBH, and crown diameter explained satisfactorily the average increase in basal area in recent years. The hypsometric relationship and range index were correlated with measures of competition. The growth was not influenced by soil texture. While Liana presence affected the productivity of cedro, trees with presence of lianas yielded less than the others. The growth was influenced by rainfall in November/December to April. The cedro trees in free conditions and with less competition were more suited to the dendroclimatic analysis. The proposed methodology: correspondence of the trend interval, for the formation of dendrochronology average, was more efficient than the methodology for obtaining the dendrochronological series average of the bigger correlations between the baguettes, because the correspondence of the trend interval, beyond include more trees in the dendrochronology mean, had a higher correlation with rain period of November/December to April, improving the correlations of monthly rain, had significant correlation with monthly November, January, march, April, for Spearman correlation with level of significant of 0.05.

Keywords: Dendroclimatology. Morphometry. Dendrochronology. Cedro

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 4.1 – Distribuição de chuvas e temperatura na região de Santa Maria, RS...	19
Figura 4.2- Coleta de solo deformada de Santa Maria, RS, secando ao ar para a análise granulométrica.	20
Figura 4.3 - Tradagem de árvores de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. na região de Santa Maria, RS.	21
Figura 4.4 - Secagem de baguetas de <i>Cedrela fissilis</i> coletadas na região de Santa Maria, RS.	22
Figura 5.1 –Distribuição diamétrica das árvores de cedro nas localidades de Arroio Grande, CISM e Val Feltrina.	26
Figura 5.2 – Relações entre diâmetro de copa com Dap de cedro em Val Feltrina, CISM e Arroio Grande, RS.	28
Figura 5.3- Relação hipsométrica para árvores de cedro na região de Santa Maria, RS.	30
Figura 5.4 – Comprimento de copa e proporção de fuste aproveitável de cedro em função do Dap, na região de Santa Maria, RS.	30
Figura 5.5 – Incremento periódico em raio com seus desvios padrões e incremento médio em área basal dos últimos três e cinco anos por classe de diâmetro de cedro, da região de Santa Maria, RS.	32
Figura 5.6 – Relação entre incremento médio em área basal de cedro com diâmetro de copa e índice de abrangência, na região de Santa Maria, RS.	34
Figura 5.7 - Relação entre medidas de densidade pontual de Spurr e área basal por Bitterlich com índice de abrangência de cedro na região de Santa Maria, RS.	36
Figura 5.8 – Incremento médio em área basal dos últimos cinco anos em função do índice de abrangência (IA) para árvores de cedro, no interior de floresta, com densidade de Spurr estável na região de Santa Maria, RS.	38
Figura 5.9 – Crescimento de <i>Cedrela fissilis</i> , em Floresta Estacional Decidual, em Val Feltrina, RS.	39
Figura 5.10 - Baguetas coletadas do cedro C02. Bagueta C02R1 com marcação em vermelho das camadas de fronteiras difusas (A), e bagueta C02R2 com camadas bem distinguíveis de parênquima diferenciado os anéis (B).	44
Figura 5.11 - Séries de incrementos da árvore de cedro C39, em Val Feltrina, RS.	45
Figura 5.12 – Séries de incremento das árvores C36 (A) e C22 (B), da região de Santa Maria, RS.	45
Figura 5.13 – Número de anéis de crescimento de cedro analisados para cada ano na região de Santa Maria, RS.	46
Figura 5.14 – Sensitividade média e coeficiente de variação dos índices de incremento das séries de todas as árvores analisadas de cedro da região de Santa Maria, RS.	48
Figura 5.15 - Índice de sensibilidade de todas as árvores analisadas de cedro da região de Santa Maria, RS.	48
Figura 5.16 – Correlações entre dendrocronologia média de cedro e precipitação pluviométrica mensal da região de Santa Maria, RS.	49
Figura 5.17 – Séries dendrocronológicas médias de cedro obtidas por diferentes métodos e a precipitação do período de dezembro a abril, da região de Santa Maria, RS.	52
Figura 5.18 - Correlação entre a média das 19 árvores de cedro e a precipitação mensal, na região de Santa Maria, RS.	53

Figura 5.19 – Árvores de cedro com 70% de semelhança com a série de precipitação de dezembro a abril, considerando períodos menores que 1994 a 2008, em Santa Maria, RS.	54
Figura 5.20 – Índices de incremento das 19 árvores de cedro selecionadas para série dendrocronológica por tendência de intervalo e precipitação do período de dezembro a abril, em Santa Maria, RS.	55

LISTA DE TABELA

Tabela 4.1 – Espessura de casca estipulada, conforme centro de classe diamétrica.	23
Tabela 5.1- Relações morfométricas de cedro, divididas em centros classes de Dap, na região de Santa Maria, RS.	27
Tabela 5.2 - Análise de regressão para diâmetro de copa em função de Dap, de Cedro na região de Santa Maria, RS.	29
Tabela 5.3 – Correlações entre incremento periódico radial e incremento médio em área basal com as características morfométricas de cedro da região de Santa Maria, RS.	32
Tabela 5.4 – Análise de regressão <i>Stepwise</i> de incremento em área basal dos últimos cinco anos em função das variáveis morfométricas de <i>Cedrela fissilis</i> em Santa Maria, RS.	37
Tabela 5.5 – Análise de covariância da função $in=bo+b1idade$ para <i>Cedrela fissilis</i> em função de indivíduos (arv) em Val Feltrina, RS.	40
Tabela 5.6 – Verificação de diferença de níveis dos indivíduos de menores incrementos de Cedro de Val Feltrina, RS.	41
Tabela 5.7 - Verificação de diferença de níveis para os indivíduos de maiores crescimentos de Cedro de Val Feltrina, RS.	41
Tabela 5.8 – Produtividade, incremento médio em área basal e incremento periódico radial dos últimos três anos de árvores de cedro da região de Santa Maria, RS.	42
Tabela 5.9- Correlações entre as baguetas de árvores de Cedro da região de Santa Maria, RS.	43
Tabela 5. 10 – Correlações entre as árvores de cedro que compõem a série dendrocronológica pela média entre as baguetas de maiores correlações entre si, da região de Santa Maria, RS.	46
Tabela 5.11 - Número de árvores de cedro que obtiveram correlação com o período de precipitação, analisando os últimos 15 anos de incremento, na região de Santa Maria, RS.	51

LISTA DE ABREVIATURAS

CAP = Circunferência a altura do peito

DAP = diâmetro a altura do peito

Ht = altura total;

Hc = altura comercial;

Hi = altura de inserção de copa;

Rc = raios de copa;

Dc = Diâmetro de copa

L= comprimento de copa,

Pc = proporção de copa,

Hd = grau de esbeltez,

IS = índice de saliência

IA = índice de abrangência

Fc = formal de copa.

F.ap = Fuste aproveitável

Gs = densidade pontual de Spurr .

Gb = área basal de Bitterlich

g_n = incremento médio em área basal dos últimos n anos

dap_{SC} = diâmetro à altura do peito sem casca;

inc_n = incremento radial dos últimos n anos analisados.

lpa_3 = incremento periódico radial anual considerando os últimos três anos.

lpr_n = incremento periódico radial dos últimos n anos analisados,

e = espessura de casca

incr= incremento

S_{i+1} =Sensitividade anual

S = sensibilidade média

IS = índice de sensibilidade

Arv = árvore

Id. = idade

Prod = produtividade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 CEDRO.....	12
3.2 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO.....	13
3.3. ANÉIS DE CRESCIMENTO	15
3.4 DENDROECOLOGIA.....	16
4 MATERIAL E MÉTODO	18
4.1 CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	18
4.2 COLETA DE DADOS MORFOMÉTRICOS E ECOLÓGICOS.....	19
4.3 DADOS DE CRESCIMENTO	21
4.4 DADOS CLIMÁTICOS	22
4.5 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 MORFOMETRIA E RELAÇÕES MORFOMÉTRICAS	26
5.2 RELAÇÕES ENTRE INCREMENTO E MORFOMETRIA	31
5.3 MEDIDA DE DENSIDADE PONTUAL	35
5.4 MODELO DE CRESCIMENTO EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E DE COMPETIÇÃO	37
5.5 CRESCIMENTO EM FUNÇÃO DA IDADE.....	38
5.6 CORRELAÇÃO ENTRE BAGUETAS E SÉRIE DENDROCRONOLÓGICA MÉDIA	43
5.7 ANÁLISE DOS ANOS CARACTERÍSTICOS E SENSITIVIDADE.....	47
5.8 CORRELAÇÕES ENTRE CRESCIMENTO E PRECIPITAÇÃO MENSAL	48
5.9 CORRELAÇÕES ENTRE CRESCIMENTO E PERÍODOS DE PRECIPITAÇÃO.....	50
6 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que o Brasil já utilizou e ainda usa as suas florestas de maneira exploratória, não contribuindo para a preservação das florestas naturais. O manejo de florestas nativas é uma alternativa cada vez mais enfocada na ciência florestal para o suprimento de madeira de alta qualidade. Entretanto, para que isto seja alcançado, primeiramente, se faz necessário o estudo mais aprofundado das condições ecológicas que influenciam o crescimento da floresta.

Os estudos das relações entre incremento diamétrico, elementos climáticos e ambientais apresentam grande relevância quanto ao manejo de florestas naturais, pois os dados resultantes devem vir a auxiliar e servir como embasamento às práticas de manejo florestal, de maneira que se possa realizar métodos de manejo sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental.

Vários fatores interferem no crescimento das árvores, entre eles a concorrência, a luz, a temperatura, os nutrientes e o fornecimento de água, que ocorre por meio da precipitação.

As relações morfométricas das árvores são uma maneira de perceber a sua resposta ao ambiente em termos de ocupação de espaço, de competição e, conseqüentemente de dinâmica dentro de uma floresta.

Os estudos que levam em conta os fatores ecológicos no crescimento de espécies florestais são demorados, isto é, demandam tempo para se caracterizarem, necessitando vários anos para análise. Assim a dendrocronologia, obtida pela análise de tronco parcial, que é a retirada de uma bagueta da árvore, é uma ferramenta muito útil que permite avaliar o crescimento das árvores ao longo de muitos anos.

Uma espécie promissora para o manejo florestal no Brasil e no Rio Grande do Sul é *Cedrela fissilis*, devido às suas características excelentes de crescimento e alta qualidade da madeira.

2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho foram:

- a) Verificar as relações entre incremento e variáveis morfométricas da árvore.
- b) Avaliar a influências: da textura; da profundidade do solo; da presença de lianas e do índice de densidade pontual de Spurr no crescimento da árvores dominantes de *Cedrela fissilis* (Vell.).
- c) Averiguar a influência do clima no crescimento do cedro por diferentes métodos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cedro

O Cedro (*Cedrela fissilis* (Vell.)) pertence à família Meliaceae, é uma planta caducifólia; esciófila, em sua fase inicial e heliófila na fase adulta, tem tronco cilíndrico reto ou pouco tortuoso (CARVALHO, 2003), as folhas possuem cerca de 10-15 pares de folíolos agudamente acuminados e firmes. As características que diferenciam esta espécie em relação às demais espécies de cedro são a ausência de domácias, a presença de pubescência da página inferior dos folíolos e os maiores tamanhos dos frutos (RIZZINI, 1995).

A distribuição desta espécie é ampla, abrangendo desde a latitude 12°N até 32°S (CARVALHO, 2003). No Brasil, espalha-se desde Minas Gerais até o sul do País (RIZZINI, 1995; MAINIERI e CHIMELO, 1989).

Cedrela fissilis é considerada, por Rizzini (1995) como o cedro das matas mais secas, podendo mesmo subsistir no descampado e até no cerrado. Já Mattos (1980), por sua vez, descreve que esta espécie é normalmente encontrada em matas fechadas velhas, em matas ciliares e em capoeiras velhas. Além disso, verificou que é uma espécie distribuída em vários tipos de solo, de clima e de topografia, e recomenda o cultivo desta espécie em solos pedregosos de pedras soltas, férteis, e em local em que haja boa incidência dos raios solares sobre as copas das árvores.

A madeira de *Cedrela fissilis*, segundo Carvalho, (2003); Mainieri e Chimelo, (1989) é classificada como leve, de fácil secagem e de resistência moderada ao ataque de organismos xilófagos. Além disto, ela tem grande diversificação de utilização, sendo somente superada pela *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. A madeira, ademais, é indicada para partes internas de móveis; assim como para a construção civil; a construção naval (para interiores), entre outros usos variados.

As boas características da madeira do Cedro, o seu crescimento, a produção de sementes, e a vitalidade, indicam que é uma espécie com grande potencial de sucesso em reflorestamento (REITZ et al., 1983; KLEIN 1984).

Mainieri e Chimelo (1989); Mattos (1980); Marcati, Angyalossy e Evert (2006); Iwasaki-Marochi (2007) descrevem que a madeira apresenta crescimento demarcado por faixas de parênquima marginal e por poros de diâmetro superior no início do anel de crescimento.

3.2 Fatores que influenciam o crescimento

O crescimento das árvores depende de um complexo conjunto de fatores genéticos e ambientais. O ambiente fornece nutrientes, água e energia solar que a planta necessita para a fotossíntese e para seus processos metabólicos. O suprimento destes componentes determina se a planta crescerá todo o seu potencial genético (STOKES e SMILEY, 1968).

Spurr e Barnes (1973) explicam que podemos observar, no crescimento das árvores, somente as relações provenientes da interação entre os fatores genéticos e bióticos, este resultado é chamado de fenótipo. Identificar qual o grau de influência genética e ambiental no fenótipo da árvore é um grande problema, pois estas, como já foi explicitado, aparecem conjuntamente no crescimento da árvore.

A luminosidade influencia no desenvolvimento da planta conforme a sua intensidade, qualidade e duração. A duração, por exemplo, pode influenciar no ritmo e quantidade de crescimento: quanto maior a duração da luz (dias longos), mais fotossíntese ocorrerá, por conseguinte maior será a fixação de CO₂. Contudo, ainda não há uma relação absoluta entre a duração do dia e o rendimento fotossintético (WHATLEY e WHATLEY, 1982). Além disto, o excesso de intensidade luminosa pode levar a planta a transpirar demasiadamente, prejudicando o seu crescimento (CAMPOS, 1970).

Há várias propriedades físicas do solo (como profundidade, textura, densidade aparente, densidade de partículas, curva de retenção de água, entre outros) que sozinhas ou se relacionados às condições climáticas podem interferir no desenvolvimento das plantas. O clima interage diretamente com o solo afetando as suas propriedades e os seus fatores físicos (FORSYTHE, 1967).

A absorção de água pela planta depende principalmente da quantidade de água retida no solo. Em geral, a maior quantidade de água disponível às plantas

origina-se da precipitação, porém, nem toda a precipitação permanece disponível, pois a água retida na copa das árvores é, em sua maior parte, perdida pela evaporação (LARCHER, 2004).

Deve-se acrescentar, ainda, que um importante fator que determina as propriedades hídricas do solo é a textura, pois caracteriza o solo pela distribuição e tamanhos das partículas (REICHARDT e TIMM, 2004). Solos com grandes proporções de fração fina (argila e matéria orgânica) retêm água mais fortemente que solos com maiores proporções de silte e areia (fração mais grossa). Assim, considerando a mesma quantidade de água no solo, uma planta terá mais facilidade de retirar água em solos siltosos e arenosos do que em solos argilosos e com grande quantidade de matéria orgânica (LARCHER, 2004).

Lutz e Chandler (1946) citam vários autores que afirmam que a pedregosidade pode intervir na qualidade do sítio e, conseqüentemente, no crescimento das árvores. As pedras são boas condutoras de calor e agem aumentando a temperatura do solo. Agem também aumentando a porosidade de solos de granulometria mais finas (argilosos), facilitam a penetração de água e ar no solo, e tendem a diminuir a perda de água por evaporação da superfície do solo.

A pedregosidade em solos de textura argilosa é tida como favorável para o desenvolvimento de florestas, entretanto as pedras podem trazer características desfavoráveis como: excesso de peso, diminuição de espaço para as raízes, excessivo aumento da temperatura do solo e diminuição da capacidade de campo. Em solos arenosos, a pedregosidade é considerada desfavorável (LUTZ e CHANDLER, 1946).

A competição é outro fator que afeta o crescimento, pois há uma relação entre a ocupação horizontal da árvore, com a sua dimensão e volume (SCHNEIDER, 2002). O número máximo de árvores que podem ocupar um espaço e alcançar o máximo crescimento é obtido pela medida de densidade de um povoamento, além disto, esta medida também auxilia na determinação do espaço mínimo necessário para a árvore sobreviver (KRAJICEK et al; 1961).

O índice de densidade pontual de Spurr foi proposto para medir a densidade pontual em estudos de correlação entre crescimento de árvores individuais e a densidade a que estão submetidas. Esta técnica é baseada nos mesmos princípios do método de Bitterlich, no entanto é mais precisa, pois o tamanho e a posição relativa de cada árvore contribuem para a área basal da estimativa mais que

simplesmente o número de indivíduos que excedem um ângulo limite. A precisão deste método justifica o seu uso em relação ao de Bitterlich, utilizado para investigações entre relações de crescimento e densidade (SPURR, 1962).

3.3. Anéis de crescimento

A cada ano são acrescentadas camadas justapostas de material lenhoso ao redor das árvores devido à atividade cambial, desta maneira, ocorre o crescimento em diâmetro das árvores e seus anéis de crescimento anuais são formados (SILVA e NETO, 1979).

O anel anual é dividido em duas partes, lenho inicial e lenho tardio. O lenho inicial é formado no início da estação de crescimento, é o período de rápido crescimento radial, e o lenho tardio é formado no final da estação de crescimento, quando a atividade cambial é baixa (STOKES e SMILEY, 1968). A transição do lenho juvenil para o tardio decorre do decréscimo do tamanho da célula e do aumento da espessura da parede celular (MOREY, 1980).

De acordo com Tomazello Filho et al. (2001), a formação dos anéis de crescimento é influenciada pelo genótipo da planta, além de fatores bióticos e fatores abióticos. Morey (1980) afirma que o crescimento em diâmetro é controlado pela disponibilidade de auxinas provenientes do caule e também pelos fatores ambientais. Fotoperíodos curtos e seca, por exemplo, são fatores ambientais que diminuem a taxa de crescimento e apressam a formação do lenho tardio.

Segundo Morey (1980) o aumento da circunferência do tronco pode ser explicado pela regulação das concentrações de auxina vinda da copa, que varia conforme a estação. Porém, a explicação de que o crescimento é regulado apenas pela disponibilidade de auxina e fotossintatos é muito simples, e não exclui a influência indireta de uma grande gama de fatores ambientais que alteram o crescimento da copa da árvore.

Os fatores ambientais, conforme Tomazello Filho et al. (2001), influenciam a atividade cambial das árvores, através da mudança dos processos fisiológicos de respiração, fluxo de seiva, transpiração, entre outros.

3.4 Dendroecologia

A ciência dedicada ao estudo das relações entre as informações contidas nos anéis de crescimento e a ocorrência de fenômenos ecológicos e ambientais é chamada dendroecologia, que é um sub-ramo da dendrocronologia. Há também a dendroclimatologia que trata da utilização dos anéis de crescimento para o estudo e a reconstrução das condições climáticas, entre outros (TOMAZELLO FILHO et al; 2001).

A utilização da técnica de diferenciação entre os anéis de crescimento das árvores, geralmente, é adotada para espécies com anéis facilmente observáveis. Essa diferenciação dos anéis é característica de cada espécie, e pode ser influenciada pela idade, espaçamento e sítio (FINGER, 1992).

Além das características próprias de cada espécie, os anéis de crescimento são visíveis, com mais facilidade, nas espécies encontradas em regiões onde as estações do ano são bem definidas. Em muitas árvores tropicais e subtropicais, os anéis correspondem aos períodos de chuva e de seca, de inundação, de queda das folhas e/ou simplesmente dormência (BOTOSSO e MATTOS, 2002).

Cabe destacar que, por muito tempo acreditou-se que as árvores nas regiões tropicais e subtropicais, não apresentariam sazonalidade da atividade cambial. (TOMAZELLO FILHO et al; 2001). Entretanto, conforme Munareto (2007), atualmente, sabe-se que o crescimento das espécies tropicais e subtropicais ocorre de forma sazonal, com período de crescimento e período de repouso vegetativo. Tal fato, provavelmente, ocorre porque condições que precedem a estação de crescimento, e os efeitos relativos desses fatores no crescimento variam com a latitude, a altitude e as diferenças de fatores locais.

Della-Flora (2001) assinala que, para a elaboração de modelos de crescimento, os fatores climáticos não são considerados diretamente, pois eles são expressos indiretamente, a partir da consideração da região fisiográfica, da altitude, de variáveis de micro sítio, entre outras. Entretanto, vários autores, como Stokes e Smiley (1968), Tomazello Filho et al. (2001), Munareto (2007), Morey (1980) salientam a grande influência da precipitação no crescimento das espécies.

Nesse sentido, convém ressaltar que algumas espécies, como *Cedrela odorata*, *Calophyllum angulare* e *Eperua bijuga*, já tiveram a comprovação da

influência da precipitação no seu crescimento. Em Manaus, Botosso et al. (2000) observaram estas espécies e verificaram a estreita relação entre o crescimento em circunferência e a precipitação da estação chuvosa, bem como a relação entre a redução do crescimento e/ou a sua cessação com o período e seca.

A espécie *Cedrela fissilis* foi considerada, por Maria (2002), como uma espécie potencial para estudos dendrocronológicos. Em estudo sobre a influência climática no crescimento diamétrico de árvores de *Cedrela fissilis*, Munareto (2007), no município de Santa Maria, RS, observou que o crescimento foi favorecido pelas condições de sítio e de precipitação em determinada quantidade, sendo o excesso de chuvas negativo para o incremento das árvores.

Conforme Schweingruber (1996), fatores como luz, temperatura, água, suprimento de nutrientes, vento, danos mecânicos à copa, raiz e tronco, poluição do ar e poluição do solo, todos impactam o crescimento da árvore. Independente do período, a influência deles somente varia na maneira e na intensidade com que se dá. Devido à complexidade destas interações é, geralmente, impossível provar o efeito de um único fator, que pode, de início, inicialmente ter um impacto limitado e, meses depois, ter um efeito de limite extremo na atividade cambial, assim, torna-se inviável prever o resultado final dos efeitos de uma mudança ecológica, que com frequência parecerá somente em casos individuais. Para uma análise referente aos aspectos ambientais de crescimento, unicamente se pode fazer mediante a escolha de muitos indivíduos de sítios selecionados.

Quando a precipitação é considerada um fator determinante no crescimento, a pesquisa de tal fator deve levar em conta a seleção adequada de amostras e a água disponível no solo. Se não foram coletadas amostras com o devido cuidado podemos obter amostras com anéis complacentes, isto significa que os anéis não possuem variação suficiente em sua largura para a utilização de técnicas dendrocronológicas (STOKES e SMILEY, 1968).

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Caracterização e descrição das áreas de estudo

O estudo foi realizado em três locais, sendo eles: o Campo de Instrução do Ministério do Exército de Santa Maria (CISM), em Arroio Grande (distrito de Santa Maria, RS) e na localidade de Val Feltrina pertencente ao município de Silveira Martins, RS, na região conhecida como “Casca da do Mezzomo”.

Os três locais de coleta apresentaram formação florestal caracterizada como Floresta Estacional Decidua (IBGE, 2004). A área do CISM pertence ao Ministério da Defesa e tem aproximadamente 560 ha de floresta formada por árvores de grande porte. A “Casca da do Mezzomo”, em Val Feltrina, por sua vez, distinguiu-se por estar em estágio de regeneração. Na área de Arroio Grande, a maioria dos indivíduos de cedro coletados foram proveniente das propriedades rurais locais, sendo caracterizados de um modo geral, por estarem em condições de bordadura ou livres.

As principais classes de solo da região pertencem à Unidade de Mapeamento Santa Maria, denominado Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico e Argissolo Amarelo Alítico típico, originados de siltitos e arenito (STRECK et al., 2008).

O clima, para todos os locais avaliados, foi segundo a classificação de Köppen, do tipo “Cfa”, com temperatura média anual de 19°C e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, enquanto que a do mês mais frio é superior a 3°C, havendo precipitação média anual de 1769 mm, sem estação seca definida (MORENO, 1961). A distribuição de chuvas, bem como a distribuição de temperatura pode ser visualizada na Figura 4.1. As médias tanto de precipitação, quanto de temperatura da Figura 4.1, foram feitas a partir da média dos dados obtidos da estação meteorologia de Santa Maria, RS, pelos períodos de 1968 a 2008.

Santa Maria tem umidade relativa do ar elevada durante todo o ano e é um dos locais mais quentes do estado do Rio Grande do Sul (HELDWEIN et al., 2009).

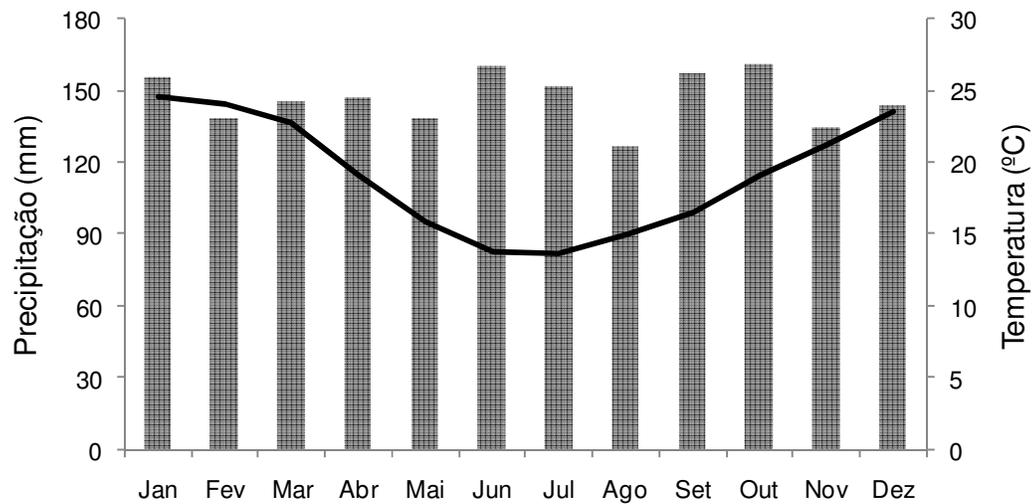


Figura 4.1 – Distribuição de chuvas e temperatura na região de Santa Maria, RS.

4.2 Coleta de dados morfométricos e ecológicos

Foram selecionadas somente as árvores consideradas do extrato superior, ou seja, dominantes.

Sobre as características intrínsecas das árvores foram coletadas informações referentes à:

- a) circunferência à altura do peito (CAP);
- b) altura total (Ht);
- c) altura comercial (Hc);
- d) altura de inserção de copa (Hi);
- e) oito raios de copa (Rc);

O CAP foi medido com o auxílio de fita métrica a 1.30 cm do solo. As diferentes alturas foram obtidas com o hipsômetro eletrônico Vertex III. Os oito raios de copa foram medidos também pelo Vertex III (utilizando-se a função DME), orientados pelos pontos cardeais norte (N), nordeste (NE), leste (E), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O) e noroeste (NO).

As relações morfométricas avaliadas foram: comprimento de copa ($L=Ht-Hi$), proporção de copa ($Pc= (L.100)/Ht$), grau de esbeltez ($Hd=Ht/Dap$), índice de

saliência ($IS = Dc/Dap$), índice de abrangência ($IA = Dc/Ht$) e formal de copa ($Fc = Dc/L$).

No que diz respeito às condições ecológicas, foram registrados, coletados e medidos os seguintes parâmetros:

- a) densidade pontual de Spurr (G_s).
- b) pedregosidade (presença e ausência);
- c) posição no terreno (1- platô, 2-encosta e 3- baixada),
- d) profundidade do solo;
- e) presença de cipós e lianas;
- f) granulometria do solo.

A densidade pontual de Spurr foi medida tanto para árvores no interior da floresta quanto para árvores que se encontravam em bordadura, utilizando-se o fator de área basal 2,3, calculada conforme a Equação 1.

$$G_s = \sum_{i=1}^n \left[\left(n - \frac{1}{2} \right) \cdot \left(0,25 \cdot \left(\frac{D_n}{L_n} \right)^2 \right) \right] \quad (1)$$

Onde: G_s = Área basal por hectare estimado no ponto de amostragem; n = Número da árvore por ordem de *rank* na unidade amostral; D_n = Diâmetro da árvore integrante na parcela; L_n = Distância da árvore concorrente até a árvore central da parcela.

Para determinação granulométrica, foram coletadas amostras de solo deformadas (Figura 3.2). O solo foi seco à temperatura ambiente e preparado adequadamente para a análise granulométrica. A análise foi realizada no laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, RS, empregando-se o método da pipeta (Embrapa, 1997). Foram usados 20g de terra fina seca ao ar (TFSA) e NaOH a 6% como dispersante.



Figura 4.2- Coleta de solo deformada de Santa Maria, RS, secando ao ar para a análise granulométrica.

4.3 Dados de crescimento

Os dados de incremento foram obtidos da análise das baguetas resultantes de tradagens das árvores em pé, conseguidas com o trado de Pressler à altura de 0,30 cm do solo (quando a árvore apresentava deformidades na base, tendo muitas irregularidades, as tradagens foram feitas imediatamente acima, onde o efeito da irregularidade cessasse) (Figura 4.3). Cada árvore teve duas amostras retiradas perpendicularmente entre si, com sua orientação com relação aos pontos cardeais anotada.



Figura 4.3 - Tradagem de árvores de *Cedrela fissilis* Vell. na região de Santa Maria, RS.

As baguetas coletadas foram identificadas e armazenadas em canudos plásticos, até a chegada ao Laboratório de Manejo Florestal, onde foram fixadas com cola apropriada em canaletas de madeira identificadas e amarradas para que, na secagem, não ocorresse o empenamento da madeira e para diminuir os problemas de quebra por encolhimento (Figura 4.4).

Após a secagem da bagueta, realizava-se um corte horizontal, utilizando lâmina afiada, com o objetivo de tornar as características anatômicas da madeira mais visíveis, como recomendado por Stokes e Smiley (1968). Os incrementos de cada anel de crescimento foram medidos com precisão de 1/100mm pelo sistema "LINTAB" utilizando o software TSAP.



Figura 4.4 - Secagem de baguetas de *Cedrela fissilis* coletadas na região de Santa Maria, RS.

A datação dos anéis de crescimento foi realizada no sentido da casca para a medula. A datação dos anos de crescimento não corresponde aos anos do calendário civil, mas à estação de crescimento da árvore, que deve ocorrer durante o período de primavera e verão. O primeiro anel foi datado como correspondente ao ano de 2008, isto significa que este anel iniciou o seu crescimento em 2008 e cessou o seu desenvolvimento em 2009. Como todas as árvores foram tratadas de março até julho de 2010, supõe-se que o crescimento iniciado em 2009 não tenha ainda cessado o seu desenvolvimento na época de coleta em todas as amostras, assim o incremento deste ano não foi avaliado.

4.4 Dados climáticos

Os dados climáticos da região foram obtidos através da estação meteorológica de Santa Maria (RS), pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8ºDISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram tomados dados de precipitação pluviométrica e temperaturas média mensal ao longo do período de 1968 até 2008.

4.5 Análise e processamento dos dados

As características mensuradas (Dap, altura total, altura de inserção de copa, diâmetro de copa) e morfométricas (comprimento de copa, proporção de copa, índice de saliência, índice de abrangência, formal de copa, relação hipsométrica) foram divididas em classe de diâmetro e tiveram sua média testada pelo método de

Duncan, além de relacionadas com os incrementos periódicos radiais e incremento médio em área basal dos últimos três, quatro, cinco e seis anos, pela correlação de Pearson.

Para o cálculo dos incrementos em área basal, considerou-se que a espessura dos anéis de crescimento, obtidos das baguetas coletadas a 0,30 cm do solo, fosse igual aos de 1,30 m do solo. Assim, os incrementos médios em área basal foram obtidos pela fórmula da Equação 2.

$$ig_n = \pi \left[\frac{(dap_{sc})^2 - (dap_{sc} - 2inc_n)^2}{4n} \right] \quad (2)$$

Onde: n=anos analisados; ig_n = incremento médio em área basal dos últimos n anos; Dap_{sc} = diâmetro à altura do peito sem casca; inc_n = incremento radial dos últimos n anos analisados.

A espessura de casca não foi coleta em virtude da dificuldade de recolher o material do trado durante a retirada da bagueta. Assim sendo, foram estipulados os valores da Tabela 4.1, baseados na citação de que o máximo de espessura de casca encontrado foi 40 mm (CARVALHO, 2003).

Tabela 4.1 – Espessura de casca estipulada, conforme centro de classe diamétrica.

Dap	15	25	35	45	55	65	75	>85
e	5	10	15	20	25	30	35	40

Onde: Dap=diâmetro à altura do peito; e= espessura de casca.

Em continuidade, foi analisada a influência de lianas pelo teste de Wilcoxon na produtividade. O cálculo da produtividade, por sua vez, deu-se pela divisão entre incremento médio dos últimos três anos em área basal individual e área de copa (modificado de MATTOS, 2007).

Os indivíduos que tiveram sua bagueta coletas até a medula tiveram o seu crescimento avaliado pela análise de covariância, realizado no SAS. Para verificar as diferentes inclinações entre as curvas de crescimento das árvores, realizou-se a análise de covariância, utilizando um modelo linear de incremento em função da idade ($incr=bo+b1.idade$) e considerando os indivíduos analisados como fator.

O primeiro exame dos dados de crescimento radial foi relacionado à datação cruzada. Os dados foram analisados graficamente, em planilha do Excel, para a verificação de sincronização entre os anéis, em casos de falta de sincronização, as

baguetas eram novamente examinadas até encontrar-se a melhor opção de correspondência de anéis.

Após a datação cruzada, os dados de largura dos anéis de crescimento foram estandarizados para a eliminação da tendência de crescimento. Para realizar a estandarização foram feitas regressões lineares para cada série e o valor dos dados de incrementos foram divididos pelo correspondente valor da curva ajustada (FRITTS, 1976 e GRA YBILL, 1982 apud TROVATI e FERRAZ, 1984 e SPATHELF et al., 2000, KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995). O valor transformado da largura do anel de crescimento, após a sua divisão pela curva ajustada, é chamado índice de largura do anel (KAENNEL E SCHWEINGRUBER, 1995).

A detecção dos anéis de crescimento característicos efetuou-se pelo método de tendência de intervalo. Cada árvore teve seus anos caracterizados pelos valores: 0 (zero); 1 (um) ou 0.5 (meio). O valor zero corresponde a um crescimento do ano atual menor em relação ao ano anterior; se o crescimento do ano atual não mudasse em relação ao do ano anterior, o valor atribuído é 0.5 (meio); e se o crescimento no ano atual fosse maior do que o do ano anterior, o valor atribuído ao ano é um. Os anos característicos são definidos quando mais de 90% das árvores mostrarem uma tendência de diminuição ou aumento de crescimento (SCHWEINGRUBER, 1983 apud SPATHELF et al., 2000).

O coeficiente de sensibilidade média, que é a diferença média relativa da espessura de um anel de crescimento para o seguinte, foi calculado pela divisão do valor absoluto das diferenças entre cada par de medidas pela média dos pares medidos, obtendo-se a média dos quocientes para todos os pares nas séries cronológicas (Equações 3 e 4) (KAENNEL e SCHWEINGRUBER, 1995).

$$\text{Anual } S_{i+1} = \frac{(X_{i+1} - X_i) \cdot 2}{(X_{i+1} + X_i)} \quad (3)$$

$$\text{Média } \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |S_{i+1}|}{n-1} \quad (4)$$

Onde: x_{i+1} = observação no tempo $i+1$; x_i = observação no tempo i ; n = número de anos.

Além do cálculo da sensibilidade média de cada árvore foi calculado o índice de sensibilidade (SCHWEINGRUBER, 1983 apud SPATHELF et al., 2000), fornecido pela divisão da média da sensibilidade anual (de cada ano) pela sensibilidade média de cada árvore pela equação 5.

$$IS = \frac{\sum s_i}{\sum \bar{s}} \quad (5)$$

Tanto para análise de tendência de intervalo como para sensibilidade foram consideradas todas as árvores individualmente e a série dendrocronológica média. Cabe explicitar que a série dendrocronológica média foi construída a partir do agrupamento das árvores que obtiveram maior correlação de Pearson entre si. Optou por analisar os últimos 15 anos de crescimento das árvores (2008 até 1994), pois, em um menor período de tempo, há maior probabilidade de que as árvores já se encontrassem no extrato superior da floresta, evitando-se, neste caso, outros tipos de influências.

Verificou-se a influência climática a partir das correlações de Pearson e Spearman. Analisou-se a influência da precipitação média mensal, da temperatura média mensal e de várias combinações de períodos de precipitação com série dendrocronológica média e com todas as árvores individualmente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Morfometria e relações morfométricas

A amplitude de amostragem diamétrica variou de 10,50 a 98,68 cm. As médias aritméticas de diâmetro, altura total e altura comercial foram $33,23 \pm 20,92$ cm; $14,75 \pm 3,91$ m; $6,38 \pm 2,21$ m, respectivamente.

A distribuição de frequência de diâmetro à altura do peito (Dap) variou conforme a localidade. No caso de Val Feltrina, a floresta encontra-se em estágio de regeneração, assim, a maior parte dos indivíduos foi classificada dentro das classes de menores diâmetros, já nas localidades do CISM e Arroio Grande, as florestas – ou árvores solitárias ou de bordaduras, encontram-se em estágio de maior maturidade e, portanto, a distribuição de diâmetros tende a ser aproximadamente como a distribuição normal (distribuição de Gauss) (Figura 5.1).

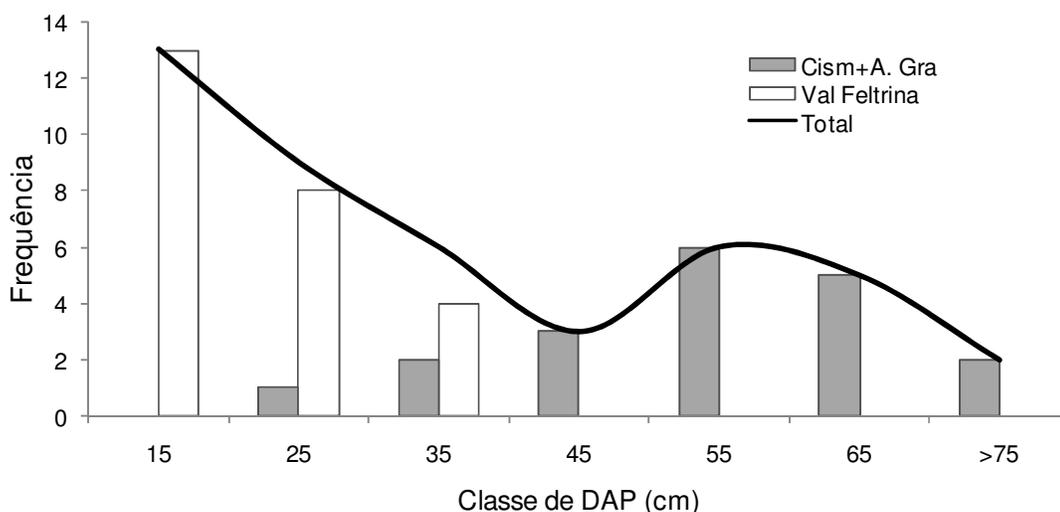


Figura 5.1 –Distribuição diamétrica das árvores de cedro nas localidades de Arroio Grande, CISM e Val Feltrina.

Como a distribuição de frequência de diâmetros foi diferente para cada localidade, os dados foram analisados pelas classes de diâmetros. Contudo,

considerando a variabilidade de diâmetro e as diferentes condições florestais (regeneração e floresta madura), avalia-se que foram bem representadas as diferentes fases de crescimento e desenvolvimento do cedro.

As medidas e as variáveis morfométricas que tiveram valores semelhantes, ou seja, não diferiram estatisticamente pelo teste Duncan, ao nível de significância de 0,05, nas diferentes classes de diâmetro foram: a altura de inserção de copa, a altura comercial, o índice de saliência e o formal de copa (Tabela 5.1).

Tabela 5.1- Relações morfométricas de cedro, divididas em centros classes de Dap, na região de Santa Maria, RS.

Dap	15	25	35	45	59	65	≥75	Sig.
Ht (m)	12,19c	13,94cb	15,52cb	17,6b	17,67b	16,48bc	22,90a	0,000
Hi (m)	8,95	9,83	9,75	10,67	9,65	9,56	10,05	0,982
Hc (m)	6,38	6,98	6,6	7,93	5,1	5,1	5,65	0,559
Dc (m)	3,23d	4,69cd	6,50c	9,27b	9,87b	11,33b	15,69a	0,000
L (m)	3,24c	4,11c	5,77bc	6,93b	8,02b	6,92b	12,85a	0,000
Pc (%)	26,56c	29,72bc	38,69abc	40,71abc	46,53ab	42,01abc	56,18a	0,01
F.ap (%)	52,36a	50,04a	42,53abc	45,07ab	28,87bc	30,95bc	24,67c	0,001
Ht/Dap	0,756d	0,555c	0,466c	0,421bc	0,314ab	0,263a	0,253a	0,000
IS	19,87	18,45	19,60	22,20	17,58	16,97	17,21	0,576
IA	0,274d	0,336d	0,421cd	0,528bc	0,573ab	0,669ab	0,685a	0,000
Fc	1,16	1,20	1,24	1,44	1,28	1,71	1,35	0,544

Onde: Ht= altura total; Hi= altura de inserção de copa; Hcm =altura comercial; Dc = diâmetro de copa; L=comprimento de copa; Pc= proporção de copa; F.ap.= porcentagem de fuste aproveitável com relação à altura total; IS= índice de saliência; IA= índice de abrangência; Fc= formal de copa; Ht/Dap= grau de esbeltez. a. ab, b, bc, c, cd = classificações conforme teste de Duncan.

O diâmetro de copa, pelo teste Duncan, foi superior a partir do centro de classe de 45 cm e teve máxima expressão na classe que abrange os maiores indivíduos. O centro de classe de 35 cm de Dap apresentou grande abrangência de diâmetro de copa (variou de 5 a 10 m), a partir deste Dap até o de 70 cm, os indivíduos não apresentam aumentos muito significativos nos maiores diâmetros de copa, chegando, no máximo, até 12,36 m (Figura 5.2).

O índice de saliência que representa a relação entre diâmetro de copa e diâmetro à altura do peito variou entre 12 e 31. A relação, nos centros de classes diamétricas, de 15 até 35 cm foi relativamente constante, variando em torno de 19,3. Assim sendo, isto significa que, na fase inicial de crescimento, o cedro necessita de um diâmetro de copa em torno de 19,3 vezes maior que o Dap. Esta proporção teve seu ápice na classe de 45 cm de Dap com copa 22 vezes maior que o Dap,

observando-se que, em diâmetros maiores que 50 cm, a proporção diminui para 17,3. Além de representar a porcentagem de copa com relação ao Dap, este valor indicou a inclinação da curva no gráfico da Figura 5.2. Desse modo, temos, inicialmente, uma inclinação maior de 19,3 (este valor correspondeu aproximadamente ao obtido pela análise de regressão entre Dap e diâmetro de copa na região de Val Feltrina, que foi de 20) e, após, uma inclinação menor de 17,3 (este valor foi correspondente ao valor de inclinação da análise de regressão entre Dap e diâmetro de copa na região do CISM e Arroio Grande, que foi de 17,6).

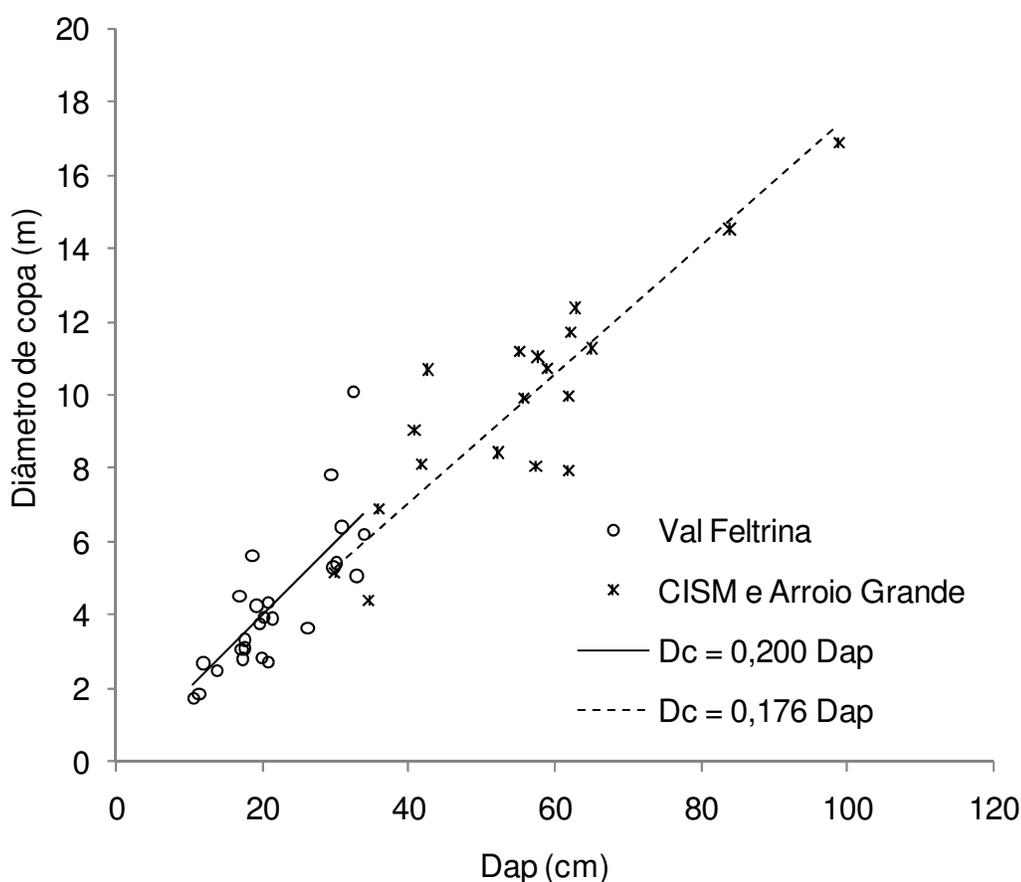


Figura 5.2 – Relações entre diâmetro de copa com Dap de cedro em Val Feltrina, CISM e Arroio Grande, RS.

Foram testadas duas retas de regressão para a relação entre diâmetro de copa e Dap, uma para as árvores da localidade de Val Feltrina e outra para as regiões do CISM e Arroio Grande. Nas duas localidades, o intercepto não foi significativo no modelo, assim, foram calculados novamente os modelos sem os

interceptos, o que melhorou os coeficientes de determinação, o erro padrão da estimativa e o coeficiente de variação dos modelos (Tabela 5.2 e Figura 5.2).

Tabela 5.2 - Análise de regressão para diâmetro de copa em função de Dap, de Cedro na região de Santa Maria, RS.

Modelo	Coeficientes			Estatísticas				
				Modelo				
	Coeficiente	T	Pr>T	F	Pr>F	R ²	Sxy%	CV%
Val Feltrina dc=b ₀ +b ₁ Dap	b ₀ = -0,37989 b ₁ = 0,21656	-0,49 6,36	0,6259 <,0001	40,42	<,0001	0,637	1,180	27,62
Val Feltrina dc= b ₁ Dap	b ₁ = 0,20054	19,49	<,0001	379,70	<,0001	0,941	1,161	27,19
CISM e A.G. dc=b ₀ +b ₁ Dap	b ₀ =1,09188 b ₁ =0,15814	0,92 7,71	0,3713 <,0001	59,50	<,0001	0,778	1,450	14,65
CISM e A.G. dc= b ₁ Dap	b ₁ =0,17622	30,86	<,0001	952,38	<,0001	0,981	1,443	14,58

Os valores obtidos de diâmetros de copa pela reta ajustada em Val Feltrina resultaram em valores semelhantes aos estimados por Durlo et al. (2004) em estudo de exemplares livres de *Cedrela fissilis* (pesquisa que considerou indivíduos de até 45 cm de Dap).

Uma possível explicação para a pouca elevação dos diâmetros de copas máximos é a ocorrência de liberação de copa das árvores quando estas alcançaram aproximadamente 30 cm. Foi constatado, nas séries de incremento, que cinco de 12 árvores (com Dap > que 30 cm sob condições florestais) apresentaram três anos seguidos ou mais de incrementos maiores que os dos anos anteriores, quando tinham aproximadamente 30 cm de Dap. Isto pode ser um indício de liberação de copa, haja vista que estas árvores podem ter alcançado o dossel da floresta ocupando o espaço disponível, e aumentado o máximo de seu raio de copa.

Esta suposição foi também confirmada pela relação entre Dap e altura total, onde aparecem árvores de Dap de 30 cm com altura total máxima semelhante às árvores de maiores Daps, indicando que é neste diâmetro que as árvores alcançam o dossel em florestas mais avançadas. A análise de regressão não linear para esta relação foi significativa (F=55.15; Pr>F = 0.0001) (Figura 5.3).

Os modelos utilizados, na análise de regressão, para comprimento de copa e de fuste aproveitável, em função do diâmetro bem como seus coeficientes de determinação estão representados na Figura 5.4.

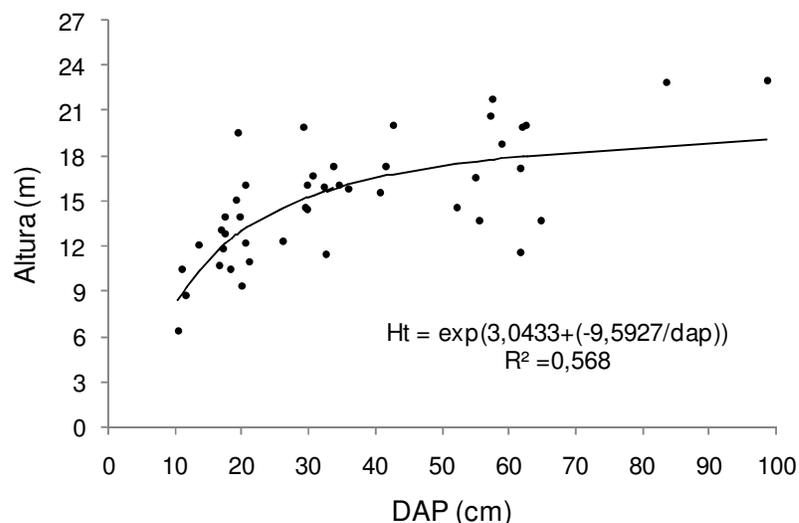


Figura 5.3- Relação hipsométrica para árvores de cedro na região de Santa Maria, RS.

O comprimento da copa e a proporção de copa tendem a amplificar-se com o aumento de dimensão diamétrica da árvore (Figura 5.4A). Podemos observar, no gráfico de comprimento de copa, que há dois indivíduos que são díspares dos demais, o indivíduo com Dap de 83 cm, que teve comprimento de copa muito elevado, talvez por se encontrar com copa livre em 180°, e o indivíduo de 62 cm de Dap com comprimento de copa inferior aos demais influenciado, talvez, pela presença de lianas.

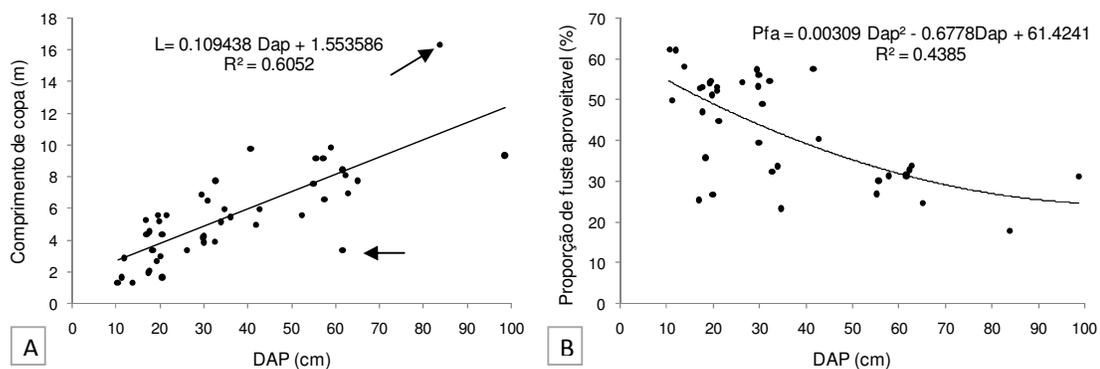


Figura 5.4 – Comprimento de copa e proporção de fuste aproveitável de cedro em função do Dap, na região de Santa Maria, RS.

A proporção de fuste aproveitável corresponde à porcentagem de altura comercial com relação à altura total, esta relação teve tendência de diminuição com o aumento do diâmetro. Pelo teste de Duncan as melhores proporções de fuste

aproveitável foram dos centros de classes diamétricas de 15 até a 45 cm (Tabela 5.1 e Figura 5.4B). A média de proporção de fuste aproveitável foi de 42,44%. Mattos et al. (2003) encontraram média de fuste aproveitável de cedro de 26,6% e verificaram que, se bem manejados, os indivíduos de cedro apresentariam um ganho para 43,8% de fuste aproveitável, valor que é semelhante ao encontrado no presente estudo, portanto, as árvores dominantes de cedro acham-se em boas condições de aproveitamento de fuste.

Os cedros aproveitáveis são caracterizados por apresentarem diâmetros iguais ou maiores que 30 cm, pois este é o valor de diâmetro de tora útil. Com referência à altura comercial, este diâmetro também demonstrou vantagens, em função da alta altura comercial (6,6m) e da alta proporção de fuste aproveitável. Os indivíduos de Dap médio de 45 cm apresentaram maior altura média comercial e alta proporção de aproveitamento de fuste. A partir do centro de classe deste Dap, as árvores tendem a diminuir o aproveitamento do fuste, pois a proporção de copa aumenta para mais que 40%.

O aumento do índice de abrangência com a elevação dos centros de classes de diâmetro demonstra que o diâmetro de copa mantém seu crescimento enquanto o crescimento em altura diminui o seu ritmo.

O formal de copa tende a aumentar juntamente com a ascensão diamétrica, ou seja, o aumento em diâmetro de copa ocorre mais rapidamente que o aumento em comprimento de copa (Tabela 5.1).

5.2 Relações entre incremento e morfometria

Todas as variáveis medidas e morfométricas analisadas, com exceção da altura de inserção de copa, foram correlacionadas de maneira significativa com o incremento periódico em raio ou em área basal (Tabela 5.3).

O período de incremento em raio que obteve maiores correlações foi o dos últimos três anos, enquanto que o incremento em área basal teve correlações maiores considerando-se os últimos cinco anos (Tabela 5.3). Os incrementos

periódicos radiais dos últimos três e cinco anos e suas extrapolações para incrementos médios em área basal estão apresentados na Figura 5.5.

Tabela 5.3 – Correlações entre incremento periódico radial e incremento médio em área basal com as características morfométricas de cedro da região de Santa Maria, RS.

	IPr3	IPr4	IPr5	IPr6	g3	g4	g5	g6
Dap	-0,355*	-0,315*	-0,289	-0,311*	0,384*	0,505**	0,558**	0,573**
Ht	-0,299	-0,29	-0,245	-0,239	0,239	0,307*	0,365*	0,391*
Hi	-0,174	-0,194	-0,164	-0,132	0,017	0,042	0,062	0,1
Dc	-0,206	-0,178	-0,166	-0,188	0,486**	0,579**	0,615**	0,624**
L	-0,223	-0,191	-0,161	-0,186	0,302	0,368*	0,425**	0,420**
Pc	-0,06	-0,009	0,007	-0,033	0,283	0,336*	0,370*	0,348*
IS	0,495**	0,455**	0,400**	0,398**	0,298	0,213	0,155	0,143
IA	-0,059	-0,028	-0,04	-0,075	0,537**	0,611**	0,623**	0,615**
Fc	0,05	0,027	0	-0,006	0,315*	0,323*	0,297	0,298
Hd	0,153	0,1	0,085	0,124	-0,430**	-0,527**	-0,568**	-0,559**

Onde: IPrn = incremento periódico radial dos últimos n anos; gn= incremento em área basal dos n últimos anos; Pc= proporção de comprimento de copa; IS= índice de saliência; IA= índice de abrangência; Fc= formal de copa; Hd= grau de esbeltez; (*)= significante ao nível de 0,05; (**) = significante ao nível de 0,01.

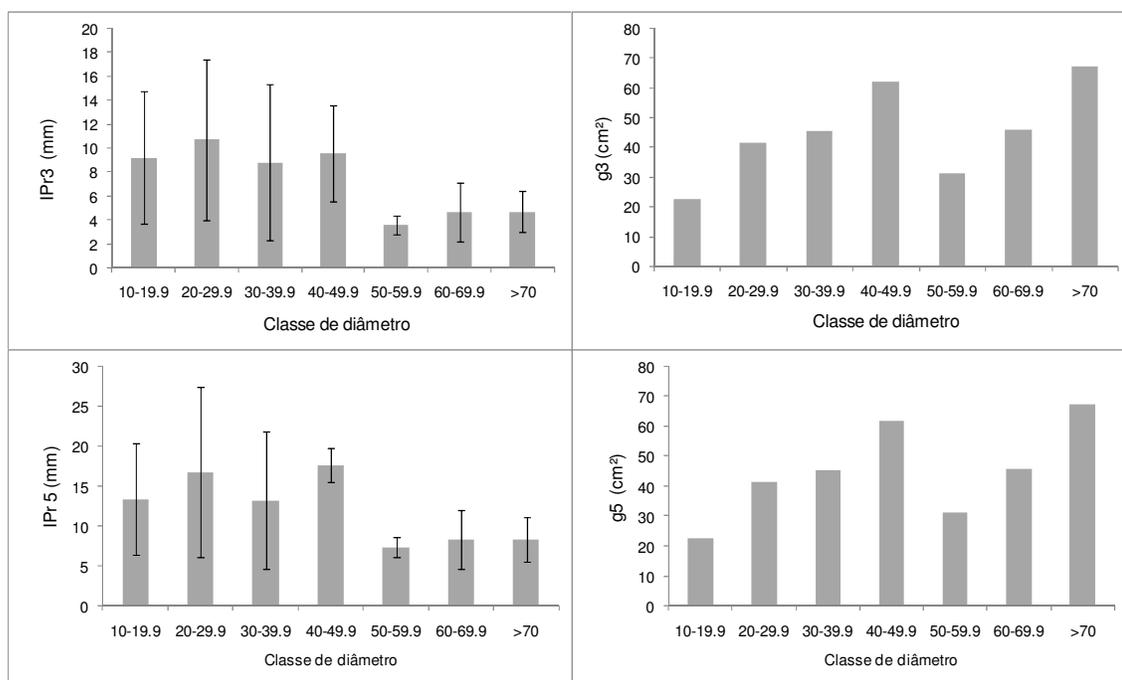


Figura 5.5 – Incremento periódico em raio com seus desvios padrões e incremento médio em área basal dos últimos três e cinco anos por classe de diâmetro de cedro, da região de Santa Maria, RS.

O centro de classe de 45 cm de diâmetro teve grande incremento radial e em área basal, entretanto, este valor pode não ser significativo devido à pouca representatividade desta classe, que contém somente três indivíduos.

O Dap foi correlacionado negativamente com o incremento periódico radial dos últimos três e quatro anos e positivamente com o incremento médio em área basal de três a seis anos (Figura 5.5 e Tabela 5.3). Neste aspecto, registra-se que Lobão et al. (2008) também encontraram relação negativa entre os valores de incremento em circunferência de cedro e diâmetros.

A relação entre incremento em raio é inversa à relação ao incremento em área basal, o incremento em raio é negativamente correlacionado com o diâmetro, enquanto o incremento em área basal é associado de maneira positivo, pois, mesmo que o incremento radial diminua com o aumento do diâmetro, sendo o diâmetro maior, a área adicionada ao redor da árvore é maior. Esse comportamento é descrito por Assmann (1970), que demonstra que o incremento em área basal é mais influenciado pelo diâmetro que pelo incremento radial.

O incremento periódico radial, além de correlacionado com o Dap, obteve resposta significativa com o índice de saliência. Portanto, para duas árvores de mesmo Dap, quanto maior o diâmetro de copa, maior o incremento radial. Esta relação explica o alto crescimento da classe de Dap de 45 cm, que teve índice de saliência alto.

As variáveis com maiores correlações com o incremento médio em área basal foram o diâmetro de copa (0,624) e índice de abrangência (0,623), o período correspondente à estas correlações foram os dos últimos seis anos. O grau de esbeltez também apresentou alta associação (-0,568) com o incremento médio dos últimos cinco anos (Figura 5.5 e Tabela 5.3).

A relação de incremento em área basal com o índice de abrangência também pode explicar o crescimento muito elevado do centro de classe de 45 cm de Dap. O aumento do IA de uma classe para a outra foi, em média, de 0,06, e a diferença entre a classe de 35 e 45 foi de 0,11, valor elevado em comparação com a média, indicando que esta classe teve um acréscimo muito grande de IA, ou seja, o diâmetro de copa cresceu muito rápido em comparação com a altura total da árvore. Acrescendo-se que este fato refletiu também no índice de saliência, citado anteriormente.

Na relação entre incremento médio em área basal e diâmetro de copa (Figura 5.6A), dois indivíduos destacam-se: o C16, que apresentou diâmetro de copa de 5,07 m e incremento de 41,32 cm²/ano, e o C24 com diâmetro de copa de 5,15 m e incremento de 55,66 cm²/ano. Os incrementos destas árvores são muito elevados em comparação com outras cujo diâmetro de copa é semelhante. Os indivíduos C16 e C24 encontraram-se perto de mananciais de água, sendo que o C16 é uma árvore livre com elevada proporção de copa (67,54%) e o C24 é uma árvore de bordadura.

A relação entre incremento médio em área basal e índice de abrangência apresentou um indivíduo que se destacou em incremento dos demais, o C18 com IA de 0,39. A árvore C18 situa-se na bordadura, perto de um manancial de água (Figura 5.6B).

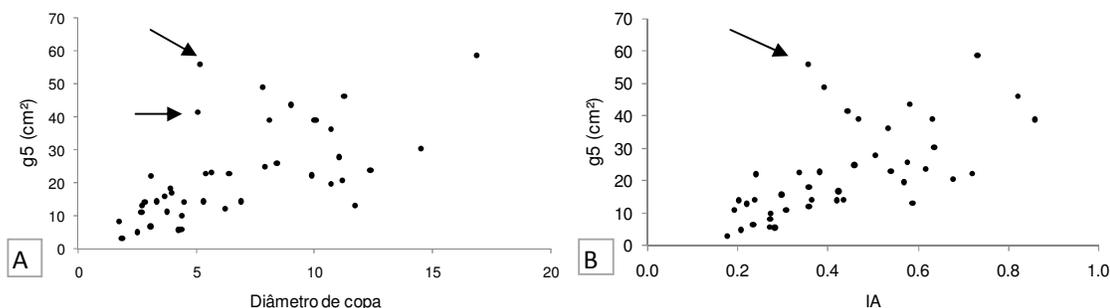


Figura 5.6 – Relação entre incremento médio em área basal de cedro com diâmetro de copa e índice de abrangência, na região de Santa Maria, RS.

O grau de esbeltez (relação h/d) foi o único correlacionado negativamente com o incremento médio em área basal. Essa relação mostrou que quanto mais esbelta for uma árvore, menor será o seu incremento médio em área basal. Considerando duas árvores de mesma altura, a árvore de menor D_{ap} pode estar sendo influenciada por uma maior competição.

Mattos (2007) também encontrou correlações significativas (5% de probabilidade de erro) entre incremento periódico anual em área basal e: D_{ap} (0,786), índice de abrangência (0,694), grau de esbeltez (-0,602), formal de copa (0,462), proporção de copa (0,368) e índice de saliência (0,353).

5.3 Medida de densidade pontual

A medida da densidade pontual de Spurr não foi eficiente para todos os indivíduos analisados, pois nem todas as árvores obtiveram estabilização de área basal (34,8%), requisito exigido para a sua determinação.

As árvores que atingiram estimação de densidade instável se encontravam em três situações distintas. O primeiro caso de não estabilização ocorreu devido à presença de árvores muito próximas à árvore central de cedro, o que ocasionou um valor inicial muito elevado de área basal, necessitando de alto número de árvores para estabilização. Desse modo, indivíduos nesta condição são desinteressantes, pois o manejo adequado de florestas naturais não permite que haja duas árvores muito próximas uma da outra, como aqui descrito. Outra causa de inconstância de densidade é a localização de amostras em bordadura. Das oito árvores analisadas de bordadura, cinco (62,5%) tiveram densidade considerada instável. Também tiveram densidades instáveis as árvores que se achavam em locais com menor densidade. Os resultados dos trabalhos que têm utilizado este método são considerados satisfatórios em florestas homogêneas (SPURR, 1962) e de regeneração com alta densidade (THOMAS, 2009).

A relação entre incremento e densidade pontual de Spurr verificada pela análise de correlação de Pearson foi significativa (95%) com o incremento médio em área basal dos últimos quatro (-0,435) e cinco anos (-0,411), e não apresentou correlação significativa a 5% de probabilidade de erro com incremento periódico radial. Quando analisadas as relações entre os incrementos e os valores de Spurr não estáveis, a correlação passou a ser não significativa. Como foram poucos indivíduos que apresentaram densidade pontual de Spurr estável, calculou-se a área basal circundante à árvore central pelo método de área basal por Bitterlich que também foi correlacionado significativamente com o incremento médio em área basal dos últimos quatro (-0,350) e cinco anos (-0,349). Entretanto, a correlação dos incrementos com a área basal pelo método de Bitterlich foi menor que a obtida com a densidade pontual de Spurr. As associações negativas entre incremento em área basal com índice de densidade de Spurr e Bitterlich podem indicar que, mesmo o indivíduo de Cedro estando em posição dominante, ele está sofrendo o efeito da competição.

O grau de esbeltez, apesar de estar negativamente vinculado com os incrementos médios em área basal, não foi correlacionado significativamente com a densidade pontual de Spurr estável (0,357), já a correlação entre o incremento e a densidade pontual de Spurr não estável, foi expressiva (0,399), o valor de correlação foi somente um pouco maior, sendo significativa devido à inclusão de maior número de pares. A relação entre altura total e Dap foi também significativamente correlacionada com a área basal de Bitterlich (0,458). Portanto, as árvores mais esbeltas apresentaram maiores influências da competição, que resulta no menor incremento destas, conforme visto no item anterior.

A densidade pontual estável e não estável foram também associadas com o índice de abrangência (-0,444 e -0,373, respectivamente ao nível de significância de 0,05). Como esta comparação foi possível somente com poucos indivíduos, também se calculou a área basal média do ponto amostrado pelo método de Bitterlich. A correlação entre IA e a área basal por Bitterlich foi maior do que a obtida com densidade pontual de Spurr (-0,513 ao nível de significância de 0,01) (Figura 5.7A e 5.7B).

O índice de abrangência pode ser um bom indicador da concorrência, pois quanto maior a densidade do ponto, menor o índice de abrangência. Assim, pode-se exemplificar: para duas árvores de mesma altura, a árvore com menor diâmetro de copa apresentou maior concorrência (maior Spurr e Bitterlich) do que a com maior diâmetro de copa (menor Spurr e Bitterlich).

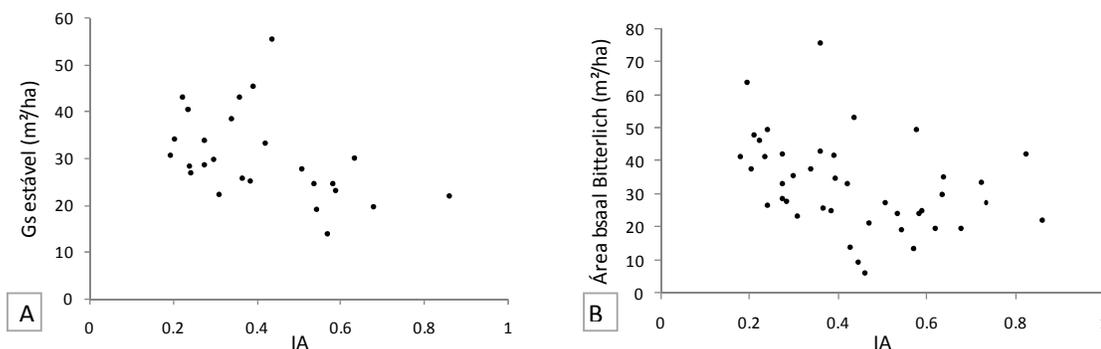


Figura 5.7 - Relação entre medidas de densidade pontual de Spurr e área basal por Bitterlich com índice de abrangência de cedro na região de Santa Maria, RS.

5.4 Modelo de crescimento em função das variáveis morfométricas e de competição

A análise de regressão *stepwise* de incremento em área basal dos últimos cinco anos em função das variáveis morfométricas e de concorrência, para todas as árvores, decorreu até o passo nove, resultando em um modelo com seis variáveis ($F=13,81$; $Pr>F=<0,0001$) e coeficiente de determinação de 0,6767 (Tabela 5.4).

O índice de densidade pontual de Spurr utilizado para a análise de regressão foi o não estabilizado, pois nem todas as árvores obtiveram densidade estável. Foram excluídas desta análise árvores com densidade pontual de Spurr com valor zero, ou seja, aquelas que são livres. As variáveis mais significativas do modelo foram: a densidade pontual de Spurr, mesmo incluindo as densidades não estáveis, e a densidade pontual de Spurr dividida pelo Dap (ambas com $Pr>F <0,0001$), seguida pelo diâmetro de copa ao quadrado.

Tabela 5.4 – Análise de regressão *Stepwise* de incremento em área basal dos últimos cinco anos em função das variáveis morfométricas de *Cedrela fissilis* em Santa Maria, RS.

Variável	Parâmetro Estimado	Erro Padrão	Erro Tipo II SS	F Value	Pr > F
Intercepto	43,25474	7,8254	2858,446	30,55	<,0001
Dc ²	0,39751	0,09791	1542,262	16,48	0,0003
Gs ²	0,0133	0,00262	2415,629	25,82	<,0001
Dap*Ht	-0,03583	0,01288	723,6139	7,73	0,0089
Dap*Gb	-0,01714	0,00595	777,1667	8,31	0,0069
Gs*(1/Dap)	-16,0493	3,52478	1939,651	20,73	<,0001

Onde: Dc = diâmetro de copa; Gs = densidade pontual de Spurr; Dap = Diâmetro a altura do peito; Ht = altura total; Gb = área basal pelo método de Bitterlich.

Considerando somente as árvores com índice de densidade estável, ou seja, árvores nas condições florestais (excluindo árvores com densidade pontual de Spurr não estável – árvores sob densidade baixa, árvores de bordadura e árvores que apresentavam outras muito próximas), a análise *stepwise* foi apenas até o passo um, abarcando somente a variável de índice de abrangência no modelo, com coeficiente de determinação de 0,5167. Como o intercepto não foi significativo no modelo, realizou-se novamente a análise de regressão, excluindo o intercepto, e obtendo um coeficiente de determinação de 0,8915 ($R^2_{aj.}=0,8868$) (Figura 5.8).

Ressalte-se, neste ponto que o índice de abrangência é a relação entre diâmetro de copa e altura total, sendo influenciado pela competição. Este índice já foi alvo de discussão nos itens 5.2 e 5.3.

Mattos (2007) modelou o incremento de árvores da mesma espécie em floresta, considerando o índice de abrangência, o Dap elevado ao quadrado e a porcentagem de pedregosidade e conseguiu 70% de explicação para o incremento.

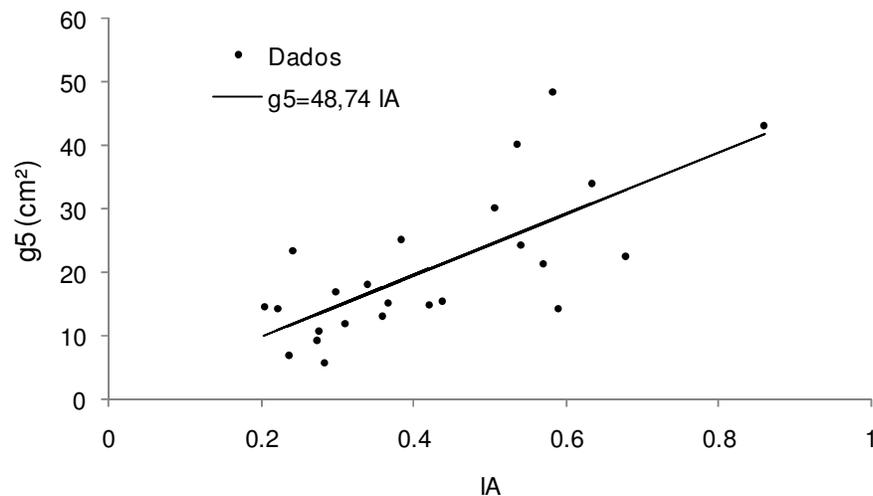


Figura 5.8 – Incremento médio em área basal dos últimos cinco anos em função do índice de abrangência (IA) para árvores de cedro, no interior de floresta, com densidade de Spurr estável na região de Santa Maria, RS.

5.5 Crescimento em função da idade

A maioria das baguetas coletadas não conteve a medula, isto se deu porque, no momento da coleta, o trado não foi direcionado corretamente, ocorrendo um desvio da bagueta de incremento com relação à medula, ou não foi introduzido suficientemente para alcançar o ponto central da árvore. Em virtude deste fato, a análise de crescimento, considerando a idade das árvores, foi possível somente em dez indivíduos (Figura 5.9).

A análise de covariância identificou diferenças entre inclinações entre as séries analisadas. Para o maior fator, foi atribuído coeficiente zero, o que nos permitiu analisar as diferenças e as semelhanças pelo sinal e valor dos coeficientes

dos outros indivíduos. Assim sendo, o indivíduo C26 (caracterizado como 260) teve seu coeficiente zerado, por ser o maior fator. A análise de covariância demonstrou que o indivíduo C26 apresentou diferenças significativas com relação aos outros fatores (indivíduos) (Tabela 5.5).

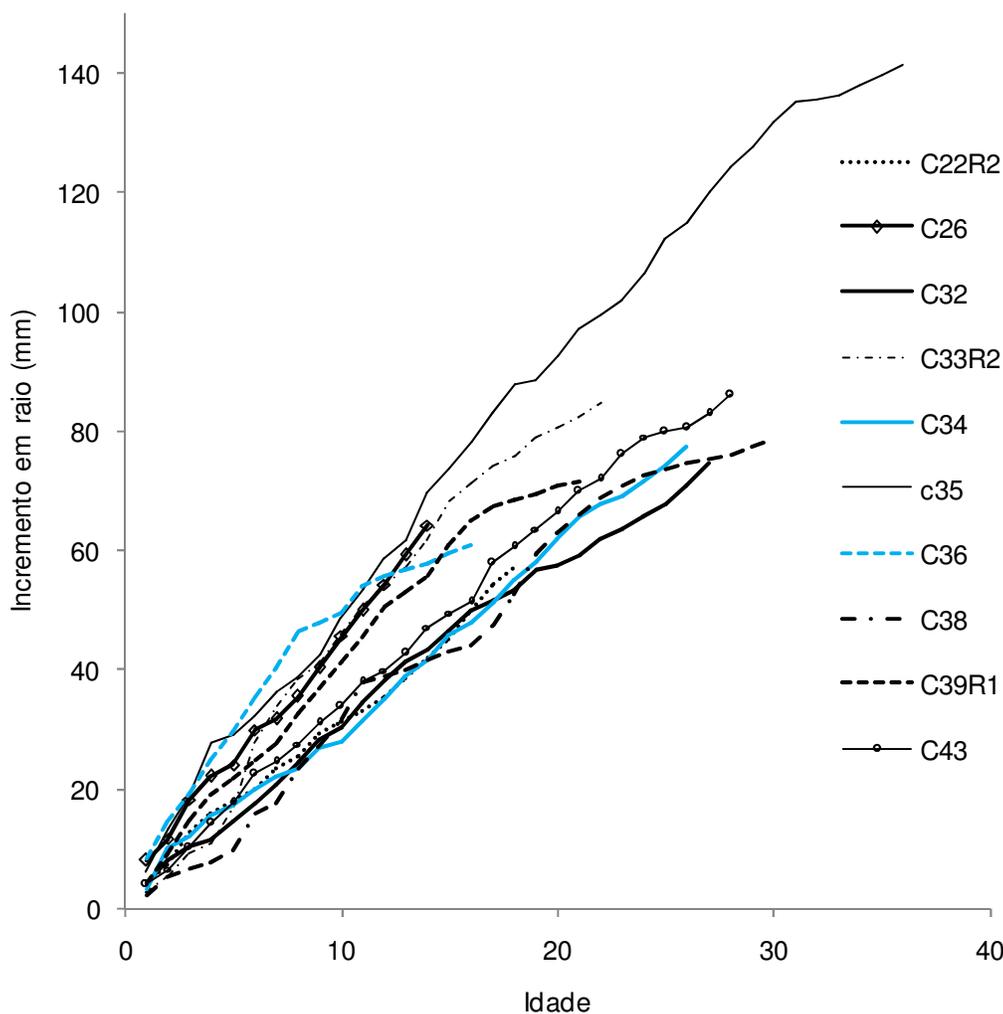


Figura 5.9 – Crescimento de *Cedrela fissilis*, em Floresta Estacional Decidual, em Val Feltrina, RS.

Os indivíduos C35, C33 e C36 não diferiram estatisticamente do indivíduo C26. Por outro lado, o indivíduo que pareceu mais distante deste grupo foi o C32, pois apresentou valor estimado de coeficiente mais distante de zero, assim, realizou-se novamente a análise de covariância, caracterizando o indivíduo C32 como o maior fator, atribuindo-lhe o valor de 320, e verificou-se um novo grupo. Os

indivíduos que foram estatisticamente semelhantes ao indivíduo C32 foram C22, C34 e C38 (Tabela 5.5).

As análises de covariância para os indivíduos C39 e C43 evidenciaram que eles diferem a $p < 0,0001$ entre si e de todos os outros indivíduos. Pelo gráfico (Figura 5.9) verificou-se que eles se encontraram em posição intermediária dos dois grupos, sendo que o C39 situou-se no limite inferior dos indivíduos de maior crescimento e o C43, no limite superior das árvores de menores incrementos.

Tabela 5.5 – Análise de covariância da função $in = bo + b1 idade$ para *Cedrela fissilis* em função de indivíduos (arv) em Val Feltrina, RS.

	DF	SQ	QM	F	Pr > F
Modelo	10	215677,076	21567,708	1707,61	<.0001
Id (idade)	1	189704	189704	15020	<.0001
id*ARV	9	25973	2885,9	228,49	<.0001
Erro	227	2867,0852	12,6303		
Total	237	218544,1612			
	R ² = 0,986881		CV= 7,33666	S _{xy} = 3,553918	
Parâmetros	Coeficiente	Erro padrão	t Value	Pr > t	
Intercepto	3,95095	0,47562093	8,31	<.0001	
Id	4,18463	0,12192018	34,32	<.0001	
id*arv 22	-1,3928	0,13618233	-10,23	<.0001	
id*arv 32	-1,5345	0,12168494	-12,61	<.0001	
id*arv 33	-0,2299	0,12679854	-1,81	0,0711	
id*arv 34	-1,3875	0,12238017	-11,34	<.0001	
id*arv 35	0,02747	0,11875404	0,23	0,8172	
id*arv 36	0,00325	0,14464432	0,02	0,9821	
id*arv 38	-1,4859	0,12019034	-12,36	<.0001	
id*arv 39	-0,6168	0,12851051	-4,8	<.0001	
id*arv 43	-1,1459	0,12109982	-9,46	<.0001	
id*arv 260	0,0000				

Dentro dos grupos de maior e menor incremento, avaliou-se também a diferença de níveis (Tabela 5.6 e Tabela 5.7).

No grupo de árvores de crescimento inferior, os indivíduos C38 e C32 apresentaram o mesmo nível, diferindo dos indivíduos C34 e C22, que estão em nível superior, isto significa que as árvores C34 e C22 tiveram crescimento inicial mais vigoroso.

No grupo de árvores de maior incremento, C260, C36 e C33 registraram crescimento inicial maior que o indivíduo C35 (Tabela 5.7).

Todas as árvores que tiveram o seu crescimento analisado pela idade estavam em solo com presença de pedras, apresentavam diversas profundidades e textura franco siltosa, com exceção do indivíduo C26, que se encontrava em solo franco. Diante desta observação, a diferença de crescimento não foi explicada pela caracterização da textura do solo, nem pela profundidade. Dificilmente, a qualidade de um sítio é caracterizada por uma única variável de solo, sendo necessário, para isso, um conjunto complexo de fatores (SPURR e BARNES, 1973). A diferença de crescimento entre as árvores pode talvez, ser atribuída aos fatores intrínsecos de crescimento das próprias árvores, ou a condições de crescimento não identificadas.

Tabela 5.6 – Verificação de diferença de níveis dos indivíduos de menores incrementos de Cedro de Val Feltrina, RS.

	DF	SQ	QM	F Value	Pr > F
Modelo	4	49831,7	12457,9	1845,28	<,0001
Id	1	47285,6	47285,6	7003,99	<,0001
Arv.	3	92,3281	30,776	4,56	0,005
Erro	96	648,119	6,75124		
Total	100	50479,8			
Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t Value	Pr > t	
Intercepto	0,76979	0,70932	1,09	0,2805	
Id	2,84733	0,03402	83,69	<,0001	
arv 22	2,24729	0,80111	2,81	0,0061	
arv 32	0,21951	0,69115	0,32	0,7515	
arv 34	1,92401	0,69952	2,75	0,0071	
arv 38	0	.	.		

Tabela 5.7 - Verificação de diferença de níveis para os indivíduos de maiores crescimentos de Cedro de Val Feltrina, RS.

	DF	SQ	QM	F Value	Pr > F
Modelo	4	120984	30246	1802	<.0001
Id	1	84347	84347	5025,2	<.0001
Arv	3	597,61	199,2	11,87	<.0001
Erro	83	1393,1	16,785		
Total	87	122377			
Parâmetros	Estimativa	Erro padrão	t Value	Pr > t	
Intercepto	5,4619	1,1729	4,66	<,0001	
Id	3,9751	0,0561	70,89	<,0001	
arv 33	-2,498	1,4185	-1,76	0,0819	
arv 35	4,363	1,4303	3,05	0,0031	
arv 36	1,9749	1,5004	1,32	0,1917	
arv 260	0	.	.		

Ao fazer-se análise do incremento periódico em raio, do incremento médio em área basal e a produtividade dos últimos três anos (Tabela 5.8), nota-se que as árvores, que têm crescimento elevado, podem, nos últimos anos, apresentar seus incrementos e a produtividade menor que as árvores que demonstraram crescimento inferior pela análise com a idade.

Tabela 5.8 – Produtividade, incremento médio em área basal e incremento periódico radial dos últimos três anos de árvores de cedro da região de Santa Maria, RS.

Indivíduos de baixo crescimento				Indivíduos de alto crescimento			
Indivíduo	Prod.	g3 (cm ²)	lpa3 (cm)	Indivíduo	Prod.	g 3(cm ²)	lpa3 (cm)
C22	0,85092	18,73746	11,5	C26	0,504757	24,80422	14,25
C32	0,710563	17,65784	8,95	C33	2,902405	18,2244	6,85
C34	1,665527	17,54676	8,45	C35	3,207451	18,43251	5,3
C38	2,518982	6,8261	3,2	C36	0,241776	7,305274	4,2

Prod. = Produtividade; g= incremento médio em área basal dos últimos três anos; lpa = incremento periódico radial anual considerando os últimos três anos.

As características que foram correlacionadas com o incremento dos últimos anos foram referentes à morfometria (ver item 5.2). Considera-se neste particular que as características morfométricas refletem melhor a atividade atual da planta, pois são características dinâmicas e podem variar com o tempo.

A influência da presença de lianas na produtividade foi analisada pelo teste de Wilcoxon que demonstrou diferença entre a produtividade de árvores com presença e ausência de lianas ($z=-2,7671$, $Pr>|z|=0,0057$). As árvores com e sem presença de lianas apresentaram produtividade média de 0,79 e 1,55 respectivamente, mostrando, portanto, que as árvores livres da presença de lianas apresentam maior produtividade. Maria (2002) também encontrou relação entre o crescimento de cedro e a presença de lianas. Em face desta observação, é possível afirmar que outro parâmetro que pode indicar sobre o crescimento atual do cedro é a presença de lianas.

5.6 Correlação entre baguetas e série dendrocronológica média

As correlações entre as baguetas da mesma árvore podem ser visualizadas na Tabela 5.9. A ausência das correlações entre as baguetas das árvores C01; C02 e C41 resultaram da dificuldade de visualização dos anéis de crescimento, em ambas as baguetas da árvore C01, tal dificuldade exigiu a sua exclusão da análise, enquanto que a dificuldade de visualização de uma das baguetas da C02, nas análises, determinou o uso somente da bagueta de repetição 2. Por fim, houve a impossibilidade de retirada de bagueta no indivíduo 41, pois a árvore estava oca, entretanto todas as suas demais medidas foram tomadas.

Tabela 5.9- Correlações entre as baguetas de árvores de Cedro da região de Santa Maria, RS.

Baguetas		Correlação de Pearson	Baguetas		Correlação de Pearson
C01R1	C01R2	X	C23R1	C23R2	0,06
C02R1	C02R2	X	C24R1	C24R2	0,684(**)
C03 R1	C03R2	0,234	C25R1	C25R2	0,450(**)
C04R1	C04R2	0,640(**)	C26R1	C26R2	0,202
C05R1	C05R2	0,569(**)	C27R1	C27R2	0,617(**)
C06R1	C06R2	0,352(*)	C28R2	C28R1	0,415(**)
C07R1	C07R2	0,488(**)	C29R1	C29R2	0,143
C08R1	C08R2	0,404(*)	C30R1	C30R2	0,709(**)
C09R1	C09R2	0,19	C31R1	C31R2	0,791(**)
C10R1	C10R2	0,388(*)	C32R1	C32R2	0,656(**)
C11R1	C11R2	0,553(**)	C33R1	C33R2	0,086
C12R1	C12R2	0,575(**)	C34R1	C34R2	0,363
C13R1	C13R2	0,163	C35R1	C35R2	0,659(**)
C14R1	C14R2	0,710(*)	C36R1	C36R2	0,914(**)
C15R1	C15R2	0,727(*)	C37R2	C37R1	0,679(**)
C16R1	C16R2	0,162	C38R1	C38R2	0,675(**)
C17R1	C17R2	0,382	C39R1	C39R2	0,492(*)
C18R1	C18R2	0,491(*)	C40R1	C40R2	0,693(**)
C19R1	C19R2	0,720(**)	C41R1	C41R2	X
C20R1	C20R2	0,142	C42R1	C42R2	0,753(**)
C21R1	C21R2	0,624(**)	C43R1	C43R2	0,081
C22R1	C22R2	0,057	C44R1	C44R2	0,239

(*) nível de significância de 0,05; (**) nível de significância de 0,01.

A dificuldade de visualização dos anéis de crescimento das baguetas das árvores C01 e C02 ocorreram devido a formação de anéis de crescimento com

fronteiras difusas, fato também observado e relatado por Rauber (2010). As fronteiras difusas dificultaram muito o trabalho da datação cruzada, pois há grande dificuldade em definir se nestas fronteiras há a formação de somente um anel anual, ou se a fronteira seria proveniente da acumulação de vários anos de baixo crescimento (Figura 5.10A). Conjetura-se de que as fronteiras difusas podem ser um efeito da reiteração da copa prejudicada por algum evento catastrófico, ou ainda por algum agente não identificado. A datação cruzada permitiu também visualizar a falta, bem como anéis a mais nas baguetas, fato também observado por Rauber (2010).

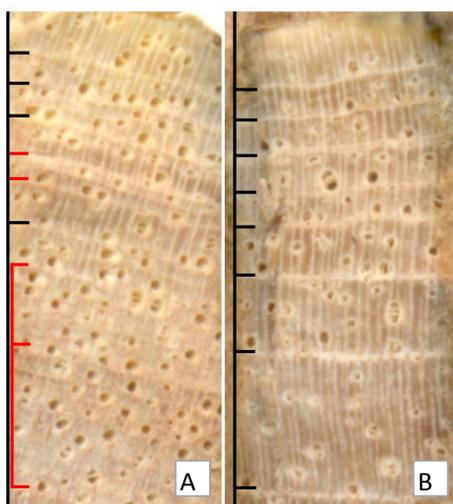


Figura 5.10 - Baguetas coletadas do cedro C02. Bagueta C02R1 com marcação em vermelho das camadas de fronteiras difusas (A), e bagueta C02R2 com camadas bem distinguíveis de parênquima diferenciado os anéis (B).

Um considerável número de árvores não teve as suas baguetas correlacionadas. Dünish et al. (2003) também identificaram diferença para raios de um mesmo tronco em seis espécies distintas, incluindo *Cedrela odorata*. A não correlação entre as baguetas de uma mesma árvore não foi relacionada às deformidades na copa, visto que o incremento radial não foi proporcional ao raio de copa no sentido que a bagueta foi retirada. Algumas árvores, como por exemplo, a C07, apresentaram alta variação de raio de copa e tiveram suas baguetas bem correlacionadas. A não correlação pode estar vinculada a deformidades do tronco, à tortuosidade ou ao lenho de reação causado pela inclinação da árvore.

A árvore C39 evidenciou uma correlação significativa entre suas baguetas, entretanto, para as análises de incremento com precipitação, optou-se por manter as

duas séries de bagueta separadas, uma vez que a observação gráfica mostra que suas tendências de crescimento variam em excesso (Figura 5.11).

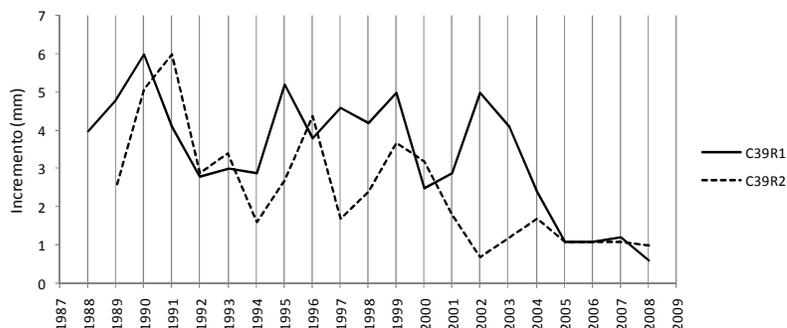


Figura 5.11 - Séries de incrementos da árvore de cedro C39, em Val Feltrina, RS.

A árvore C39 foi uma exceção, todas as demais árvores com correlações significativas apresentaram boa sincronia entre as duas baguetas, como exemplo pode ser visualizada a sincronia das duas baguetas da árvore C36 (Figura 5.12A). Em contrapartida, as árvores com baixa correlação entre as baguetas, como a C22, demonstraram similaridade insatisfatória entre as séries (Figura 5.12B).

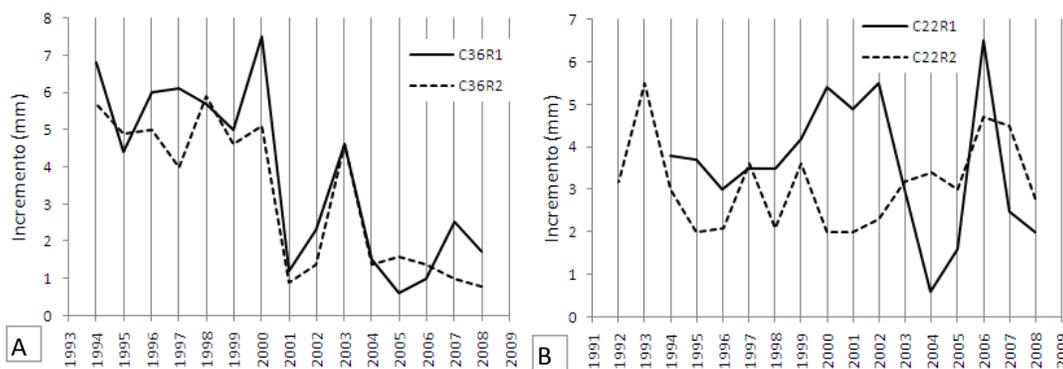


Figura 5.12 – Séries de incremento das árvores C36 (A) e C22 (B), da região de Santa Maria, RS.

Para análise entre todas as séries e a precipitação, foi feita uma média para as árvores cujo as baguetas tiveram correlação significativa, obtendo-se somente uma série por árvore, já aquelas baquetas que não tiveram correlação significativa dentro da mesma árvore foram analisadas pelas suas duas repetições, separadamente. Desta maneira, o número total de séries de crescimento analisadas, para cada ano, pode ser visualizada na Figura 5.13.

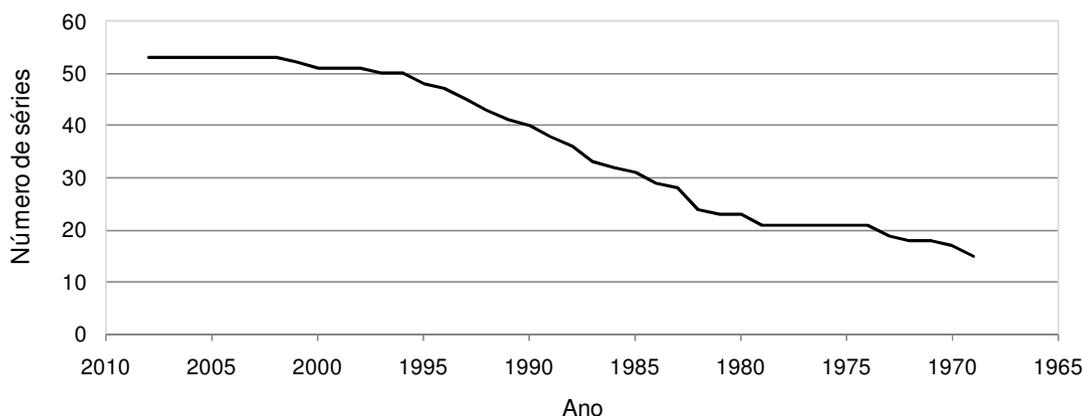


Figura 5.13 – Número de anéis de crescimento de cedro analisados para cada ano na região de Santa Maria, RS.

As árvores selecionadas para a série dendrocronológica obtiveram correlação média de 0,514 (Tabela 5.10). Foram classificadas somente 11 das 42 árvores (26%), que apresentaram anéis de crescimento em todos os 15 anos analisados.

Tabela 5. 10 – Correlações entre as árvores de cedro que compõem a série dendrocronológica pela média entre as baguetas de maiores correlações entre si, da região de Santa Maria, RS.

Árvore	C25	C27	C28	C33R1	C34	C35	C38	C42	C43	C44R1
C11	0.560(*)	0.560(*)	0.229	0.559(*)	0.540(*)	0.498	0.782(**)	0.918(**)	0.493	0.358
C25		0.438	0.606(*)	0.553(*)	0.277	0.529(*)	0.573(*)	0.484	0.394	0.671(**)
C27			0.612(*)	0.446	0.395	0.386	0.441	0.540(*)	0.368	0.412
C28				0.589(*)	0.313	0.565(*)	0.348	0.318	0.364	0.564(*)
C33R1					0.531(*)	0.922(**)	0.762(**)	0.567(*)	0.415	0.384
C34						0.665(**)	0.346	0.469	0.622(*)	0.642(**)
C35							0.675(**)	0.466	0.441	0.576(*)
C38								0.826(**)	0.471	0.334
C42									0.510	0.307
C43										0.670(**)

* = correlacionado ao nível de 0.05 de significância; ** = correlacionado ao nível de 0.01 de significância.

O número de árvores selecionadas para obtenção da série cronológica foi muito baixo, visto que Rauber (2010) obteve aproveitamento de 46% das árvores de *Cedrela fissilis*, entretanto, apesar de melhor aproveitamento de árvores, o trabalho citado apresentou correlação menor (0,331). Com *Cedrela odorata*, Brien e Zuidema (2005) alcançaram aproveitamento de 73%, e Dünish et al. (2003), de

79%. No caso destes últimos autores, eles justificam a exclusão de árvores da cronologia pelo fato de não utilizarem os dados standartizados e por não terem feito controle de qualidade visual nos anéis de crescimento, realizando somente o controle estatístico. No que se refere ao presente trabalho, apresenta-se apenas o controle visual, sendo que o controle estatístico talvez venha a aumentar o número de indivíduos na cronologia média.

5.7 Análise dos anos característicos e sensibilidade

A análise de tendência de intervalo, considerando todas as séries, demonstrou que nenhum ano foi considerado característico, ou seja, nenhum ano obteve mais que 90% das árvores com tendência de aumento ou diminuição do crescimento em relação ao ano anterior.

Os anos que apresentaram maior número de indivíduos com crescimento superior ao do ano anterior foram: 1997; 2006 e 1986 com representatividade de 84,0%, 73,6% e 71,9%, respectivamente. Os anos de maior representatividade de crescimentos inferior foram de 1998 com 80,4% e 1994 com 70,2%.

Ao considerar-se somente as árvores pertencentes à serie dendrocronológica, foram dados como característicos os anos de 1997 de alto crescimento e o ano de 1998 com baixo crescimento. Desta forma confirma-se a maior representatividade destes anos na análise de todas as séries.

O alto crescimento do ano de 1997 pode ter tido influência do fenômeno El Niño ocorrido naquele ano, que foi marcado por elevada quantidade de chuva no final da primavera e no início do verão, além disso, foi tido como um dos El Niños mais fortes do século 20 (STRECK et al., 2009; BRITTO et al., 2008).

A sensibilidade média do total das séries foi 0,450, com abrangência de 0,226 a 0,677 (Figura 5.14A). O coeficiente de variação variou de 43,76 a 108,99, e obteve forma similar a forma de distribuição da sensibilidade média (Figura 5.14B). A forma obtida por estas distribuições, semelhante à forma de sino, foi similar a obtida para *Abies Alba*, na França (ROLLAND, 1993), contudo, os valores aqui apresentados, tanto de sensibilidade média quanto de coeficiente de variação, são superiores aos encontrados no referido trabalho.

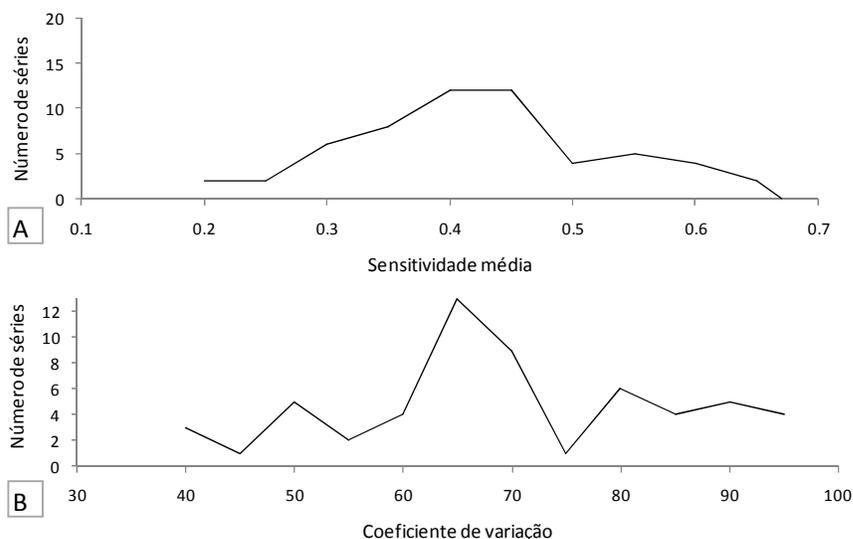


Figura 5.14 – Sensitividade média e coeficiente de variação dos índices de incremento das séries de todas as árvores analisadas de cedro da região de Santa Maria, RS.

Os anos de menor sensibilidade, compreendendo, neste caso, todos os indivíduos de 1994 até 2008, foram 1998 e 1994, anos semelhantes aos de menor crescimento enquanto que o de maior sensibilidade foi 1997, também correspondente ao ano mais representativo de crescimento superior (Figura 5.15).

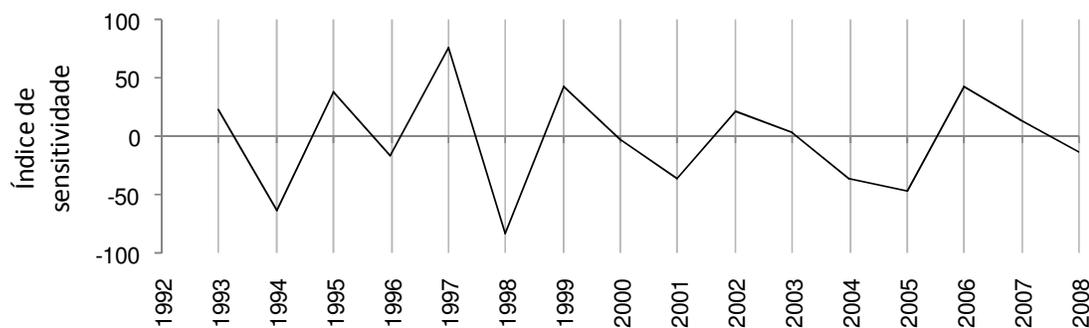


Figura 5.15 - Índice de sensibilidade de todas as árvores analisadas de cedro da região de Santa Maria, RS.

5.8 Correlações entre crescimento e precipitação mensal

A série dendrocronológica média foi significativamente correlacionada pelo método de Pearson com a precipitação dos meses de junho, de fevereiro e de abril, e pelo método de Spearman com a precipitação de junho (Figura 5.16). Para a mesma espécie, Munareto (2007), encontrou correlação positiva significativa nos meses de janeiro e fevereiro, e correlação negativa no mês de março.

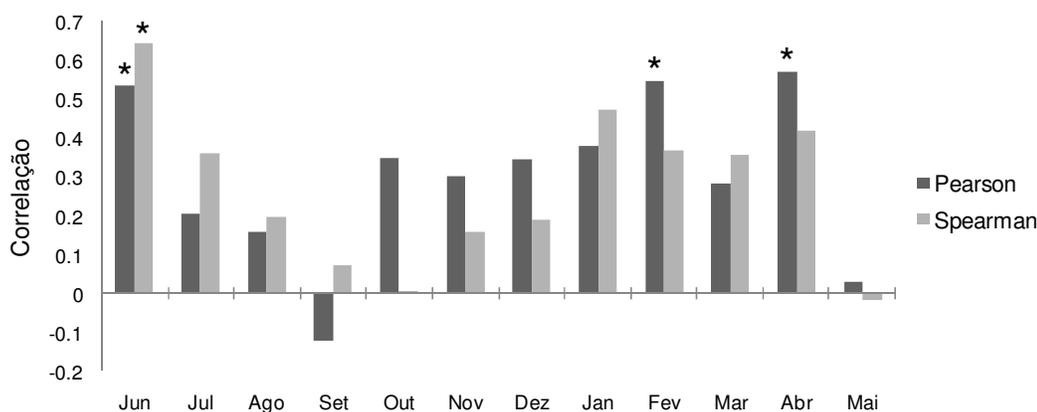


Figura 5.16 – Correlações entre dendrocronologia média de cedro e precipitação pluviométrica mensal da região de Santa Maria, RS.

* = correlação significativa ao nível de 0,05.

Não houve correlação significativa entre temperatura média mensal e a série média de crescimento.

Analisando separadamente cada indivíduo que compõe a série dendrocronológica, observou-se que nem todos os indivíduos responderam de maneira significativa aos meses de junho, fevereiro e abril. Pela correlação de Pearson, dois; quatro e três indivíduos responderam aos períodos de junho, fevereiro e abril respectivamente, sendo pois, bem poucos em relação ao total de indivíduos que compõem a série, por Spearman, cinco dos 11 componentes da série foram correlacionados significativamente com a precipitação do mês de junho.

Contudo, examinando todas as árvores, constatou-se que os meses de fevereiro, abril e junho foram aqueles com maior número de indivíduos com correlações significativas, com sete; oito e quatro pela análise de Pearson e cinco; seis e sete por Spearman, respectivamente.

Estas observações denotam que, dentro da série de indivíduos que se correlacionam (série dendrocronológica), há indivíduos que não se comportam como

o indicado pela média dos índices de incremento. Por outro lado, cabe ressaltar que há árvores que não estão na série e se correlacionam de maneira similar à média.

5.9 Correlações entre crescimento e períodos de precipitação

As correlações mais altas entre a precipitação e a série dendrocronológica média foram referentes aos períodos de dezembro a abril (0,778), novembro a maio (0,764) e novembro a abril (0,714). O período outubro a abril, considerado como estação de crescimento para *Ocotea*, na região, por Spathelf et al. (2000), obteve correlação também significativa, porém um pouco inferior do que as demais (0,696), e período de junho à novembro apresentou baixa correlação (0,385).

O período de dezembro a abril já foi citado, pela literatura, como o período de maior crescimento de *Cedrela fissilis* em São Francisco de Paula, RS (GOMES et al., 2008). Contudo, Rauber (2010) encontrou que o crescimento de *Cedrela fissilis* é influenciado pela precipitação de dezembro a abril da estação de crescimento do ano anterior. Em outros locais, como em Mato Grosso, o início da atividade cambial de *Cedrela odorata* deu-se no meio de setembro e perdurou até o final de maio/junho, e o período de maior crescimento foi entre setembro e janeiro (DÜNISH et al., 2003). No Acre, Lobão et al. (2008) verificaram o início do crescimento em *Cedrela* sp. em setembro, dado que foi atribuído ao início do período de chuvas.

Na análise, separadamente, dos indivíduos que compõem a série média e o total, novamente constatou-se o que ocorreu com as precipitações mensais, há indivíduos que ficaram fora da série média que estão correlacionados com o período determinado de precipitação e há árvores da série que não foram correlacionadas com o período, quando analisadas separadamente (Tabela 5.11).

O período de junho a novembro apresentou o menor número de árvores. De outro modo, o período de outubro a abril, apesar de ser considerado como momento de crescimento, obteve quantidade inferior de árvores se comparado com os períodos de dezembro a abril e novembro a maio.

Tabela 5.11 - Número de árvores de cedro que obtiveram correlação com o período de precipitação, analisando os últimos 15 anos de incremento, na região de Santa Maria, RS.

Número de árvores:	out-abr	jun-nov	dez-abr	nov-mai
da série média por Pearson*	4	1	9	7
da série média por Spearman**	6	3	7	7
do total de árvores por Pearson	8	3	13	14
do total de árvores por Spearman	10	6	14	12
comuns – do total Pearson/Spearman	6	3	9	10

* número de árvores que compõem a série dendrocronológica e que foram correlacionadas pela análise de Pearson com os períodos propostos; ** número de árvores que compõem a série dendrocronológica e que foram correlacionadas pela análise de Spearman com os períodos propostos.

Ao ponderar estes eventos, propomos analisar os dados de mais três maneiras diferentes, de forma a buscar uma melhor resposta dos incrementos à precipitação. As novas avaliações consideraram a resposta de cada árvore individualmente com relação ao período de precipitação de dezembro a abril, o qual foi escolhido, porque apresentou maior número de indivíduos com correlações significativas (Tabela 5.11).

A primeira maneira adotada foi agrupar as árvores que fossem correlacionadas com o período determinado pelo método de Pearson (treze árvores – Tabela 5.11); segundo, pelo método de Spearman (catorze árvores – Tabela 5.11). A terceira forma empregada foi comparar a porcentagem semelhante de tendência de intervalos (modificação do método de tendência de intervalo originalmente feito para avaliar anos característicos), ou seja, foram atribuídos para a série de precipitação e séries de índices de incremento valores de zero quando o valor do ano atual fosse menor que do ano anterior e o valor um quando fosse maior. Desta forma verificou-se qual a porcentagem de anos que correspondiam com as mesmas tendências entre a série de índice de incremento e a série de precipitação, foram agrupadas as árvores que apresentaram mais de 70% de anos de crescimento correspondentes com o período de precipitação.

A comparação entre os resultados das diferentes maneiras de obter a série dendrocronológica foi realizada pela análise dos valores de correlação de Pearson (entre a série média e a série de precipitação de dezembro a abril) e pelo número de indivíduos considerados para a formação da série média. A comparação salientou

que o agrupamento por tendência de intervalo foi o melhor, uma vez que se obteve maior correlação e incluiu o maior número de árvores, 19 indivíduos (Figura 5.17C), ou seja, seis a mais que o agrupamento por Pearson que foi o segundo com maior correlação (Figura 5.17A).

A série dendrocronológica média inicial (Figura 5.17 D), formada pelo agrupamento das árvores com maior correlação entre as baguetas foi a que atingiu piores resultados (menor correlação com a precipitação e menor número de indivíduos integrantes). A série apresenta dois anos inconvenientes, o ano de 2002, que tem índices de incremento amortecido, enquanto a precipitação é elevada, e o ano de 2008, que apresenta queda de precipitação e aumento do incremento.

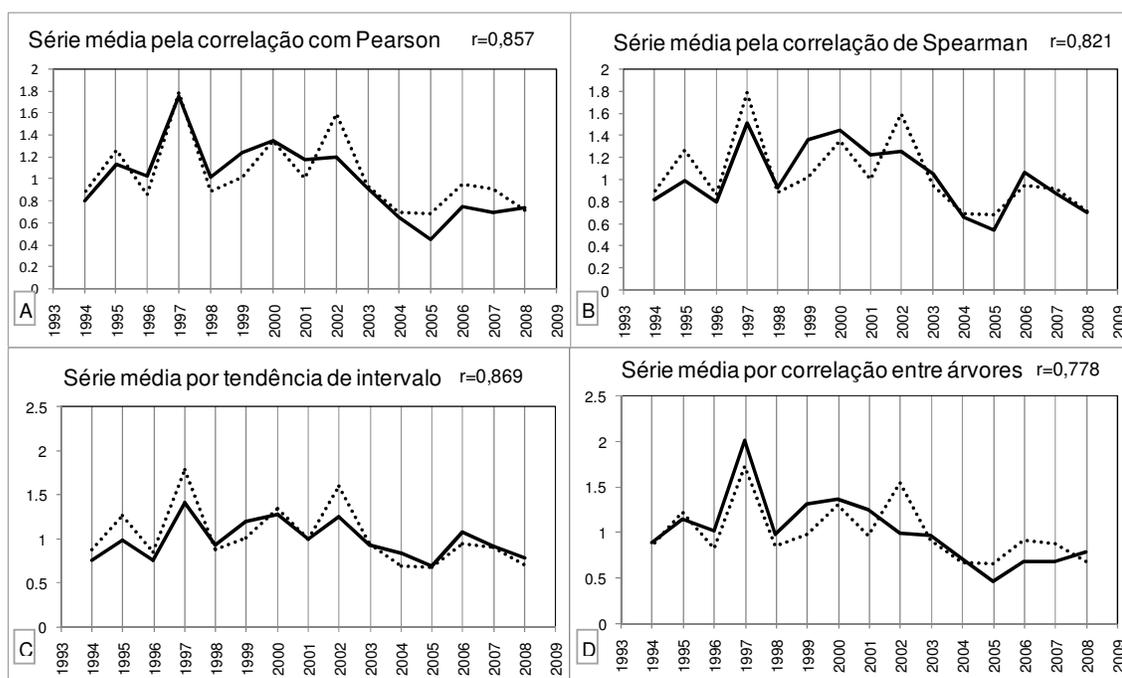


Figura 5.17 – Séries dendrocronológicas médias de cedro obtidas por diferentes métodos e a precipitação do período de dezembro a abril, da região de Santa Maria, RS.

Onde: Linha inteira = série dendrocronológica; linha pontilhada = precipitação do período de dezembro a abril.

A série obtida pela correlação entre as árvores e a precipitação por Pearson (Figura 5.17 A) evidenciou uma pequena diferença no ano de 2008, igualmente a apresentada pela série dendrocronológica média inicial. Entretanto, mesmo com a pequena dissociação do ano de 2008, a série média obtida por Pearson obteve correlação com a precipitação maior que a série arranjada pelas correlações de

Spearman, que apresentou todos os anos normais, ou seja, com tendências semelhantes (Figura 5.17 B).

A correlação média entre as 19 árvores que compõem a dendrocronologia média pelo método proposto de semelhança de tendência de intervalo foi de 0,174, extremamente baixa em comparação à série dendrocronológica inicial. Entretanto, a série formada pela tendência de intervalo representou melhor as variações de incremento influenciadas pelas variações climáticas. Como a série por análise de tendência foi considerada a melhor para representar a influência do clima no crescimento, analisou-se novamente os anos característicos, a sensibilidade e a influência da precipitação mensal adotando-se, como referência, esta nova série.

Desta maneira, foram tidos como anos característicos somente os anos de 1997 e 1995, com alto crescimento, que também responderam como os mais sensíveis, por outro lado os anos com menor sensibilidade foram 1994, 1998, 2001 e 2003. A comparação entre estes resultados e os alcançados pela dendrocronologia média inicial, demonstra que há maior sensibilidade na série formada por tendência de intervalo.

A influência da precipitação mensal, tomando-se como parâmetro esta nova série também diferiu da série inicial formada pela correlação entre as árvores. Somente o mês de abril respondeu como na análise da serie cronológica inicial (Figura 5.18).

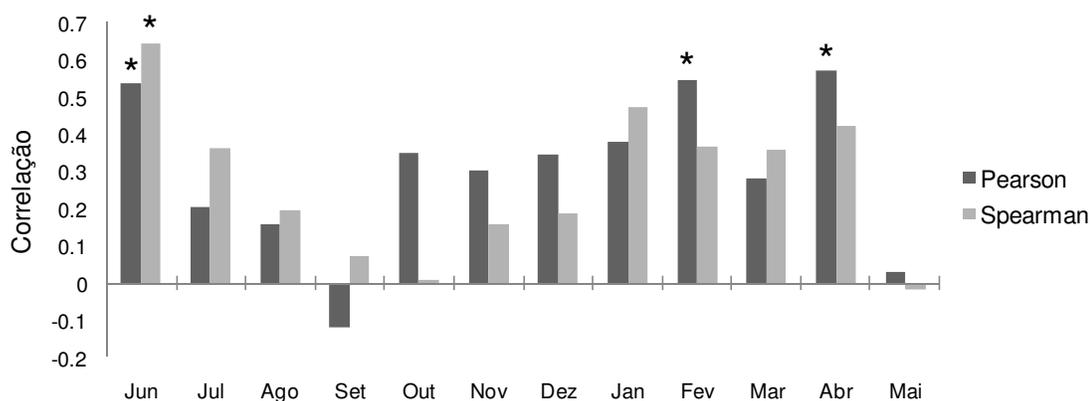


Figura 5.18 - Correlação entre a média das 19 árvores de cedro e a precipitação mensal, na região de Santa Maria, RS.

* = correlação significativa ao nível de 0,05.

Os meses que apresentaram correlação com o crescimento foram de novembro, janeiro, março e abril. A análise mensal da série dendrocronológica média pela tendência de intervalo foi semelhante à avaliação das árvores com os períodos de precipitação, que apresentaram melhores resultados correspondentes à dezembro a abril e novembro a maio (Tabela 5.11). Ao examinar-se as tendências de intervalo dos períodos de precipitação, constatou-se que tanto o período de novembro a maio quanto de novembro a abril apresentaram tendências iguais ao de dezembro a abril, demonstrando que a inclusão do mês de novembro não alterou a tendência das médias de precipitação, assim como a inclusão do mês de maio, que foi correlacionado negativamente com o crescimento.

Dentre as árvores analisadas, notou-se que três árvores continuavam com 70% de correspondência quando analisados todos os anos dos índices de largura de incremento (Figura 5.20). Enquanto alguns indivíduos, com a redução da análise de anos, aumentaram a porcentagem de semelhança, atingindo 70% (Figura 5.19). A falta de sincronização dos primeiros anos pode ser consequência do efeito da competição do passado.



Figura 5.19 – Árvores de cedro com 70% de semelhança com a série de precipitação de dezembro a abril, considerando períodos menores que 1994 a 2008, em Santa Maria, RS.

As árvores que fazem parte da dendrocronologia final, formada pela tendência de intervalo, analisadas individualmente, apontam anos desiguais entre precipitação e incremento (anos relativos no máximo a 30% de não sincronização, coerente com o proposta de seleção) (Figura 5.20).

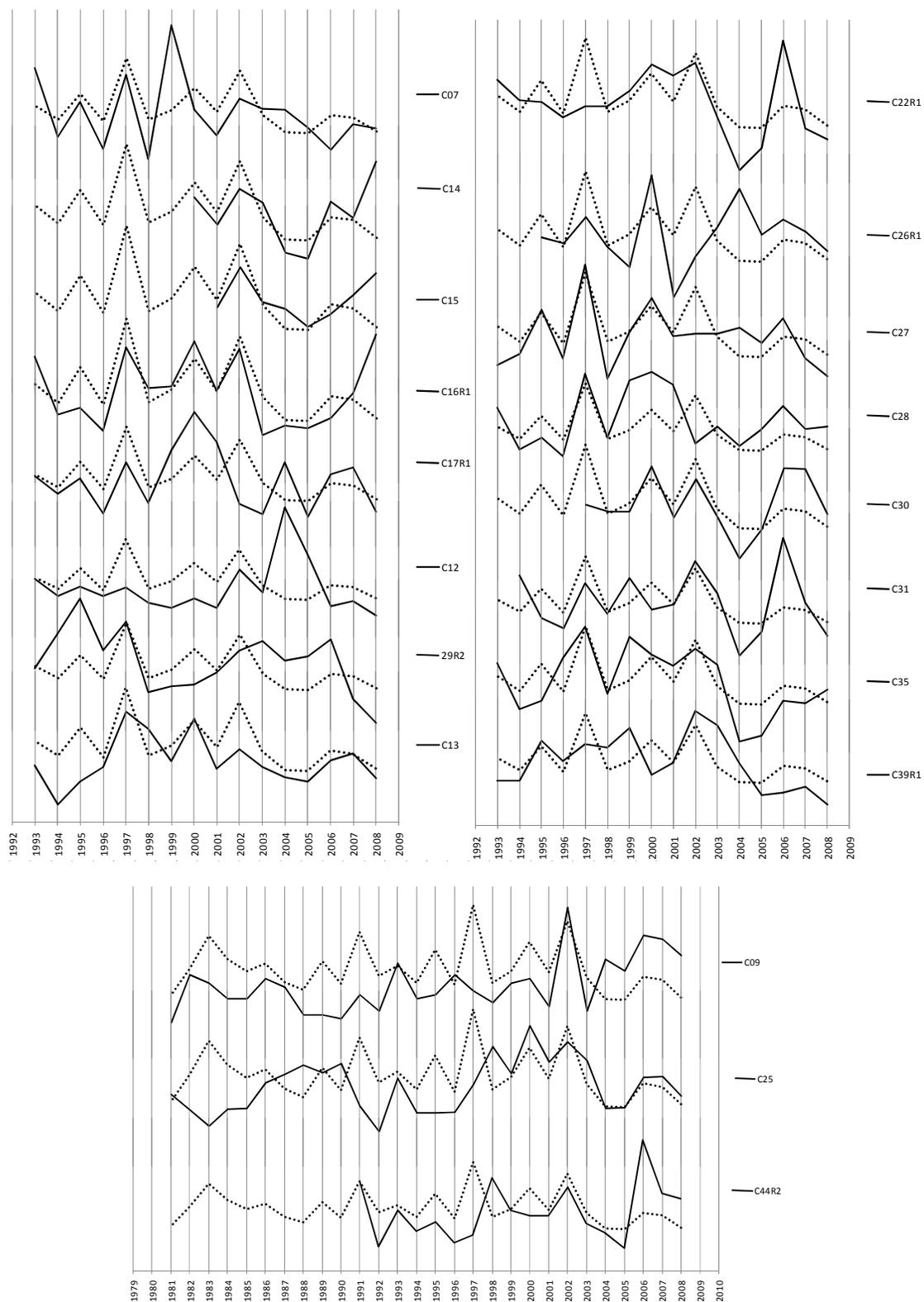


Figura 5.20 – Índices de incremento das 19 árvores de cedro selecionadas para série dendrocronológica por tendência de intervalo e precipitação do período de dezembro a abril, em Santa Maria, RS.

No ano de 2008, as árvores de número C14, C15, C16, C35 e C38 apresentaram alto índice de crescimento, mesmo com o baixo índice de precipitação. A precipitação deste ano foi muito baixa somente nos meses de dezembro e abril, os meses intermediários (janeiro, fevereiro e março) tiveram precipitação normal. As árvores que apresentaram alto crescimento talvez tenham sido mais influenciadas pelo período intermediário de janeiro a março. Verificando a correlação destes indivíduos (C35; C14; C15; C16 e C38) com o período de precipitação de janeiro a março, confirmamos que eles têm alta correlação com este período (em média 0,558). O indivíduo C38 apresentou a menor correlação, demonstrando a fraca influência deste período, isto pode ser visualizada no seu gráfico, pois o aumento do índice de incremento de C38 no ano de 2008 é pequeno.

Em 2004, apesar da baixa precipitação, as árvores C07, C09, C12, C16, C17, C25, C26 e C27 registram alto crescimento. Estas árvores estavam localizadas em baixadas, e exceto dois indivíduos, todos estavam perto de um curso de água. Apesar da baixa precipitação do período de dezembro a abril, choveu razoavelmente em outubro e novembro (119,7mm e 147.7mm, respectivamente), e deste modo, a chuva deste período pode ter fornecido água aos mananciais que, deve ter suprido a necessidade de água dessas árvores de cedro.

Os indivíduos C17, C25, C27 e C28, da mesma forma, situados em baixadas, em 2002, apresentaram baixo crescimento, embora haja o registro de alta precipitação. A precipitação deste ano pode ter sido excessiva, prejudicando o crescimento dos indivíduos, contudo, isto não foi observado no ano de 1997, que apresentou igualmente alta precipitação. Uma provável influência é a melhor distribuição de chuvas no ano de 1997. O mês com maior precipitação do período de 2002, foi março de 2003 (correspondente ao período iniciado em dezembro de 2002), o excesso de chuva deste mês foi citado por, Buriol et al. (2006), como o maior valor de precipitação encontrado no mês de março, no período entre 1912 e 2004. Enquanto a maior precipitação do ano de 1997 foi no mês de abril, mês posterior a março, que pode ter menos influência no crescimento, sendo o período de finalização de crescimento.

Os indivíduos C07, C31, C35 e C39 apresentaram baixo crescimento mesmo com a alta precipitação de 2000. Com exceção do indivíduo C07, situado em uma baixada, com solo profundo, os demais encontram-se em encosta com solos rasos,

assim, o excesso de chuva pode ter sido acumulado no solo e ter prejudicado o crescimento destes indivíduos.

Em 1996, a precipitação foi baixa e os indivíduos C09, C13 e C35 evidenciaram alto crescimento. A baixa precipitação do ano de 1996 foi causada pelos meses de março e abril (de 1997), as árvores podem ter apresentado alto crescimento devido à precipitação de dezembro, janeiro e fevereiro.

Em alguns períodos, determinados indivíduos tiveram alto crescimento mesmo com a baixa precipitação, entretanto, este parece ser um mecanismo complexo da árvore, visto que o fenômeno ocorre em poucos indivíduos que se acham em baixada e perto de rios e mananciais de água. Já outros indivíduos têm baixo crescimento mesmo em períodos com boa precipitação. Estes fatos podem ainda ser atribuídos a outros fatores ecológicos não mensurados. Contudo, estas dissociações não influenciaram a série dendrocronológica média.

A não simultaneidade de incremento com a precipitação, em alguns anos, observadas em algumas árvores também podem ser causadas pelas variações no período de início e de término de crescimento do tronco. Dünish et al. (2003) encontrou baixa variabilidade no início e término da atividade cambial de *Cedrela odorata*, no Mato Grosso, (início no meio de setembro até o final de maio ou junho). Contudo, os valores de atividade cambial devem ser analisados para *Cedrela fissilis* na região de estudo, para verificar a variabilidade da duração da referida atividade.

Todas as árvores selecionadas para a análise com a precipitação se encontravam em encosta ou em baixada, (contudo, foram amostrados poucos indivíduos em platô – somente quatro indivíduos). Foram selecionadas árvores classificadas tanto com crescimento superior (C35 e C26) e inferior (C22), caracterizadas pela análise de covariância de crescimento em função da idade. Todas as árvores eleitas foram distribuídas em todas as variedades de classes texturais de solo encontradas, que vão desde areia franca até franco siltosa.

Com exceção de dois indivíduos, todas as árvores de bordadura e livre foram incluídas na série dendrocronológica para a análise de relação com o clima. Em geral, os indivíduos que compuseram a série dendrocronológica tiveram baixo índice de densidade de Spurr e baixa área basal por Bitterlich, indicando que os indivíduos com menor competição estão mais aptos a mostrarem as influências climáticas, não importando a simetria de copa.

6 CONCLUSÃO

As variáveis morfométricas foram eficientes para explicar variações dos incrementos dos últimos anos. O índice de abrangência foi o parâmetro que melhor representou o incremento em área basal, sendo o único incluído na análise de regressão, para determinação de incremento médio em área basal. Por seu turno, as variáveis de textura e profundidade do solo foram insuficientes para caracterizar sítio e explicar a maior tendência de crescimento de alguns indivíduos de cedro.

A densidade pontual de Spurr foi negativamente correlacionada com incremento médio em área basal, o que demonstra que as árvores dominantes da floresta, ainda assim sofrem a influência da competição.

A presença de liana influenciou na produtividade. Árvores com presença de lianas apresentaram menor produtividade.

O método proposto por correspondência de tendência de intervalo foi considerado eficiente para verificar a influência da precipitação nos incrementos anuais.

Ademais, constatou-se que o crescimento do cedro é influenciado pelo clima, mais especificamente pelo período de precipitação de novembro/dezembro a abril do ano de início da estação de crescimento.

As árvores livres e de bordadura são mais indicadas para estudos dendrocronológicos, pois quase 100% das árvores coletadas responderam à precipitação. As árvores dominantes com menor competição, por sua vez, apresentaram melhor resposta à precipitação do que árvores dominantes com alta competição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study**. New York: Pergamon, 1970. 506p.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. de. **Conhecer a idade das árvores: Importância e Aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25p. (Embrapa Florestas. Documentos n.75).

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C., Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth., Leg. Caesalpinoideae). In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronologia em América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357-379.

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

BRITTO, F. P.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, p. 37-48, 2008.

BURIOL, A. B.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R. F.; HELDWEIN, A. B. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.11, n.4, p.89-97, 2006.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, v.2, n.3, p. 45 - 52, 1970.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003, p.385-393.

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

DÜNISH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon, **Trees**, v.17, n.3, p.244-250, 2003.

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

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 296p.

FORSYTHE, W. M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y La productividad Del suelo, **Fitotecnia Latinoamericana**, v.4 n.2 p.165-176, 1967.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; BRENA, D. A. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 93-107, jan.-mar., 2008.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria, In: **Ciência e ambiente: história natural de Santa Maria**. 38, p. –43-58, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Mapa de Vegetação Brasil**, 2004. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 25 ago. 2009.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 2009, 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual Glossary of Dendrochronology**, Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian, Bern; Stuttgart; Vienna: Haupt, 1995.

KLEIN, R. M. Síntese ecológica da floresta estacional da bacia do Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS), In: 5º congresso florestal estadual , vol.2. 1984, Nova Prata, **Anais...** 1984, p. 265 – 278.

KRAJICEK, J. E.; BRINKMAN, K. A.; GINGRICH, S. F. Crown competition – A measure of density, **Forest Science**, v. 7, n. 1, p. 35-42, 1961.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: Ed. RiMa Artes e Textos. São Carlos, São Paulo. 531p. 2004.

LOBÃO, M.S.; CAVALCANTE, A.; LISI, C, S.; TOMAZELLO FILHO, M.; MORATO, E. F. Fenologia e incremento em diâmetro do tronco de árvores de *Cedrela* sp, *Ochroma pyramidale* Cav. Lam e *Apeiba tibourbou* AuAubl. nos diferentes períodos sazonais, no estado do Acre, Brasil, In: 4º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, 2008, Santa Maria, **Anais...** 2008, p. 178-183.

LUTZ, H. J.; CHANDLER, R. F. **Forest soils**. New York: John Wiley & Sons, 514p. 1946.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY, V.; EVERT, R. F. Season variation in wood formation of *Cedrela fissilis* (Meliaceae), **IAWA Journal**, v. 27 (2), p. 199-211, 2006.

MARIA, V. R. B.; **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**, 2002, 126f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Florestais), - ESALQ, Piracicaba, 2002.

MATTOS, J. R. **Contribuição ao estudo do cedro – *Cedrella fissilis* Vell.** Publicação: N.º4. Porto Alegre. 1980. 54p.

MATTOS, R. B.; de, DURLO, M. A.; LUCIO, A. D. Possibilidade de ganho de fuste em espécies euxilófitas nativas da região central do Rio Grande do Sul, **Ciência Florestal**, V.13, n2, p-111-120, 2003.

MATTOS, R. B. de. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em Floresta Nativa no Rio Grande do Sul**, 2007, 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

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

MOREY, P. R. **O crescimento das árvores**, tradução: Maria de Fátima Domingos Aleixo Pereira, São Paulo: E.P.U, EDUSP, 1980, 72p. (Coleção temas de biologia, v. 19).

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RAUBER, R. C. **Dendroecologia de Cedrela fissilis Vell. Em um ecótono de Florestas Subtropicais Montanas no Brasil**. 2010, 80 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

REICHARDT K.; TIMM L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**, Barueri, SP: Manole, 2004. 478p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. ; REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto alegre: sudesul-gers-ibdf, 1983. 525 p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil, manual de dendrologia brasileira**, São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1995, 296p.

ROLLAND, C. Tree-ring and climate relationships for *Abies alba* in the internal Alps, **Tree ring bulletin**, v.53, 1993.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da produção florestal**, Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFSM. 2002. 492p.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings and environment. Dendroecology**. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609p. 1996.

SILVA, J. A. A.; NETO, F. P. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979, 185p.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela lageana) na Serra Geral de Santa Maria, RS, Brasil **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p.95-108, 2000.

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

SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Forest ecology**, 2ed. The Ronald Press Company, New York, 1973.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating**, London W.C.: University of Chicago Press. 1968, 73p.

STRECK, E. D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

STRECK, N. A.; BURIOL, A. G.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; De PAULA, G. M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico, **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1553-1561, dez. 2009.

THOMAS, C. **Dendrograma de manejo da densidade para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm na região central do Rio Grande do Sul**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B; MARTOS, H. L; BARRELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, COMPED, INEP, 2001. p. 117-143.

TROVATI, L. R.; FERRAZ, S. B. Influência da precipitação e da temperatura na densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa*, **IPEF** n.26, p.31-36, abr.1984.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**, (tradução de Gil Martins Felipe) –São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, (Coleção: Temas de biologia), v.30, 1982, 101.