

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

**DENDROCLIMATOLOGIA DE QUATRO ESPÉCIES
FLORESTAIS NATIVAS COM POTENCIAL
SILVICULTURAL E ECONÔMICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Felipe Fortuna Munareto

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

M963d	Munareto, Felipe Fortuna, 1982- Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico / por Felipe Fortuna Munareto ; orientador Frederico Dimas Fleig. - Santa Maria, 2007. 62 f. ; il. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2007. 1. Engenharia florestal 2. Dendroclimatologia 3. Espécies florestais 4. Precipitação pluviométrica 5. Temperatura I. Fleig, Frederico Dimas, orient. II. Título CDU: 630*5
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

DENDROCLIMATOLOGIA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS COM POTENCIAL SILVICULTURAL E ECONÔMICO

por

Felipe Fortuna Munareto

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

Orientador: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig

**Santa Maria, RS, Brasil
2007**

**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**

**DENDROCLIMATOLOGIA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS
NATIVAS COM POTENCIAL SILVICULTURAL E ECONÔMICO**

elaborada por

Felipe Fortuna Munareto

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Frederico Dimas Fleig
(Presidente/Orientador)**

**César Augusto Guimarães Finger
(Universidade Federal de Santa Maria)**

**Arno Bernardo Heldwein
(Universidade Federal de Santa Maria)**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, pela infra-estrutura necessária para a realização deste trabalho.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pelo apoio necessário e pela oportunidade oferecida.

Ao meu Orientador Frederico Dimas Fleig, por seu apoio, dedicação e por compartilhar seu conhecimento.

Aos professores e Co-Orientadores César Augusto Guimarães Finger e Paulo Renato Schneider, pelos ensinamentos.

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

Aos meus pais Helena Fortuna Munareto, Vanderlei José Munareto, e às minhas irmãs Vânia e Verônica, pelo apoio e carinho familiar.

E a todos os amigos e colegas que estiveram a meu lado durante esse tempo, dentre eles, Magda, Veridiana, Edison, Lorenzo, Andressa, Bruna, Cibele, Fabiano, Tita, Josi, dentre tantos outros que conheci.

Dedico aos meus pais

Helena e Vanderlei.

RESUMO

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

DENDROCLIMATOLOGIA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS COM POTENCIAL SILVICULTURAL E ECONÔMICO

Autor: Felipe Fortuna Munareto
Orientador: Frederico Dimas Fleig
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de junho de 2007.

Uma espécie florestal que apresenta anéis anuais de crescimento possibilita a recomposição do crescimento passado de forma relativamente rápida, pela análise de tronco. Em estudos dendroecológicos, os anéis anuais em árvores mostram possíveis relações clima-crescimento e a ocorrência de perturbações passadas, antrópicas ou não. Dessa forma, é importante estudar a influência dos elementos meteorológicos em relação à árvore em qualquer período do ano. Utilizando-se disso, avaliou-se como variáveis meteorológicas influenciam o crescimento de quatro espécies florestais nativas: *Luehea divaricata*, *Schefflera morototonii*, *Cedrela fissilis* e *Enterolobium contortisiliquum*. O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento dessas espécies com relação ao crescimento diamétrico, determinando a correlação entre árvores de uma mesma espécie, semelhanças em seu crescimento, a influência climática no crescimento em diâmetro das espécies estudadas. As árvores estavam localizadas no Campo de Instrução do Exército de Santa Maria (CISM), no município de Santa Maria (RS). Nas análises foram usadas séries temporais das temperaturas médias mensais e das precipitações mensais de janeiro de 1969 até dezembro de 2000, provenientes da Estação Meteorológica de Santa Maria (RS). As amostras constituíram-se de árvores dominantes, no momento do corte, cujas seqüências de incremento de suas seções transversais foram obtidas por meio do procedimento gráfico LINTAB. As correlações foram calculadas com o programa SPSS 7.5, utilizando o procedimento de correlação de Pearson. A sensibilidade da resposta do crescimento, aos possíveis fatores ambientais, foi calculada por meio de sensibilidades (Schweingruber, 1983). Todas as correlações entre os raios, seção transversal, árvores e espécies foram significativas com nível de probabilidade de erro de 1%. As árvores não apresentaram liberação de crescimento e foram sensíveis aos sinais climáticos. A análise conjunta das nove árvores estudadas indica que o aumento da precipitação no mês de abril anterior ao período de crescimento é desfavorável, ao passo que, nos meses de janeiro e fevereiro o aumento da precipitação pluviométrica beneficia o crescimento das árvores estudadas, assim como o aumento na temperatura no mês de maio.

Palavras-chave: Dendroclimatologia, espécies florestais, precipitação pluviométrica, temperatura.

ABSTRACT

Master Degree Dissertation
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DENDROCLIMATOLOGY OF FOUR NATIVE FOREST SPECIES WITH SILVICULTURAL AND ECONOMIC POTENTIAL

Author: Felipe Fortuna Munareto
Advisor: Frederico Dimas Fleig
Date and Place of the Defense: Santa Maria, June, 28th, 2007.

An forest species that it presents annual tree-rings makes possible the recomposition of the last growth in way relatively fast, through the trunk analysis. In dendroecology studies, the annual tree-rings show possible relationships climate-growth and the occurrence of last disturbances. In that way, it is noticed the importance in studying the influence of the climatic factors in relation to the tree in any period of the year. Being used of that, it was evaluated as climatic variables influence in the growth of four native forest species: *Luehea divaricata*, *Schefflera morototonii*, *Cedrela fissilis* and *Enterolobium contortisiliquum*, with the objective of evaluating the behavior of those species, located in Campo de Instrução do Exército de Santa Maria (CISM), in Santa Maria - RS, regarding the diametric growth, determining the correlation among trees of same species, similarities in they growth, the climatic influence in the growth in diameter of the studied species. Temporary series of the monthly medium temperatures and monthly rainfall had been used from January, 1969 to December, 2000 originated by Santa Maria's meteorological station (RS). They had been sampled just dominant trees, whose sequences of increment of their transversal sections had been obtained through the graphic procedure LINTAB. The correlations had been calculated by SPSS 7.5 program, using the Pearson's correlation procedure. The sensibility of the growth answer due to possible environmental and climatic factors respectively, it had been calculated through sensitivities (Schweingruber, 1983). All of the correlations among the rays, traverse section, trees and species were significant with error probability level of 1%. The trees didn't present growth liberation and they were sensitive to the climatic signs. The united analysis of the nine studied trees indicates that the increase of rainfalls in April previous to growth period it is unfavorable, while in January and February the increase of rainfall benefits the tree's studied growth, as well as the increase in the temperature in May.

Keywords: Dendroclimatology, forest species, rainfall, temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Seções transversais das quatro espécies estudadas. 1A – *Cedrela fissilis*, 1B – *Enterolobium contortisiliquum*, 1C – *Luehea divaricata*, 1D – *Schefflera morototonii*.26
- Figura 2 – Valores climáticas mensais de precipitação (coluna) e temperatura médias (linha) observadas para o período de 1969 a 2000 em Santa Maria - RS....28
- Figura 3 – Crescimento diamétrico sem casca em razão da idade das árvores. C1, C2,C3: *Cedrela fissilis*, E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1,L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.30
- Figura 4 – Índice de sensibilidade média das árvores estudadas no período de 1973 a 2000.34
- Figura 5 – Média das curvas estandarizadas do crescimento de nove árvores das espécies florestais nativas estudadas para um período de 30 anos, em Santa Maria, RS.36
- Figura 7 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento em diâmetro de *Cedrela fissilis*. C1, C2,C3: árvores de cedro amostradas.39
- Figura 8 – Correlação entre variáveis climáticas e a média das árvores de *Cedrela fissilis*.41
- Figura 9 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Enterolobium contortisiliquum*. E1,E2: árvores de timbaúva amostradas.....43
- Figura 10 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Luehea divaricata*. L1, L2: árvores de açoita-cavalo amostradas.46
- Figura 11 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Schefflera morototonii*. S1, S2: árvores amostradas de caixeta.49
- Figura 12 – Correlação entre precipitação pluviométrica e temperatura média mensal incremento diamétrico médio das nove árvores estudadas das espécies *Cedrela fissilis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Luehea divaricata* e *Schefflera morototonii*.....50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização das quatro espécies estudadas.....	17
Tabela 2 – Variáveis dendrométricas das árvores.	29
Tabela 3 – Correlação entre os raios da seção transversal com o raio médio da seção das espécies estudadas.	31
Tabela 4 – Correlação entre o raio médio da fatia com o raio médio das árvores. ...	32
Tabela 5 – Correlação entre o raio médio da árvore com o raio médio das espécies.....	33
Tabela 6 – Correlação entre o raio médio das espécies com o raio médio geral.....	33
Tabela 7 – Coeficientes obtidos por regressão linear em função do tempo observado.....	35
Tabela 8 – Médias das séries de incremento das espécies e variáveis com correlação significativa.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP – Circunferência a altura do peito

°C – Graus Celsius

cm – Centímetros

DAP – Diâmetro a altura do peito

g/m³ – Gramas por metro cúbico

h – Altura total

h_c – Altura comercial

m – Metro

mm – Milímetro

µm – Micrometro

O – Oeste

RS – Rio Grande do Sul

S – Sul

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 HIPÓTESE DE TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES	16
2.2 DENDROCRONOLOGIA	18
2.3 OS ANÉIS DE CRESCIMENTO	19
2.4 SÉRIES TEMPORAIS	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 DADOS METEOROLÓGICOS	22
3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DE CRESCIMENTO	22
3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 OBTENÇÃO DAS SÉRIES DE INCREMENTO	26
4.2 VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	27
4.3 CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DAS ÁRVORES	28
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE RAIOS, SEÇÕES TRANSVERSAIS E ÁRVORES.....	31
4.5 ANÁLISE DE SENSITIVIDADE E ANÉIS CARACTERÍSTICOS DE CRESCIMENTO	34
4.6 ALTERAÇÕES NO NÍVEL DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO A MÉDIO PRAZO.....	36
4.7 DENDROCLIMATOLOGIA DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	38
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	61

1 INTRODUÇÃO

A pressão antrópica é a principal causa da redução de biodiversidade e da degradação de ecossistemas florestais, estabelecidas há muito tempo, e que têm sido intensificadas nas últimas décadas. A consequência desses fatos tem aumentado seu papel, sobretudo em virtude da expansão da fronteira agrícola e da explosão demográfica nos centros urbanos.

O reflexo dessas atividades é visto na falta de observações de longa duração ocasionando, atualmente, uma carência de informações sobre a biologia, a ecologia, a genética e sobre mudanças nas condições de crescimento de árvores nativas. Porém, se uma espécie florestal apresentar anéis anuais de crescimento, a análise de tronco possibilita a recomposição do crescimento passado de forma relativamente rápida. Em estudos dendroecológicos, os anéis anuais em árvores mostram possíveis relações clima-crescimento e a ocorrência de perturbações passadas, antrópicas ou não.

Durante muito tempo acreditava-se que o crescimento de espécies tropicais e subtropicais ocorria de forma contínua, e a avaliação dos anéis de crescimento não era realizada. Porém, atualmente sabe-se que o crescimento de tais espécies ocorre de forma sazonal, com período de crescimento e período de repouso vegetativo. Isso provavelmente ocorre porque condições que precedem a estação de crescimento têm uma maior influência na largura do anel do que condições que ocorrem durante a estação de crescimento, e os efeitos relativos desses fatores no crescimento variam com a latitude, altitude, e diferenças de fatores locais. Além disso, os efeitos de alguns elementos meteorológicos no crescimento são desprezíveis durante certos períodos do ano, mas importantes em outros.

1.1 Objetivos

Este trabalho busca avaliar o comportamento de quatro espécies florestais, localizadas no Campo de Instrução do Exército de Santa Maria (CISM), no município de Santa Maria (RS), com relação ao crescimento diamétrico, visando a determinar:

- a) a correlação entre árvores de uma mesma espécie, identificando semelhanças em seu crescimento;
- b) uma comparação de padrões de crescimento das espécies analisadas;
- c) a influência meteorológica no crescimento em diâmetro das quatro espécies florestais estudadas.

1.2 Justificativa

Mediante o conhecimento da sazonalidade que ocorre no crescimento das árvores, é que se verifica a necessidade de avaliar as diferentes fases de crescimento empregando técnicas como a dendroecologia e a dendroclimatologia. Dessa forma, nota-se a importância em estudar a influência dos fatores climáticos em relação à árvore em qualquer período do ano.

Logo, estudos dendroecológicos e dendroclimáticos atuam como ferramentas que propiciam a obtenção de dados importantes como determinação da idade, taxa de crescimento, e dinâmica de crescimento de populações. Por isso, os estudos da formação de anéis de crescimento, periodicidade da atividade cambial e suas relações com elementos meteorológicos podem ser aplicados em diferentes áreas como a silvicultura e o manejo florestal.

Utilizando essa ferramenta, pretende-se avaliar como elementos meteorológicos influenciam no crescimento de quatro espécies florestais nativas:

açoita-cavalo (*Luehea divaricata*), caixeta (*Schefflera morototonii*), cedro (*Cedrela fissilis*) e timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*).

1.3 Hipótese de trabalho

Tem-se como hipótese de trabalho a seguinte interrogação:

As espécies estudadas apresentam diferenças no crescimento ao longo do tempo por causa da influência de variáveis meteorológicas?

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização das espécies

A caracterização das quatro espécies estudadas *Cedrela fissilis* (Vell.), *enterolobium contortisiliquum* (Vell.), *Luehea divaricata* Mart. E *Schefflera morototonii* (Aubl.) B. Maguire, foi feita de acordo com os seguintes autores: (1) Backes e Irgang (2002), (2) Lorenzi (1992), (3) Richter e Dallwitz (2006) e (4) Carvalho (2003) respectivamente, e pode ser visualizada na Tabela 1.

A espécie *Luehea divaricata*, de acordo com o sistema APG II, que anteriormente pertencia a família Tiliaceae, passa a integrar a Família Botânica Malvaceae.

O uso dessas espécies foi descrito por Rizzini, (1995). O cedro é utilizado em compensados, contraplacados, móveis em geral, construção civil e naval, e em paisagismo. A espécie timbaúva é utilizada na fabricação de canoas, tabuado, ripado e empregada em paisagismo. Segundo o mesmo autor, a caixeta é utilizada na confecção de contraplacados, compensados, molduras, lápis e palitos de fósforos e o açoita-cavalo na confecção de móveis e peças torneadas.

Tabela 1 – Caracterização de quatro espécies nativas: *Cedrela fissilis* (Vell.), *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.), *Luehea divaricata* Mart., *Schefflera morototonii* (Aubl.) B. Maguire.

Espécie	<i>Cedrela fissilis</i> (Vell.)	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.)	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	<i>Schefflera morototonii</i> (Aubl.) B. Maguire	
Família botânica	Meliaceae	Mimosaceae	Malvaceae	Araliaceae	
Nome comum	cedro	timbaúva	açoita-cavalo	caixeta	
Características dendrométricas (1)	DAP (cm)	60-90	80-160	50-60	60-80
	h (m)	20-35	35	15-25	20-30
Características dendrológicas (2)	Folhas	pilosas, compostas	compostas, bipinadas	lisas, discolores	compostas, palmatilobadas
	Densidade da madeira (g/m³)	0,55	0,54	0,64	0,62
	Caducifólia	sim	sim	semidecídua	não
Características anatômicas (3)	Porosidade	difusa	difusa	dispersa	difusa
	Diâmetro dos vasos (µm)	75-345	90-380	40-150	94-167
	Pontoações	presentes	presentes, alternadas	simples	simples, escalariformes
	Parênquima axial	Não em faixas	Não em faixas	Em faixas	Em faixas
	Transição entre anéis	claramente diferenciada	difícil visualização	bastante distinto	difícil visualização
Características ecológicas (4)	Solos	úmidos e profundos	úmidos	com alta drenagem	indiferente
	Precipitação (mm)	850-2200	600-2200	700-2200	1000-2500
	Temperatura (°C)	15-25	19-26	13-24	17-27

(1) Backes e Irgang (2002), (2) Lorenzi (1992), (3) Richter e Dallwitz (2006) e (4) Carvalho (2003).

2.2 Dendrocronologia

A dendrocronologia é uma técnica amplamente utilizada na datação das árvores, colaborando com a arqueologia (SCHWEINGRUBER, 1988), e com os estudos das relações entre a largura dos anéis de crescimento e as variáveis climáticas (FRITTS et al., 1963).

De acordo com Abrams e Copenheaver (1999), trata-se de uma ciência que recria as alterações no crescimento de plantas lenhosas, durante longos períodos de tempo, pela análise dos anéis de crescimento.

O cruzamento de dados dos anos do calendário com as informações do lenho das árvores permite assim, determinar o ano em que um anel de crescimento foi formado (BROWN, 2003).

Duas subáreas relacionadas são a dendroclimatologia e a dendroecologia. Para Pellmann (2003), a dendroclimatologia relaciona os anéis de crescimento anual com as condições meteorológicas, permitindo reconstruções e caracterizações de mudanças na temperatura global e da alternância de períodos secos e úmidos, que ocorreram no passado. Para tanto, são comparados dados dos anéis das árvores com dados meteorológicas.

Abrams e Copenheaver (1999) afirmam ainda que a forma como essas informações são usadas, é aquela que visa a estudar problemas do presente por meio de anéis produzidos em anos anteriores, assim como o clima que ocorreu no passado. E dessa forma, prever mudanças posteriores no ambiente local no lugar da avaliação do clima regional.

As futuras aplicações dendroecológicas e dendroclimáticas dependem de uma estratificação cuidadosa. São selecionadas amostras das larguras dos anéis de árvores em locais limitados onde estas variam significativamente de um ano para outro (sensibilidade). Os anéis também devem ser datados e reproduzidos suficientemente para prover dados precisos (PELLMANN, 2003).

Nos estudos realizados por Robinson (1989), foi observado que os anéis de crescimento, de diferentes árvores da mesma espécie apresentam mesmo padrão de espessura. Isso possibilitou a realização da datação cruzada, também conhecida com “cross-dating”, que é a verificação dessas coincidências e entre diferentes árvores e diferentes povoamentos.

2.3 Os anéis de crescimento

Anéis de crescimento são camadas concêntricas do lenho que correspondem a períodos cíclicos de crescimento, geralmente anuais com diferentes taxas de crescimento. Os anéis de crescimento são indicativos da idade da árvore, pois, na maioria das espécies, o espaçamento entre dois anéis é o tanto que a árvore cresceu num período vegetativo (TRIPODI, 2005).

Os lenhos inicial e tardio são também denominados, respectivamente, de madeira primaveril e madeira outonal, a primeira sendo formada durante o crescimento intenso da planta na primavera e verão, e a segunda, durante os períodos do ano de menor atividade vegetativa, que ocorre no outono e inverno e sendo assim, os fatores ambientais afetam a formação dos anéis de crescimento (BARRICHELO, 1980).

A diferenciação de anéis, de maneira geral, só é empregada em espécies que possuem os anéis de crescimento facilmente observáveis. A diferenciação dos anéis é uma característica da espécie, porém influenciada pela idade, espaçamento e sítio. Na contagem de anéis, deve-se tomar cuidado com os falsos anéis, pois estes poderão induzir a atribuição de mais um ano. A distinção é feita verificando-se a continuidade da camada anual de crescimento, sendo então, considerado como falso anel a camada que se mostra descontínua (FINGER, 1992).

Segundo Schweringruber (1983), um anel de crescimento ausente em uma amostra (bagaeta ou seção transversal) ocorre em consequência da não-ativação do câmbio, e pode ser identificado por interdatação.

A atividade cambial da árvore vai acrescentando, ano a ano, camadas justapostas de material lenhoso, formando assim, os chamados anéis de

crescimento. Esse crescimento em diâmetro é mais rápido nos primeiros tempos do período vegetativo atenuando-se consideravelmente à medida que este decorre. A fração do acréscimo anual produzida para o fim da estação de crescimento, chamada de lenho tardio, tem geralmente cor mais escura, constituída por um maior número de células por unidade de área (SILVA e NETO, 1979).

Segundo Tomazello Filho et al. (2001), as árvores mostram uma reação às variáveis ambientais que afetam seus inúmeros processos fisiológicos, tais como respiração, fluxo de seiva, transpiração, taxa de divisões celulares etc., refletindo na atividade cambial e, conseqüentemente, na anatomia do lenho. Portanto, as variáveis ambientais são “registradas” biologicamente nos anéis de crescimento, os quais expressam os eventos ocorridos no passado e no ano corrente.

2.4 Séries temporais

Uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo. Há, basicamente, dois enfoques usados na análise de séries temporais. Em ambos, o objetivo é construir modelos para as séries, com propósitos determinados. Em um dos enfoques, as séries temporais são analisadas pelo domínio temporal, utilizando modelos paramétricos, em outro enfoque, as análises são feitas sob um domínio de freqüências, e os modelos utilizados são não-paramétricos. (MORETTIN e TOLOI, 1987).

A análise de sensibilidade estima o impacto de uma mudança absoluta nas taxas de crescimento, ou seja, é a contribuição de cada alteração nessas taxas, podendo assumir, portanto, qualquer valor.

O primeiro trabalho publicado sobre sensibilidade em espécies arbóreas, segundo Piñero et al. (1984), foi o de Caswell (1978), com dados de *Pentaclethra maculosa*, originalmente obtidos por Hartshorn (1975). Piñero et al. (1984) construíram as matrizes de sensibilidades para *Astrocaryum mexicanum*, *Podococcus barteri* e *Araucaria cunninghamii*. Os autores ressaltaram que seria evidente que as diferentes condições ambientais nas quais as populações crescem determinam os padrões característicos da sensibilidade encontrada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

As árvores utilizadas neste estudo provêm do Campo de Instrução de Santa Maria (CISM), na localidade do Boi Morto, no município de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul. A fisionomia vegetal dessa área é característica de Floresta Estacional Decidual.

De acordo com Brasil (1983), a área em estudo pertence à Unidade de Mapeamento de solo São Pedro e caracteriza-se por apresentar solo do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo de textura média com substrato arenítico e argila de baixa atividade, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos proposto por Santos (2003).

De acordo a classificação de Köppen (Moreno, 1961), a região apresenta clima do tipo Cfa que é caracterizado por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura média do mês mais quente superior a 22^oC e a do mês mais frio superior a 3^oC. A precipitação média anual (estação Santa Maria) entre 1970 e 1996 foi de 1739 mm.

Esse remanescente florestal, no passado, sofreu pressão antrópica, quando foram retirados os indivíduos de maior valor econômico. Porém, com a aquisição da área pelo Exército, a partir de 1970, deu-se início à preservação desse povoamento, estando no momento da coleta de dados sob pastoreio nas clareiras e área não-florestada. A área se localiza junto as coordenadas geográficas de 29^o43' S e 53^o42' W.

Segundo a classificação fisiográfica do Rio Grande do Sul, a área está localizada na Depressão Central do Estado onde o relevo se apresenta bastante ondulado (RAMBO, 1956).

3.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho provêm da estação meteorológica de Santa Maria (RS), pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Brasil com sede em Porto Alegre (RS). Foram usadas séries temporais das temperaturas médias mensais e das precipitações mensais de janeiro de 1969 até dezembro de 2000.

3.3 Obtenção dos dados de crescimento

O critério utilizado para a seleção das árvores estudadas, foi a dominância dentro do povoamento. A espécie *Cedrela fissilis* teve três indivíduos selecionados que foram identificados como C1, C2 e C3. A árvore C3, estava localizada no “topo”, ou seja, na porção mais elevada do terreno, ao passo que as árvores C1 e C2 se encontravam na parte inferior do terreno, mais próximas ao curso d’água.

As demais espécies estudadas tiveram dois indivíduos selecionados para o trabalho, sendo que todas essas árvores se encontravam no interior do povoamento, na parte inferior do terreno. As árvores foram identificadas da seguinte forma: E1 e E2, para as árvores de *Enterolobium contortisiliquum*, L1 e L2, para as árvores de *Luehea divaricata*, e S1 e S2, para os indivíduos de *Schefflera morototonii*.

A derrubada das nove árvores foi feita com o auxílio de motosserra, retirando-se seções transversais na altura de 1,3 m (DAP), e na altura comercial na interseção da copa.

As seções transversais coletadas foram secas ao ar e sofreram preparação utilizando lixas até a granulometria de 320, com a finalidade de tornarem as características anatômicas da madeira mais visíveis, pois as espécies analisadas

apresentam anéis de difícil visualização, facilitando, assim, a marcação dos eixos e a medição dos anéis de crescimento.

A marcação dos anéis deu-se da seguinte forma: primeiro marcou-se o maior raio da seção, tomando-se a medula como centro. Esse raio serviu de referência na marcação dos demais, dois deles formando um ângulo de 45° com o maior raio, e deles, projetados outros dois em sentidos opostos. Após a marcação, foi feita uma datação dos anéis, começando com o último anel antes da derrubada das árvores. Os quatro raios foram então medidos com precisão de 1/100 mm mediante o sistema "LINTAB".

Consideraram-se os anéis de crescimento como anuais dadas às condições climáticas locais. A região apresenta duas estações distintas de crescimento, nas quais, ocorre um período de baixa atividade cambial na estação mais fria, ocasionando o surgimento de lenho tardio visível para as espécies estudadas (KLEIN, 1984). O período anual de crescimento foi considerado entre agosto e abril.

3.4 Processamento dos dados

As seqüências de incremento obtidas por meio do procedimento gráfico do sistema LINTAB e posteriormente foram analisadas no programa SPSS 7.5, verificando as correlações existentes, utilizando a correlação de Pearson. Foram mensurados os incrementos durante o período de 1970 a 2000. Inicialmente, verificou-se se havia correlação entre os quatro raios medidos com o raio médio dentro de cada seção transversal. Esse procedimento é realizado para verificar se algum raio não corresponde ao padrão de crescimento verificado na fatia.

Depois de verificada a correlação entre os raios, procede-se à análise de correlação entre as seções transversais correspondente ao DAP e à altura comercial. Essa é outra etapa importante para garantir a qualidade dos dados, pois, havendo correlação entre as fatias, se pode utilizar a seqüência de incremento média da árvore.

Por fim, foi feita a correlação entre as árvores de mesma espécie para verificar o padrão de crescimento dentro as espécies, e também feita a correlação entre

todas as árvores estudadas, pois, havendo essa correlação, se pode utilizar a seqüência de incremento média para o povoamento.

O método de tendência de intervalo proposto por Schweingruber (1983) foi utilizado para a detecção dos chamados anéis de crescimento característicos. Para a tendência de crescimento em cada ano, foram colocados os seguintes valores: 0, se o crescimento do ano fosse menor em relação ao ano anterior; 0,5, se o crescimento não mudasse do ano anterior para o ano atual; e 1, se o crescimento no ano atual fosse maior do que no ano anterior. Um ano característico, com baixo ou alto crescimento, é definido se mais de 90% das árvores mostrarem uma tendência de diminuição ou aumento do crescimento no ano em relação ao ano anterior.

Com a finalidade de demonstrar as alterações do incremento a médio prazo, usou-se o seguinte cálculo:

$$\Delta_{(i)} = (i - lag_{(i)}) / lag_{(i)} * 100 \quad (1)$$

Em que: $\Delta_{(i)}$ = alteração percentual no incremento (%);

i = incremento (mm);

lag = valor do ano anterior.

De acordo com Spathelf et al. 2000, modificado de Devall et al., 1998 é considerada liberação no crescimento quando o incremento superar um $\Delta_{(i)}$ de 30% durante um período mínimo de 5 anos.

A sensibilidade da resposta do crescimento, aos possíveis fatores ambientais e climáticos respectivamente, foi calculada por meio de sensibilidades conforme proposto por Schweingruber, (1983). O índice de sensibilidade foi obtido de acordo com as seguintes equações:

$$S_{i+1} = \frac{(x_{i+1}) \times 2}{(x_{i+1} + x_i)} \quad (2)$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=2}^n |S_i|}{n - 1} \quad (3)$$

$$SI = \frac{S_{i+1}}{\bar{S}} \quad (4)$$

Em que: S_{i+1} = sensibilidade anual;

\bar{S} = sensibilidade média;

SI = índice de sensibilidade;

x_i = valor da observação no tempo i ;

x_{i+1} = valor da observação no tempo $i+1$;

n = número de árvores.

A relação entre o crescimento e condições meteorológicas é realizada utilizando-se primeiramente as seqüências de incremento obtidas diretamente da mensuração das seções transversais sem a remoção de tendência. Para eliminar as tendências, foi feita uma estandarização (ou padronização) das curvas de incremento de todas as árvores estudadas, obtendo-se assim um índice de incremento, eliminando-se possíveis tendências indesejáveis de longo prazo. Isso é necessário para salientar as variações a curto prazo, pois são essas que traduzem um provável sinal climático. Para obter o índice de incremento, dividiram-se os valores do incremento anual pelo valor de incremento correspondente obtido por regressão conforme o período de observação, que deve ser igual ou menor que a árvore mais jovem. Finalmente, calcula-se a curva média (cronologia) de todas as curvas estandarizadas. O mesmo procedimento realizado para obter os índices de incremento foi feito para padronizar as duas variáveis meteorológicas, calculando-se assim a sua relação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Obtenção das séries de incremento

As fatias depois de preparadas para a mensuração das seqüências de incremento mostraram visivelmente seus anéis de crescimento conforme a Figura 1.

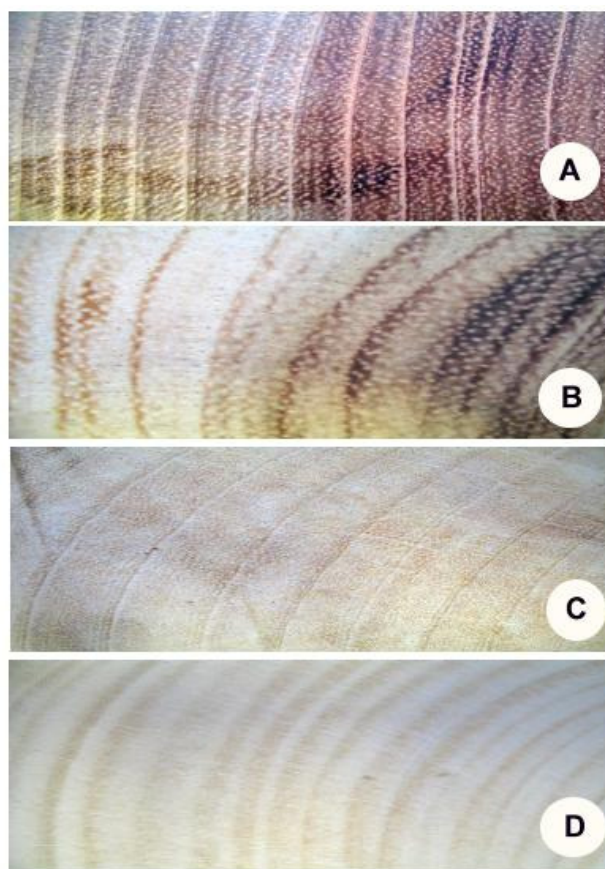


Figura 1 – Seções transversais das quatro espécies estudadas. 1A – *Cedrela fissilis*, 1B – *Enterolobium contortisiliquum*, 1C – *Luehea divaricata*, 1D – *Schefflera morototonii*.

Na Figura 1A, pode-se observar a seção transversal da espécie *Cedrela fissilis*, onde a transição entre os anéis é marcante e facilmente visualizada, assim como a diferença entre cerne e alburno. A Figura 1B retrata parte da seção transversal de *Enterolobium contortisiliquum*, cuja transição entre anéis é mais difícil de ser visualizada, embora possa ser diferenciada pela banda de parênquima brilhante. Outra característica importante e visível, nessa figura, é a grande porosidade presente na madeira.

Uma parte da seção transversal de *Luehea divaricata* pode ser vista na Figura 1C, em que os limites dos anéis de crescimento são de fácil observação, assim como ocorre para *Schefflera morototonii*, ilustrada na Figura 1D. Para essa espécie, notam-se os limites dos anéis de crescimento pela diferenciação de coloração dos lenhos juvenil e tardio. A dificuldade naturalmente existente na visualização dos anéis dessas quatro espécies pode ser amenizada com uma preparação das fatias bastante apurada, exigindo muita atenção.

4.2 Variáveis climáticas

As médias de precipitação e temperatura mensal foram calculadas utilizando os dados da precipitação pluviométrica mensal e temperatura média mensal, dos anos de 1969 a 2000. O resultado pode ser visualizado na Figura 2 onde as barras indicam a precipitação média, e a linha representa a temperatura média, para a região de Santa Maria.

A Figura 2 mostra que a temperatura média mensal máxima ocorre em janeiro com valor de 23,45°C, declinando até a mínima no mês de julho (13,12°C), e, a partir daí, eleva-se até o mês de dezembro (22,43°C). Ainda, pode-se observar que a variável precipitação não segue um padrão de máxima e mínima como ocorreu com a variável temperatura. O mês com maior precipitação, para o período estudado é junho com em 165,9 mm, e os meses com menor precipitação ocorrem em agosto e novembro com 128,2 mm e 129,1mm, respectivamente.

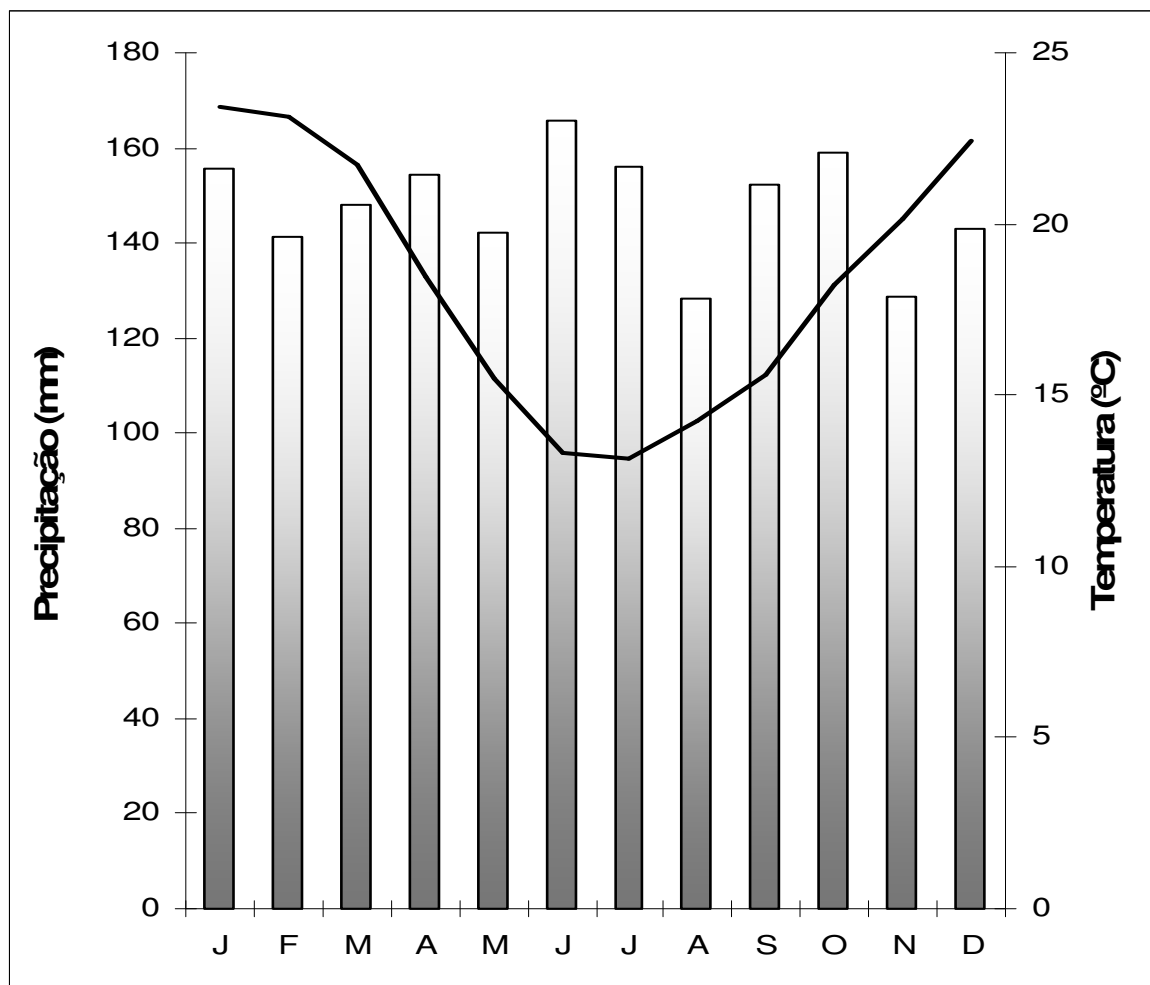


Figura 2 – Valores climáticos mensais de precipitação (coluna) e temperatura médias (linha) observadas para o período de 1969 a 2000 em Santa Maria - RS.

4.3 Características dendrométricas das árvores

As variáveis dendrométricas das árvores estudadas, circunferência a altura do peito (CAP) e altura total (h) e altura comercial (h_c) são apresentadas na Tabela 2.

Ao comparar as variáveis dendrométricas observadas das árvores estudadas com os valores de diâmetro e altura descritos por Backes e Irgang (2002), nota-se que todos os indivíduos analisados possuem seus diâmetros e suas alturas de acordo com os valores médios encontrados para essas espécies, descritos na literatura citada.

De acordo com Angeli (2005), o cedro é uma árvore caducifólia, com altura variando entre 10 e 25m e DAP (diâmetro à altura do peito), entre 40 e 80cm. Os resultados encontrados na Tabela 2 indicam que as três árvores de cedro possuem alturas dentro desses limites, assim como seus diâmetros.

Segundo Marchori (1997), a espécie *Enterolobium contortisiliquum* pode atingir valores de até 200 cm de DAP, com fustes de vários metros de altura, estando os valores encontrados para as duas árvores desse trabalho de acordo com essa descrição.

As duas árvores de *Luehea divaricata* apresentaram resultados semelhantes de acordo com o que cita Aleixo (1995), que descreve a espécie como sendo uma árvore de 10 a 30 m de altura, com fuste de 50 a 120 cm de diâmetro.

De acordo com Hamada et al. (2005), a espécie *Schefflera morototonii* apresenta altura variando de 18m a 35m altura e 37cm a 80cm DAP. Os valores encontrados nas duas árvores dessa espécie nesse trabalho, estão de acordo com a referente literatura.

Tabela 2 – Variáveis dendrométricas das nove árvores estudadas: *Cedrela fissilis* (C1, C2, C3), *Enterolobium contortisiliquum* (E1, E2), *Luehea divaricata* (L1,L2), *Schefflera morototonii* (S1, S2).

Espécie	Árvore	CAP (cm)	h	hc
<i>Cedrela fissilis</i>	C1	150	17,7	11,4
	C2	142	18,8	11,4
	C3	125	25,0	12,0
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	E1	150	20,0	12,0
	E2	137	19,0	14,8
<i>Luehea divaricata</i>	L1	130	17,6	6,9
	L2	126	16,6	7,2
<i>Schefflera morototonii</i>	S1	194	23,9	10,7
	S2	150	20,0	12,2

As curvas de crescimento em diâmetro, para todas as árvores estudadas, podem ser visualizadas na Figura 3, onde se tem as tendências de crescimento diamétrico em relação à idade das árvores. Pode-se notar que as árvores apresentam diferentes tendências de crescimento diamétrico, pois há árvores que aos 48 anos de idade, atingem 54 cm de DAP, assim como outras que, com 70 anos de idade, apresentam apenas 27 cm de diâmetro.

A árvore de *Cedrela fissilis*, C3, aos 70 anos, atingiu menor diâmetro que as árvores de cedro C1 e C2, com 52 e 75 anos respectivamente. Esses valores evidenciam o fato de que a árvore C3 se encontrava em sítio com condições mais desfavoráveis ao crescimento. As árvores da espécie *Enterolobium contortisiliquum*, E1 e E2 não apresentaram grandes diferenças na tendência de incremento diamétrico. O mesmo fato não foi observado para as outras duas espécies. A árvore S1 de *Schefflera morototonii*, S1 aos 48 anos de idade atingiu maior diâmetro que a árvore S2, com 67 anos, embora ambas fossem do mesmo sítio. Para as árvores de *Luehea divaricata*, observou-se valores de diâmetro muito semelhantes, embora a árvore L1 tenha levado 67 anos para atingir esse valor, e a árvore L2 apenas 38

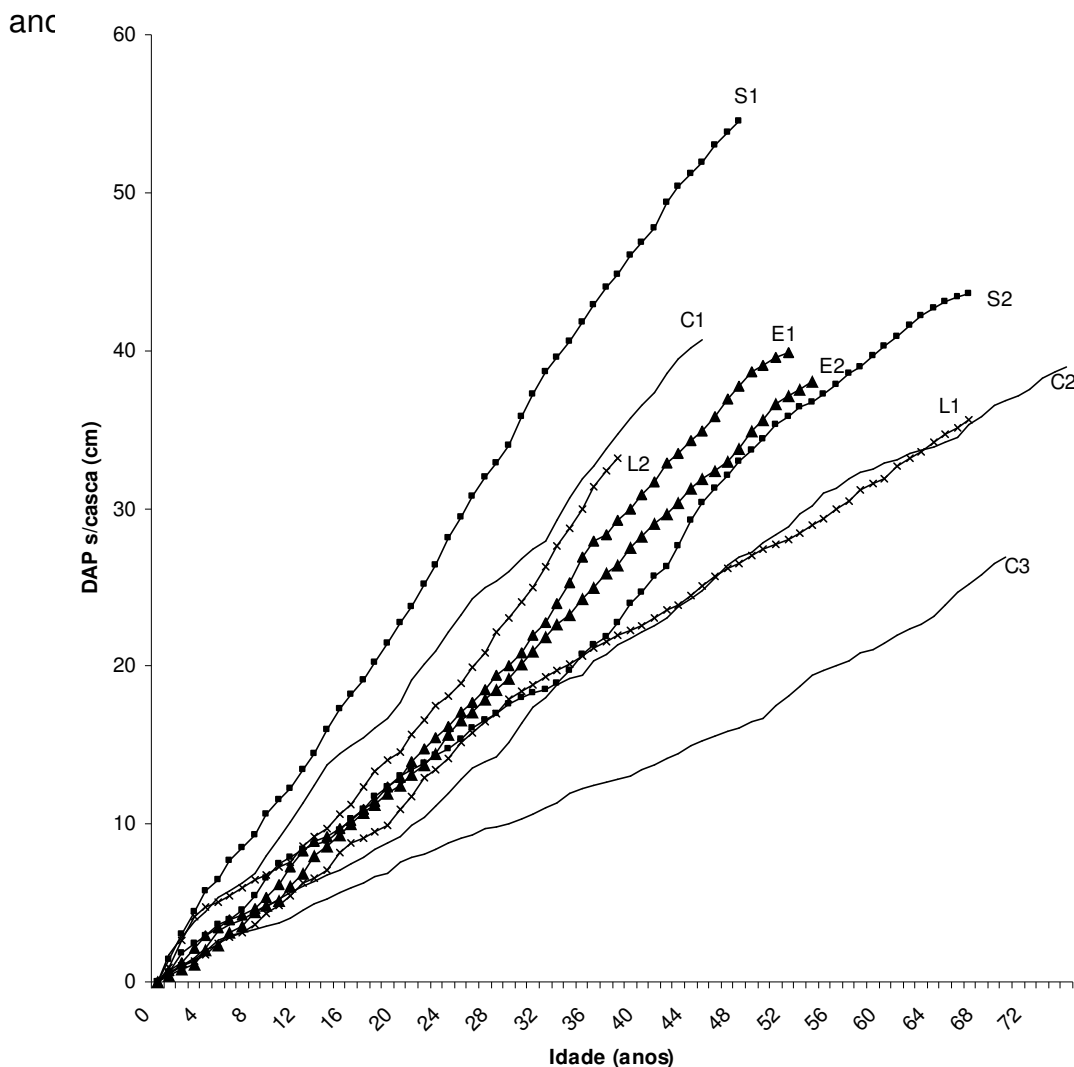


Figura 3 – Crescimento diamétrico sem casca em razão da idade das árvores. C1, C2,C3: *Cedrela fissilis*, E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1,L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

4.4 Correlação entre raios, seções transversais e árvores

As correlações existentes entre os raios medidos de cada espécie, com as respectivas seqüências médias, são apresentadas na Tabela 3. Todas as correlações apresentadas foram positivas e significativas com probabilidade de erro de 1%.

Tabela 3 – Correlação entre os raios da seção transversal com o raio médio da seção das espécies estudadas.

Espécie	Árvore	Raio	Correlação	Espécie	Árvore	Raio	Correlação
<i>Cedrela fissilis</i>	C1	1	0,919	<i>Luehea divaricata</i>	L1	1	0,807
		2	0,869			2	0,807
		3	0,919			3	0,926
		4	0,736			4	0,704
	C2	1	0,945		L2	1	0,946
		2	0,886			2	0,940
		3	0,933			3	0,936
		4	0,802			4	0,867
	C3	1	0,963		S1	1	0,874
		2	0,909			2	0,932
		3	0,880			3	0,971
		4	0,846			4	0,890
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	E1	1	0,897	S2	1	0,933	
		2	0,692		2	0,896	
		3	0,906		3	0,864	
		4	0,937		4	0,938	
	E2	1	0,918	Nível de significância maior que 0,001 de probabilidade de erro			
		2	0,871				
		3	0,889				
		4	0,843				

Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro. C1, C2, C3: *Cedrela fissilis*; E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

Para o cedro (C), os valores das correlações entre o raio médio da seção transversal e os raios da seção ficaram entre 0,736 e 0,945. Já a timbaúva (E) apresentou valores entre 0,692 e 0,937. Para o açoita-cavalo (L), os valores foram entre 0,704 e 0,946. O valor mais baixo das correlações das caixetas (S) foi de 0,864, e o maior valor foi de 0,971. Os valores obtidos significam que há correlação entre os raios da seção com os respectivos raios médios da seção transversal, sendo assim, pode-se utilizar o raio médio que é representativo da fatia, ou seja, não houve a presença de raios que não seguissem o mesmo padrão de crescimento dentro das fatias analisadas.

No trabalho realizado por Spathelf et al. (2000), estudando a espécie *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana), encontraram valores positivos para a correlação dos raios medidos com a média aritmética de todos os raios, entre 0,032 e 0,844.

Os valores das correlações apresentados, na Tabela 4, representam as correlações entre as seqüências de incremento média das seções transversais com as seqüências de incremento média da árvore, para as quatro espécies estudadas.

Tabela 4 – Correlação entre o raio médio da fatia com o raio médio das árvores.

Espécie	Árvore	Fatia	Correlação
<i>Cedrela fissilis</i>	C1	1	0.973
		2	0.974
	C2	1	0.954
		2	0.912
	C3	1	0.964
		2	0.958
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	E1	1	0.941
		2	0.934
	E2	1	0.957
		2	0.936
<i>Luehea divaricata</i>	L1	1	0.974
		2	0.961
	L2	1	0.904
		2	0.943
<i>Schefflera morototonii</i>	S1	1	0.946
		2	0.945
	S2	1	0.941
		2	0.942

Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro. C1, C2, C3: *Cedrela fissilis*; E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

Os valores apresentados demonstram que existe alta correlação entre os raios médios da fatia com o raio médio da árvore. Os indivíduos de cedro (C) obtiveram valores entre 0,912 e 0,974. A espécie timbaúva (E) apresentou valores entre 0,934 e 0,957. As árvores de açoita-cavalos (L) obtiveram valores entre 0,904 e 0,974. E, por fim, o menor valor de correlação para as caixetas foi de 0,941 e o maior valor foi de 0,946. Todos os valores apresentados foram significativos ao nível de probabilidade de erro de 1%. Isso significa que a seqüência de incremento média da árvore representa com eficiência o crescimento da árvore analisada, podendo essa série ser utilizada para as análises posteriores.

A Tabela 5 apresenta os valores de correlações entre as seqüências médias de incremento das árvores e a seqüência média da espécie, das quatro espécies analisadas. Todas as correlações apresentadas foram positivas e significativas ao nível de probabilidade de erro de 1%.

Tabela 5 – Correlação entre o raio médio da árvore com o raio médio das quatro espécies florestais nativas avaliadas.

Espécie	Árvore	Correlação
<i>Cedrela fissilis</i>	C1	0.662
	C2	0.892
	C3	0.741
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	E1	0.832
	E2	0.851
<i>Luehea divaricata</i>	L1	0.851
	L2	0.759
<i>Schefflera morototonii</i>	S1	0.848
	S2	0.795

Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro. C1, C2, C3: *Cedrela fissilis*; E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

O menor valor de correlação encontrado foi 0,662 representado pela árvore C1, e o maior valor obtido foi 0,892 representado pela árvore C2, ambas para espécie *Cedrela fissilis*. Esse resultado demonstra que há correlação significativa entre as árvores de mesma espécie, sendo possível a utilização da seqüência de incremento média da espécie.

Já a Tabela 6 apresenta os valores de correlação entre as seqüências de incremento da média das espécies com a média geral de todas as árvores estudadas.

Tabela 6 – Correlação entre o raio médio das espécies com o raio médio geral.

Espécie	Correlação
<i>Cedrela fissilis</i>	0.915
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0.845
<i>Luehea divaricata</i>	0.877
<i>Schefflera morototonii</i>	0.823

Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro. C1, C2, C3: *Cedrela fissilis*; E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

Em relação à seqüência de incremento média do povoamento, os valores das correlações foram os seguintes: 0,915 para cedro (C) sendo este o maior valor apresentado, para timbaúva (E) 0,845, para açoita-cavalo (L) 0,877, e o menor valor apresentado, pela caixeta (S) de 0,823. Todos esses valores foram significativos ao nível de probabilidade de erro de 1%, demonstrando que a média geral pode ser utilizada nas análises posteriores.

4.5 Análise de sensibilidade e anéis característicos de crescimento

A análise de sensibilidade realizada mostrou a presença de vários anos sensíveis ao crescimento durante o período estudado, conforme a Figura 4. Dentre esses anos, os que apresentaram anéis característicos com crescimento alto foram os anos de 1973, 1975, 1977, 1980-81, 1983, 1987, 1990, 1994-96, 1998-99. Já os outros anos com maior sensibilidade ao crescimento apresentaram anéis característicos com crescimento baixo, sendo eles 1976, 1979, 1982, 1984, 1989, 1991, 1993, 1997 e 2000.

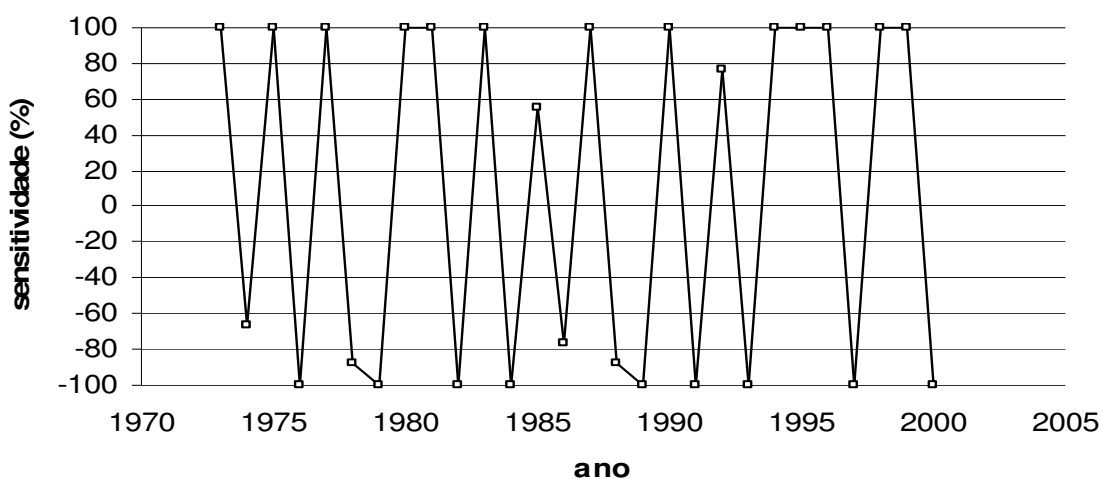


Figura 4 – Índice de sensibilidade média das árvores estudadas no período de 1973 a 2000.

Os anos característicos de alto crescimento são aqueles que apresentaram valor de sensibilidade de 100%, ou seja, são aqueles anos em que todas as árvores estudadas tiveram acréscimo em seu incremento diamétrico em relação ao ano

anterior. O contrário ocorre em anos de sensibilidade -100%, pois são anos onde ocorreu decréscimo no incremento diamétrico em relação ao ano anterior, em todos os indivíduos analisados.

Spathelf et al. (2000) em seu estudo com canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, realizado no mesma região desse trabalho, encontraram os anos de 1972, 1979, 1984, 1989 e 1991 como anos com anéis característicos com crescimento baixo, e os anos de 1975, 1981, 1983 e 1987, como anos com anéis característicos de crescimento alto, considerando em grande parte dos anos com anéis característicos encontrados no atual trabalho.

Na Tabela 7, pode-se observar os valores dos interceptos (b_0), coeficientes angulares (b_1), e coeficiente de determinação r^2 obtidos por regressão linear em função do tempo de observação, utilizando o modelo $y = b_0 + b_1x$, em que x representa o período de tempo avaliado. Pela análise dos coeficientes angulares, nota-se que os valores são muito baixos, ou seja, conforme a tempo aumenta, a linha de tendência não expressa aumento significativo, e pelos baixos valores encontrados de coeficientes de determinação, verifica-se que ao analisar as seqüências de incremento das espécies, assim como as variáveis meteorológicas, há a presença de tendências no decorrer do período.

Tabela 7 – Coeficientes obtidos por regressão linear em função do tempo observado

Espécie	Árvore	Coeficientes obtidos por regressão linear		
		b_0	b_1	R^2
<i>Cedrela fissilis</i>	C1	1,6727	0,00247	0,1117
	C2	3,4835	0,00368	0,0957
	C3	2,543	-0,00051	0,0031
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	E1	2,8821	0,00609	0,2928
	E2	3,4804	0,00613	0,1868
<i>Luehea divaricata</i>	L1	2,9126	0,00039	0,1443
	L2	3,4902	0,00025	0,0368
<i>Schefflera morototonii</i>	S1	5,8837	-0,00289	0,0509
	S2	4,6475	-0,00170	0,0070
Média das nove árvores		3,4728	0,00266	0,0680
Precipitação pluviométrica		133,39	0,84150	0,0781
Temperatura		17,577	0,01500	0,0842

Para a remoção de tendência observada na curva dos incrementos em diâmetro das árvores, por elas apresentarem diferenças no nível de crescimento, foi feita a regressão, seguindo o modelo $y = b_0 + b_1x$, em que x corresponde ao período de tempo observado, e, com isso, obteve-se uma curva média estandarizada. (Figura 5).

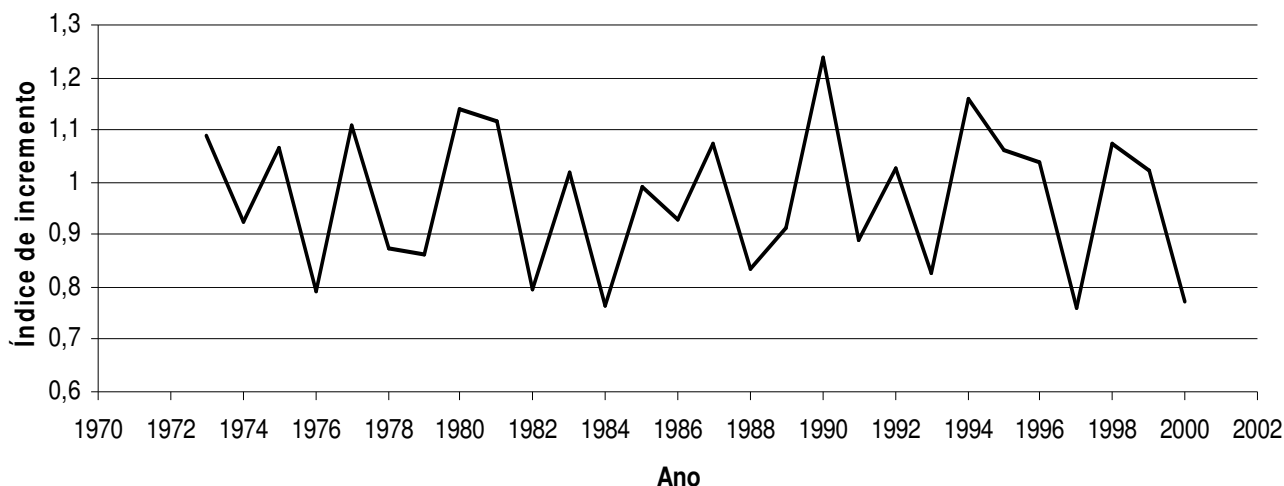


Figura 5 – Média das curvas estandarizadas do crescimento de nove árvores das espécies florestais nativas estudadas para um período de 30 anos, em Santa Maria, RS.

4.6 Alterações no nível de crescimento em diâmetro a médio prazo

Para identificar as possíveis alterações no crescimento a médio prazo, foi empregada a equação 1. Nessa análise, constatou-se que não houve liberação no crescimento, em nenhuma das nove árvores estudadas, ou seja, todas as árvores são dominantes no período avaliado, provavelmente pertencentes ao estrato superior, sendo as primeiras a ocupar a formação secundária.

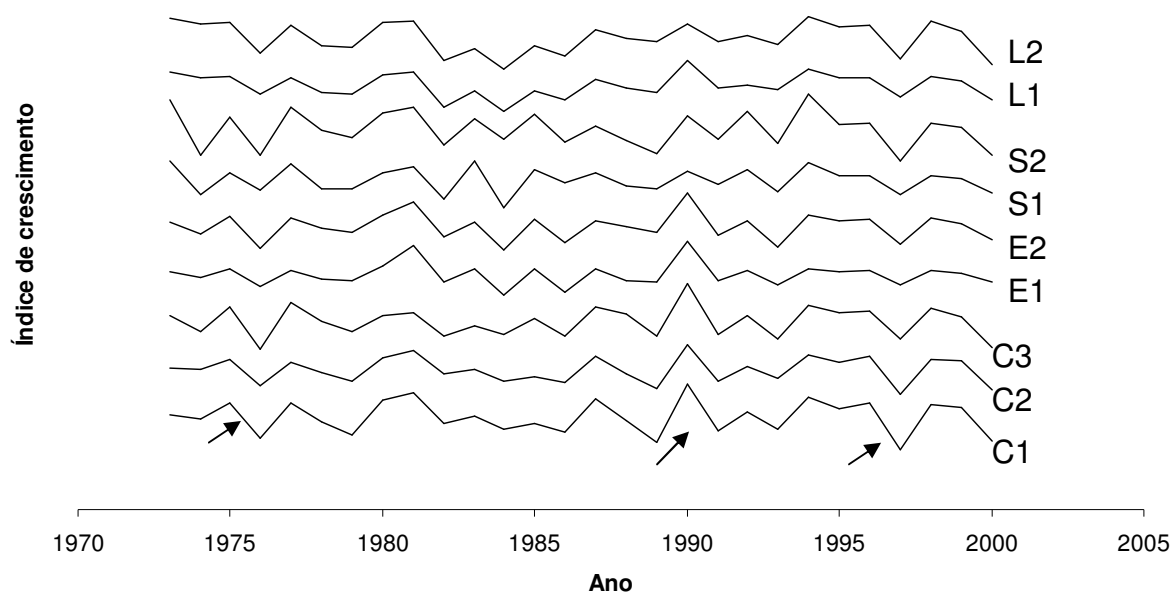


Figura 6 – Mudanças percentuais no índice de crescimento em diâmetro das nove árvores estudadas no período de 1973 a 2000, onde C1, C2, C3: *Cedrela fissilis*; E1, E2: *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: *Luehea divaricata*, S1, S2: *Schefflera morototonii*.

Na Figura 6, destacam-se as nove árvores estudadas com as alterações observadas no crescimento. Não foram verificadas mudanças na tendência do crescimento a médio prazo, considerando-se uma alteração percentual no incremento superior a 30% durante um período mínimo de 5 anos. Entretanto, nos anos de 1976 e 1997 observa-se uma diminuição significativa no índice de crescimento, e no ano de 1990 ocorreu o contrário, sendo esse um ano com aumento significativo no índice de crescimento.

4.7 Dendroclimatologia das espécies estudadas

A etapa de verificação de correlações entre raios, assim como a análise de sensibilidade foram procedimentos necessários para garantir a qualidade dos dados e para constatar que as seqüências de incremento estudadas podem ser submetidas ao estudo dendroclimatológico propriamente dito, pois os resultados obtidos serão representativos e explicativos da relação entre as variáveis meteorológicas e o crescimento das quatro espécies em questão.

O período de avaliação considerado nestas análises foi anual, iniciando em abril do ano anterior ao período de crescimento até o mês de abril subsequente.

A Figura 7 ilustra a relação existente entre a precipitação pluviométrica mensal média e a temperatura média mensal, com a espécie *Cedrela fissilis*. As correlações entre as variáveis meteorológicas e as árvores de cedro podem ser visualizadas no Anexo A. A árvore de cedro C1 apresentou quatro correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro, em relação a variável precipitação. Para o mês de abril anterior à estação de crescimento, foi encontrada uma correlação negativa com valor de -0,232, assim como o mês de março que apresentou correlação de -0,258. Já os meses de janeiro e fevereiro apresentaram correlações positivas com valores, respectivamente, de 0,366 e 0,335.

Em relação à variável temperatura, foram detectadas três correlações significativas dentro do nível de significância estabelecido (10%). Todas essas correlações foram positivas ocorrendo nos meses de abril anterior à fase de crescimento, maio e agosto, e seus valores foram respectivamente de 0,314, 0,444 e 0,325.

Ao centro da figura, têm-se as relações dendroclimáticas para a árvore de cedro C2. Nela, pode-se observar que as mesmas correlações apresentadas para a árvore de cedro C1 foram verificadas, tanto para a variável precipitação como para a variável temperatura. Em relação à precipitação pluviométrica novamente os meses de abril anterior à fase de crescimento, e o mês de março apresentaram correlações negativas com o crescimento da árvore, e seus valores respectivamente são de -0,268 e -0,262, e os meses de janeiro e fevereiro apresentaram correlações positivas com valores de 0,371 e 0,327 respectivamente.

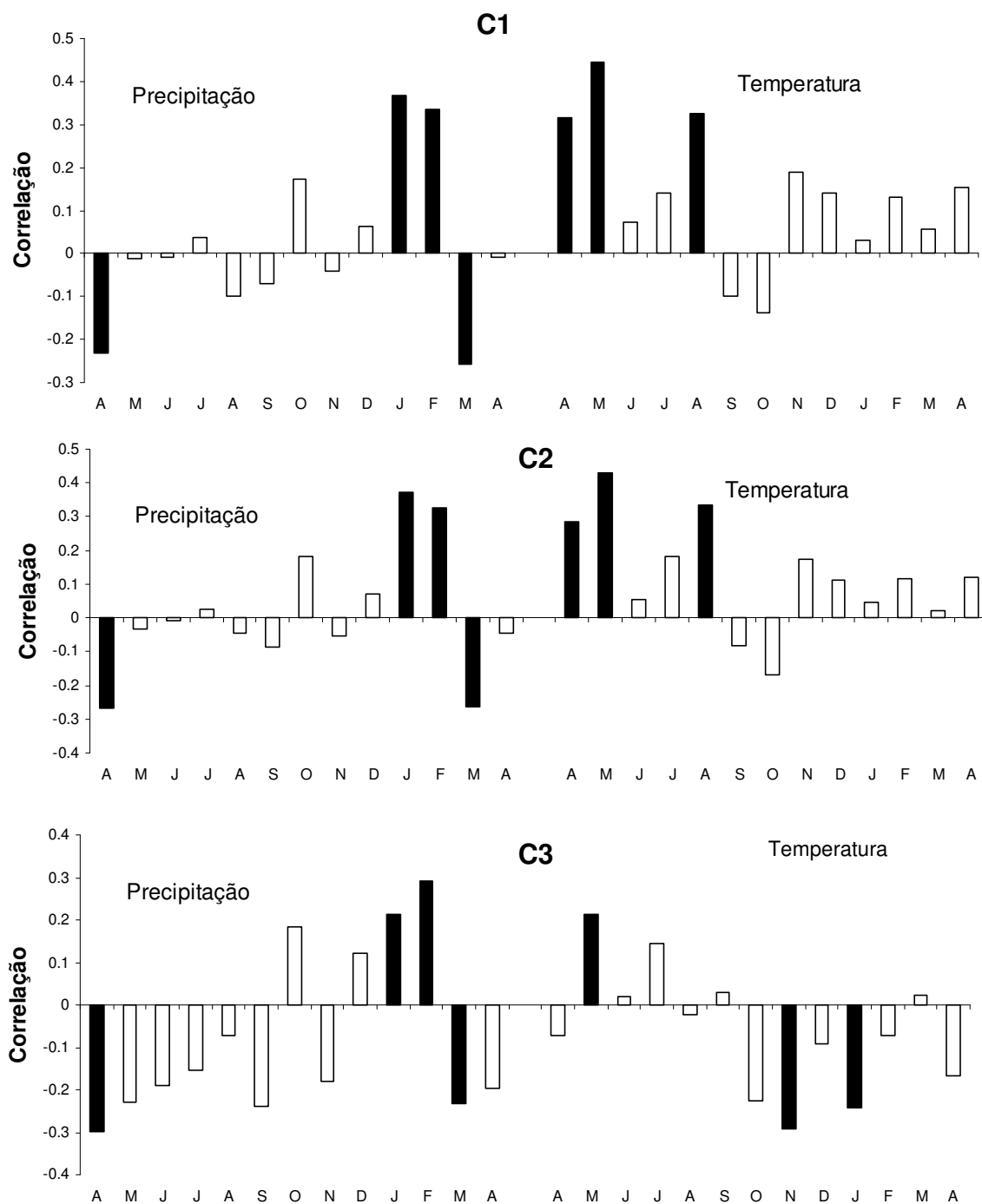


Figura 7 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento em diâmetro de *Cedrela fissilis*. C1, C2, C3: árvores de cedro amostradas. As barras pretas, e os pontos brancos representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

Para a árvore de cedro C2 a temperatura nos meses de abril anterior ao ano de crescimento, maio e agosto apresentaram correlações positivas e significativas, cujos valores foram de 0,286, 0,430 e 0,335 respectivamente.

A árvore de cedro C3 foi analisada separadamente, pois apresentou para a variável temperatura, correlações diferentes em relação à média da espécie cedro, assim como com as outras duas árvores C1 e C2. Os valores dessas correlações são apresentados na Figura 7. Nela, pode-se observar que assim como as outras duas árvores de cedro, nos meses de abril anterior ao período de crescimento e no mês de março, as correlações foram negativas e significativas com valores de -0,299 e -0,232, e foram positivas nos meses de janeiro e fevereiro com valores de 0,214 e 0,291 respectivamente.

Em relação à temperatura, novamente o mês de maio apresentou correlação positiva com valor de 0,213, entretanto, a árvore apresentou comportamento distinto das demais por apresentar correlações negativas nos meses de novembro e janeiro, com valores de -0,293 e -0,244.

A Figura 8 apresenta-se, a relação entre a média das três árvores de cedro com as variáveis meteorológicas estudadas. Analisando a correlação entre as seqüências de incremento observadas e as variáveis meteorológicas (barras), para a variável precipitação, foram encontradas duas correlações negativas, nos meses de abril anterior ao período e no mês de março. Os valores dessas correlações foram de -0,296 e -0,277, e nos meses de janeiro e fevereiro, as correlações foram positivas com de 0,352 e 0,350 respectivamente. Já para a variável temperatura apenas os meses de maio e agosto apresentaram correlações significativas com valores positivos de 0,401 e 0,240 respectivamente.

Na linha, tem-se a correlação entre as variáveis meteorológicas e a curva média estandarizada para a espécie. Mediante essa análise, com a remoção de tendências, as correlações significativas em relação a precipitação ocorreram nos meses de abril anterior ao período de crescimento com valor de -0,332, janeiro e fevereiro com valores de 0,264 e 0,423 respectivamente, e para a variável temperatura, apresentaram correlações significativas os meses de maio e agosto cujos valores foram respectivamente de 0,404 e 0,241.

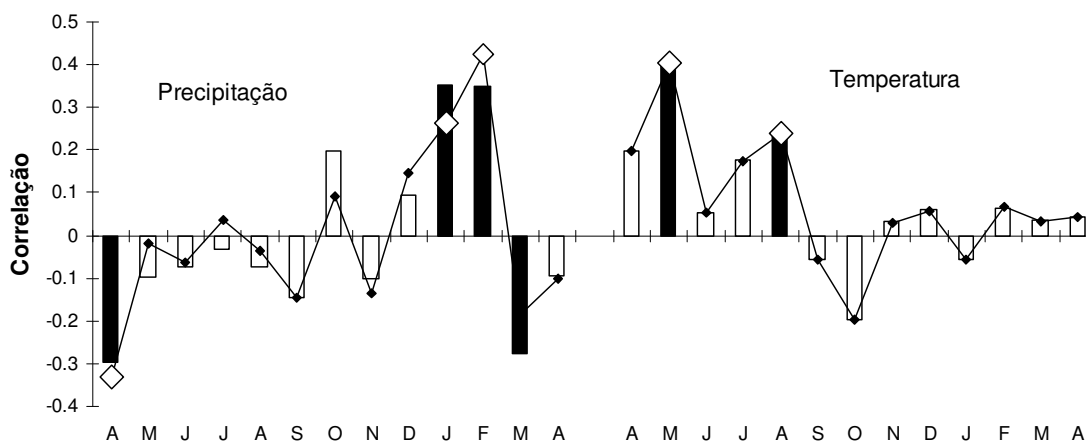


Figura 8 – Correlação entre variáveis climáticas e a média das árvores de *Cedrela fissilis*.

As barras pretas representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

Os resultados obtidos, para a espécie *Cedrela fissilis* em relação à precipitação pluviométrica, podem ser interpretados da seguinte forma. As correlações nos meses de janeiro e fevereiro se apresentaram positivas, ou seja, quanto maior for a precipitação nesses meses, maiores serão os valores de incremento em diâmetro dessas árvores, e, conseqüentemente, o crescimento será favorecido. Com maior quantidade de água no solo, em razão da maior quantidade de chuva, haverá então condições favoráveis ao desenvolvimento da árvore.

Contudo, o aumento da quantidade de chuva nos meses seguintes (março e abril), se traduz na saturação do solo com água, ou seja, o excesso de água atua como um fator que dificulta o crescimento, e, por esse motivo, a correlação, nesses meses, é negativa, pois quanto maior for a precipitação pluviométrica, menor será o crescimento.

Quando é analisada a relação do crescimento dessa espécie em relação à variável temperatura, as seguintes constatações podem ser feitas. O mês de maio apresenta correlação positiva, pois até esse período as árvores mantêm suas folhas, porém, de acordo com Angeli (2005), como se trata de uma espécie caducifólia, a

partir desse mês, ocorre a queda das folhas findando o período vegetativo, e, a partir daí, diminui o valor das correlações, voltando a ser significativo em agosto quando começa a emissão de novas brotações. Isso pode ser observado para as árvores de cedro C1 e C2.

Para a árvore de cedro C3, as correlações negativas dos meses de novembro e janeiro, para a variável temperatura, se devem ao fato dessa árvore ter se desenvolvido em sítio diferente das outras duas, na porção mais elevada do terreno, topo. Assim essa árvore está mais exposta ao estresse hídrico, por isso, o aumento de temperatura, nos meses mais quentes, é prejudicial ao seu crescimento.

Quanto às características ecofisiológicas, Inoue *et al.* (1984) relatam sobre a complexidade de *Cedrela fissilis* frente aos fatores ambientais, demonstrando experimentalmente a capacidade elástica de sua adaptação fisiológica às condições de luz do ambiente,

Ferreira (2002), estudando o incremento mensal da espécie *Cedrela fissilis* encontrou o mês de março com maior incremento diamétrico médio e o mês de abril com menor incremento diamétrico médio, e neste trabalho a relação da precipitação pluviométrica de abril tem relação inversamente proporcional com o incremento diamétrico anual.

A Figura 9 ilustra as correlações existentes entre as variáveis climáticas estudadas e as seqüências de incremento com as árvores de timbaúva. As correlações entre as variáveis meteorológicas e as árvores de timbaúva podem ser visualizadas no Anexo A.

Para a árvore de timbaúva E1, em relação à precipitação pluviométrica, foram verificados três valores significativos e positivos, para os meses de outubro, janeiro e fevereiro, cujos valores são, respectivamente, de 0,321, 0,217 e 0,325.

Já em relação à temperatura média, foram encontrados quatro meses com correlações positivas e significativas ao nível de 10% de probabilidade de erro. Isso ocorreu nos meses de abril, anterior ao período de crescimento, maio, agosto e abril, com valores de 0,328, 0,402, 0,356 e 0,306 respectivamente.

As correlações entre a seqüência de incremento da árvore de timbaúva E2 e as variáveis climáticas testadas apontam três meses com correlações positivas em relação à variável precipitação pluviométrica, assim como ocorreu com a árvore de

timbaúva E1. Novamente os meses com correlações significativas foram outubro, janeiro e fevereiro, e seu valores foram de 0,285, 0,209 e 0,281 respectivamente.

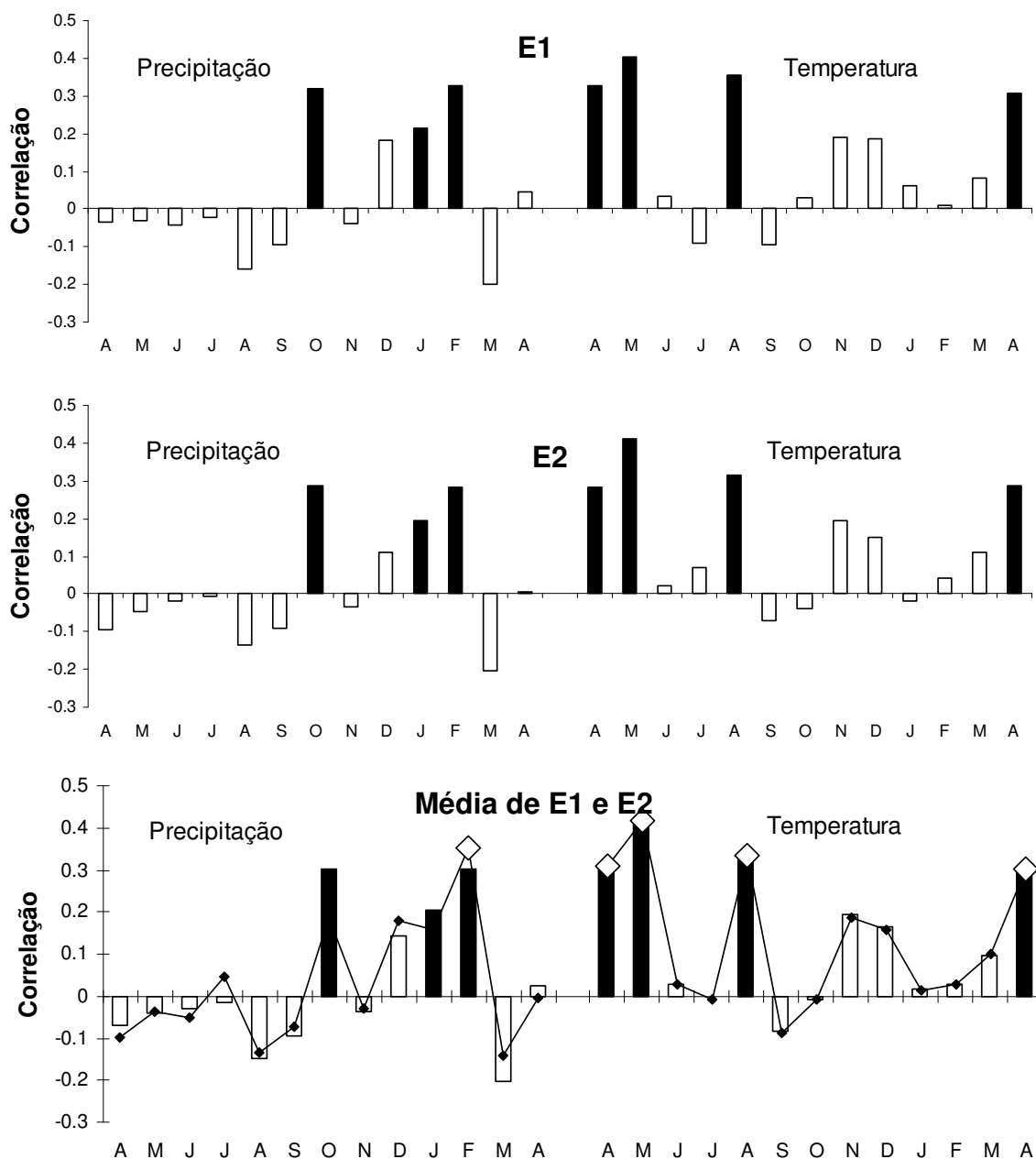


Figura 9 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Enterolobium contortisiliquum*. E1, E2: árvores de timbaúva amostradas. As barras pretas e os pontos brancos representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

Para a variável temperatura média mensal, a árvore de timbaúva E2 apresentou resultados semelhantes à árvore E1, em que os meses de abril anterior

ao período de crescimento, maio, agosto e abril do período de crescimento apresentaram correlações positivas e significativas cujos valores obtidos são, respectivamente de 0,282, 0,411, 0,315 e 0,287.

Em consequência das duas árvores terem apresentado os mesmos meses com correlações significativas, tanto para precipitação pluviométrica como para temperatura, a média da seqüência de incrementos das duas árvores de timbaúva (barras) apresentou correlações semelhantes cujos meses com correlações significativas com a precipitação pluviométrica foram de outubro, janeiro e fevereiro e os valores obtidos, foram de 0,303, 0,205 e 0,303, todos positivos. Já para temperatura, os meses com correlação positiva foram de abril anterior ao período de crescimento, maio, agosto e abril do período de crescimento. Os valores dessas correlações são, respectivamente, de 0,305, 0,411, 0,336 e 0,298.

Ao analisar a média das curvas estandarizadas da espécie (linha), verificou-se que, em relação a precipitação pluviométrica, as correlações significativas ocorreram apenas no mês de fevereiro com valor de 0,352, e para temperatura, os meses significativos foram de abril anterior ao período de crescimento, maio, agosto e abril cujos valores foram, respectivamente, de 0,310, 0,417, 0,333 e 0,300.

Os resultados em relação à precipitação pluviométrica podem ser explicados de forma semelhante ao que ocorreu com o cedro, uma vez que, novamente, os meses de janeiro e fevereiro, assim como outubro, têm maior influência em relação ao crescimento da espécie, pois o aumento da precipitação pluviométrica nesses meses garante quantidade suficiente de água no solo, favorecendo o crescimento. Essa relação existente é verificada de acordo com a exigência da espécie por solos úmidos, descrita por Carvalho (2003), pois as árvores da espécie se encontravam em locais com maior acúmulo de água no solo.

Por se tratar de outra espécie caducifólia, as temperaturas de maio e abril possuem boas correlações com o crescimento das árvores, pois esse é o período que ocorre antes da queda das folhas. Após esses meses, há uma redução no valor das correlações que voltam a ser positivas e significativas em agosto, com o surgimento de folhas novas o que indica o fim do período vegetativo da planta, favorecendo assim o aumento do incremento.

No trabalho realizado por Ferreira (2002), realizado no estado de São Paulo, constatou também que a queda das folhas de todas as árvores estudadas ocorre no período de menor temperatura e precipitação pluviométrica, que ocorre no inverno. E que, a floração se inicia no final do período de baixas temperaturas e precipitação pluviométrica, correspondendo ao aumento das taxas de incremento diamétrico.

A Figura 10 apresenta as correlações encontradas entre as variáveis climáticas e as árvores de açoita-cavalo. A árvore de açoita-cavalo L1, em relação à precipitação apresentou 4 meses com correlações significativas em nível de 10% de probabilidade de erro. Todas as correlações entre as variáveis climáticas e as árvores de açoita-cavalo podem ser visualizadas no Anexo A. O mês de junho apresentou correlação negativa e significativa com valor de -0,376. Já os meses de outubro, janeiro e fevereiro apresentaram correlações significativas e positivas com valores de 0,335, 0,318 e 0,294 respectivamente.

Para a variável temperatura foi detectado apenas o mês de abril anterior ao período de crescimento com correlação significativa ao nível de 10% de probabilidade de erro. Essa correlação foi positiva e seu valor é de 0,244.

As correlações da árvore de açoita-cavalo L2, com a variável precipitação pluviométrica nos meses de abril anterior ao ano de crescimento, junho, março e abril do período de crescimento, foram significativas e negativas com a seqüência de incremento da árvore. Seus valores foram de, respectivamente, -0,237, -0,331, -0,241 e -0,254. Já os meses de outubro, janeiro e fevereiro apresentaram correlações significativas e positivas, com valores de 0,288, 0,310 e 0,240.

Para a variável temperatura média, foram verificados 2 meses com correlações significativas e positivas, abril anterior ao período de crescimento e julho, com valores de 0,245 e 0,271 respectivamente.

As correlações entre as variáveis climáticas e a média das seqüências de incremento das árvores de açoita-cavalo (barras) com a precipitação pluviométrica teve, no mês de junho, correlação significativa e negativa com valor de -0,359. Entretanto os meses de outubro, janeiro e fevereiro, assim como ocorreu com a timbaúva, apresentaram correlações significativas e positivas com valores de 0,317, 0,320 e 0,270 respectivamente. Em relação à variável temperatura, apenas o mês de

abril anterior ao período de crescimento apresentou correlação significativa e positiva cujo valor foi de 0,250.

Já a análise da curva média estandarizada (linha) em relação à precipitação pluviométrica, os meses de junho e fevereiro apresentaram correlações significativas com valores, respectivamente, de -0,316 e 0,298, e para a temperatura, apenas o mês de abril anterior ao período de crescimento apresentou correlação significativa com valor de 0,252.

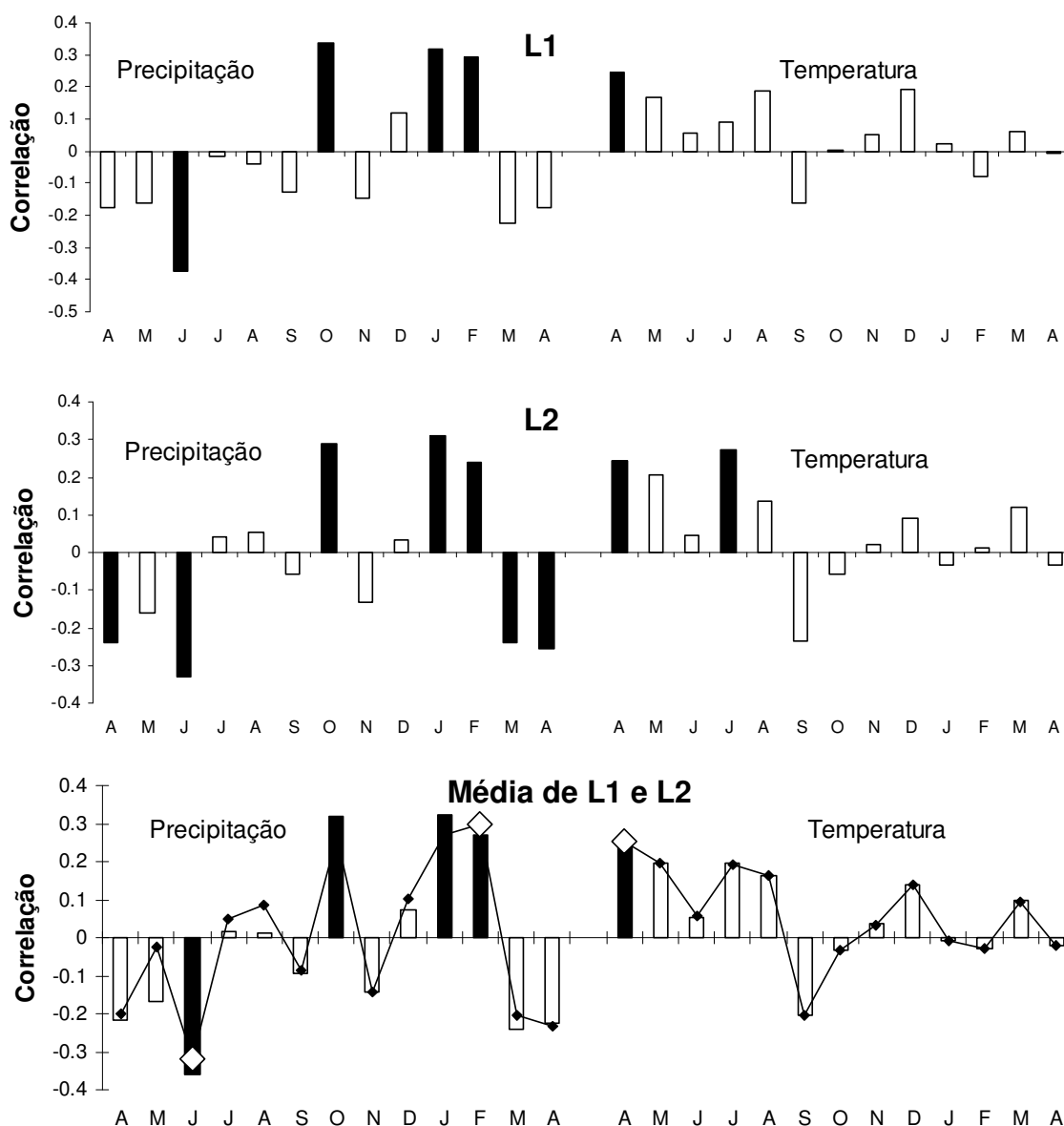


Figura 10 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Luehea divaricata*. L1, L2: árvores de açoita-cavalo amostradas.

As barras pretas e os pontos brancos representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

Para a variável precipitação pluviométrica e sua relação com o crescimento de açoita-cavalo, os meses de janeiro e fevereiro apresentam correlações positivas, ou seja, o aumento de precipitação nesses meses é favorável ao crescimento, pois são meses de verão e em razão das temperaturas serem mais elevadas nessa época, tendo maiores reservas de água no solo, melhor será o crescimento, assim como no mês de outubro, que também possui mesmo tipo de correlação. Já o mês de junho, quando ocorre o inverno, o aumento da precipitação reduz o crescimento do próximo período, em consequência da temperatura ser mais baixa, ocorrendo menor evaporação da água do solo, deixando esse saturado, e como a descrição feita por Carvalho (2003) diz que essa espécie tem preferência por solos com alta drenagem, esse acúmulo de água prejudica o desenvolvimento das novas raízes e, conseqüentemente, o crescimento diametral.

Com relação à variável temperatura, o mês de abril anterior ao período de crescimento foi o único com correlação significativa. Como o açoita-cavalo é uma espécie semi-caducifólia, o aumento de temperatura nesse mês favorece o crescimento, pois é precedente ao período da queda das folhas, ou seja, o período de repouso vegetativo.

Segundo Morellato (1991), em florestas estacionais semidecíduas muda de aspecto ao longo do ano. Durante os meses mais secos, de abril a setembro, cerca de 70% das espécies perdem total ou parcialmente suas folhas, marcado também pela redução da atividade cambial, onde a maioria das espécies, diminui sua taxa de crescimento pouco antes do início da queda das folhas.

As correlações dendroclimáticas para a caixeta podem ser visualizadas na Figura 11 e as correlações entre as variáveis meteorológicas e as árvores de caixeta podem ser visualizadas no Anexo A. Para a árvore de caixeta S1, em relação à variável precipitação pluviométrica, o mês de abril anterior ao período de crescimento apresentou correlação significativa e negativa com valor de -0,367, além de quatro meses, agosto, outubro, janeiro e fevereiro que apresentaram correlações positivas e significativas ao nível de 10% de probabilidade de erro cujos valores foram de 0,323, 0,303, 0,243 e 0,401 respectivamente.

Verifica-se também que as correlações em relação à temperatura média, os meses de maio, junho e julho apresentaram correlações positivas e significativas, com valores, respectivamente, de 0,408, 0,318 e 0,296.

Para a árvore de caixeta S2, novamente o mês de abril anterior ao período de crescimento apresentou correlação significativa e negativa em relação ao incremento com valor de -0,283, e os meses de julho, outubro, janeiro e fevereiro apresentaram correlações significativas e positivas de 0,259, 0,316, 0,280 e 0,386 respectivamente.

Para a temperatura média, a figura mostra que a árvore de caixeta S2 apresentou, assim como a árvore S1, os meses de maio, junho e julho, com correlações significativas e positivas cujos valores foram de 0,406, 0,281 e 0,322 respectivamente.

As árvores de caixeta S1 e S2, por apresentarem comportamento bastante semelhante entre o crescimento e as variáveis meteorológicas, também apresentam resultados muito aproximados a sua seqüência média de incremento. Observa-se que o mês de abril anterior ao período de crescimento apresenta correlação significativa e negativa com valor de -0,318, e os meses de agosto, outubro, janeiro e fevereiro apresentam correlações significativas e positivas cujos valores foram, respectivamente, de 0,266, 0,313, 0,268 e 0,384.

Ainda, na Figura 11, pode-se verificar a relação da média das árvores de caixeta com a variável temperatura. Os meses de maio, junho e julho obtiveram correlações significativas e positivas, sendo seus valores 0,410, 0,299 e 0,314 respectivamente.

A análise da curva média estandarizada da espécie (linha) correlacionada com as variáveis meteorológicas indicou que, para a precipitação pluviométrica, os meses de abril anterior ao período de crescimento e fevereiro apresentaram correlações significativas cujos valores foram, respectivamente, de -0,355 e 0,416, e para a variável temperatura, apenas o mês de maio com valor de 0,411 apresentou correlação significativa ao nível de 10% de probabilidade de erro.

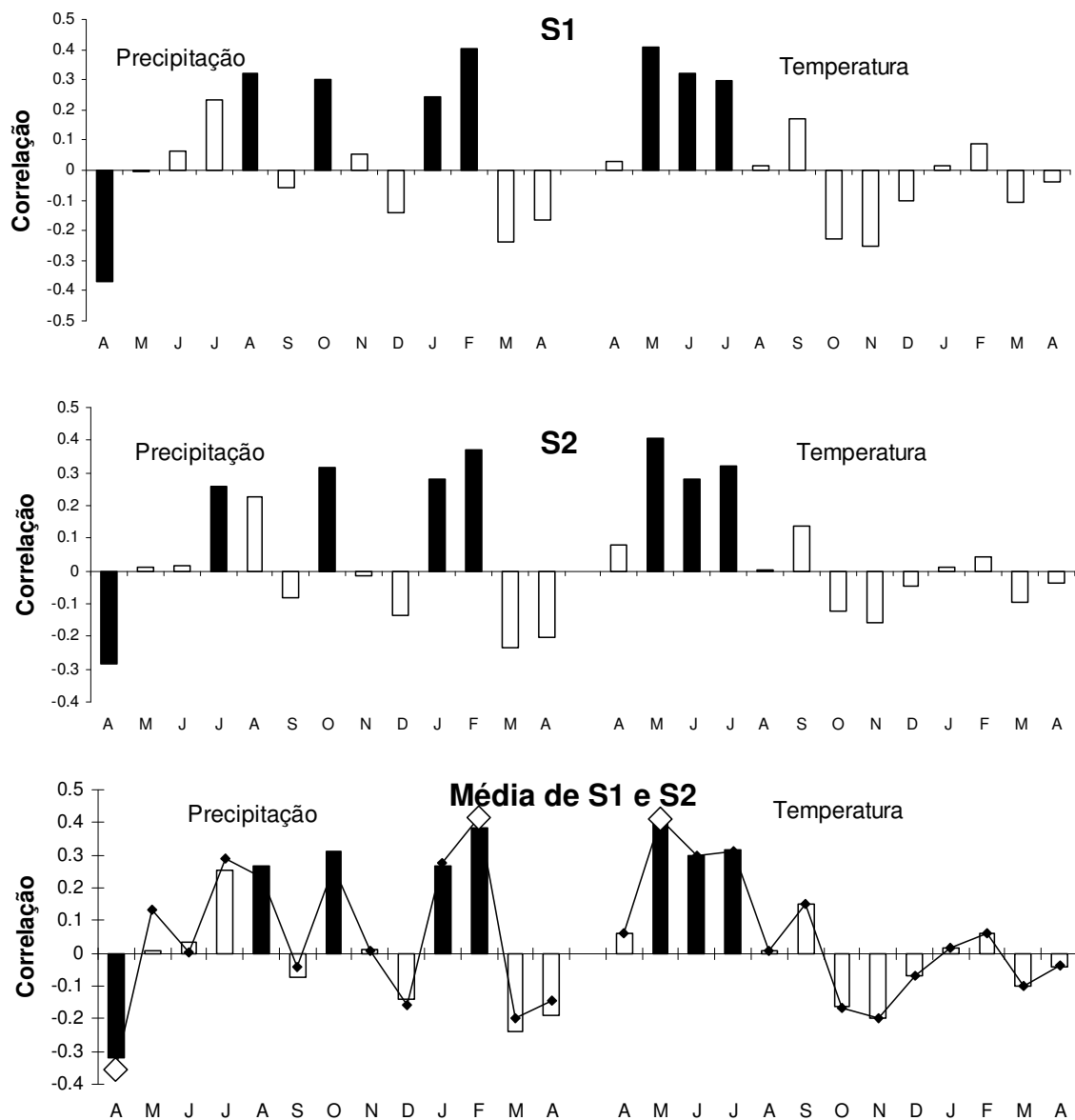


Figura 11 – Correlação entre variáveis climáticas e incremento de *Schefflera morototonii*. S1, S2: árvores amostradas de caixeta.

As barras pretas e os pontos brancos representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

A interpretação desses resultados é semelhante ao ocorrido com as demais espécies em relação à variável precipitação pluviométrica, em que os meses de janeiro e fevereiro apresentam correlação positiva, ou seja, o aumento de

quantidade de chuva nesses meses favorece o crescimento das árvores, assim como no mês de outubro e agosto, o que não ocorre com o mês de abril, pois em razão do acúmulo de água, causa conseqüentemente a saturação do solo prejudicando o crescimento.

Entretanto, o comportamento para a espécie *S. morototonii* é distinto das demais espécies estudadas, pelo fato, de ser uma espécie perenifólia, por isso além do mês de maio, quando há elevação de temperatura nos meses de junho e julho, o crescimento é favorecido.

Lojan (1967,1968), comparou as variações climáticas com a periodicidade do crescimento do tronco de espécies florestais em Turrialba – Costa Rica, verificando que as árvores cresciam a cada mês, de acordo com o período de maior precipitação, temperatura e umidade relativa. Para Cardoso (1991) a alta precipitação e temperatura foram indicadores do início de desenvolvimento das células em *Tectona grandis* (teca).

Na Figura 12, apresenta-se a relação dessas variáveis com seqüência de incremento geral médio (barras) para o conjunto de todas as árvores estudadas.

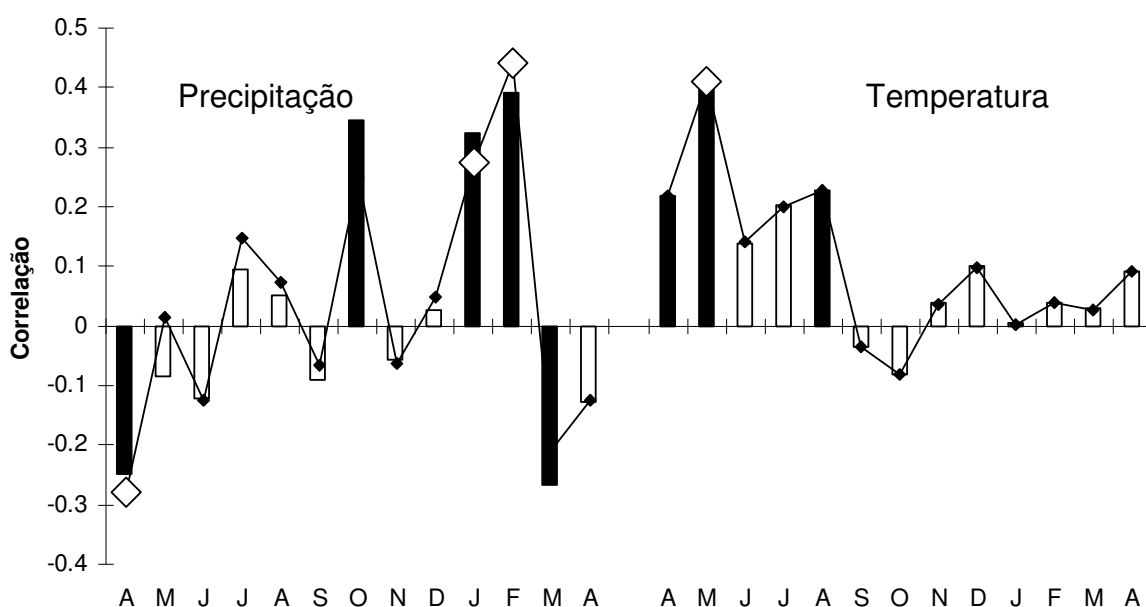


Figura 12 – Correlação entre precipitação pluviométrica e temperatura média mensal incremento diâmetro médio das nove árvores estudadas das espécies *Cedrela fissilis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Luehea divaricata* e *Schefflera morototonii*. As barras pretas e os losangos brancos representam correlações significativas com nível de 10% de probabilidade de erro.

Analisando o conjunto das árvores, na Figura 12, pode-se observar que, em relação à variável precipitação pluviométrica, os meses de abril anterior ao período de crescimento e o mês de março possuem correlação significativa e negativa com o incremento, com valores de -0,247 e -0,266, e os meses de outubro, janeiro e fevereiro apresentaram correlações significativas e positivas cujos valores, respectivamente, são de 0,344, 0,323 e 0,393.

Com relação à temperatura, os meses de abril anterior ao período de crescimento, maio e agosto apresentaram correlações significativas e positivas de 0,218, 0,407 e 0,229 respectivamente.

Para melhor analisar esses dados, foi utilizada a curva média estandarizada para a população estudada, representada pela linha, visível na Figura 12. Em relação à variável precipitação pluviométrica, os meses de abril anterior ao período de crescimento, janeiro e fevereiro apresentaram correlações significativas, cujos valores são de -0,279, 0,274 e 0,441 respectivamente. Já para a variável temperatura, apenas o mês de maio com valor de 0,410 apresentou correlação significativa ao nível de 10% de probabilidade de erro. A realização dessa análise é importante para determinar o comportamento do povoamento em relação às variáveis climáticas estudadas.

Esses resultados demonstram que a maioria das árvores analisadas possui resultados semelhantes à média. Ou seja, nos meses de verão, janeiro e fevereiro quanto maior a quantidade de chuva, maior será o crescimento, entretanto com o aumento da precipitação nos meses de março e abril ocorre a saturação de água no solo, desfavorecendo o crescimento das árvores.

Pela variável temperatura, pode-se verificar as diferenças de correlações existentes entre algumas árvores, como a diferença entre a árvore de cedro C3 das árvores C1 e C2, e as árvores de caixeta (perenifólias) das demais espécies. Entretanto, a análise conjunta de todas as árvores demonstrou que há correlação positiva entre incremento e temperatura com o mês de maio que precede o período de queda de folhas, voltando a ser significativo em agosto, quando novas brotações surgem.

Estudos realizados por Mauriaux (1969), citado por Botosso (2000), na África Equatorial, demonstram que o período de maior atividade cambial ou formação de madeira corresponde à fase mais longa de permanência das folhas nas árvores.

Lojan (1965) observou em árvores nativas tropicais de uma espécie da Costa Rica variações na taxa de crescimento no início e término das fases de crescimento e na resposta aos fatores externos. Segundo o autor, parte desta resposta se deve à posição da árvore dentro da mata sendo que, dentro de cada espécie, a variação do crescimento é regra, apesar de ser observada uma tendência de similaridade do crescimento entre as árvores.

Maria (2002) observou que o incremento em circunferência do tronco das árvores está estreitamente relacionado à sazonalidade da precipitação pluviométrica, com a posição dos pontos máximos e mínimos.

Em um trabalho semelhante realizado na Polônia, Feliksik e Wilczynski (2003), estudando a dendroecologia da espécie *Pseudotsuga menziessi* Franco, encontraram valores de correlação entre o incremento da espécie com precipitação pluviométrica e temperatura entre -0,300 e 0,500.

Em outro estudo, realizado por Copenheaver e Abrams (2003), com povoamentos jovens de *Pinus bankisiana* ao norte de Michigan – EUA em relação a variáveis meteorológicas, encontraram valores de correlação entre -0,450 e 0,450.

Essa amplitude de valores também foi verificada nesse trabalho. Nesses trabalhos, os meses de verão de maio a agosto apresentaram correlações positivas em relação à precipitação pluviométrica, já para o local de onde foram estudadas as árvores deste trabalho, os meses de verão que ocorrem em janeiro e fevereiro foram os que apresentaram maiores correlações para essa variável. Assim como para precipitação, o mês de março apresentou correlação positiva em relação à temperatura, correspondente ao que ocorre em agosto para as condições das árvores estudadas neste trabalho.

Tabela 8 – Médias das séries de incremento diamétrico (mm) das espécies e variáveis com correlação significativa.

Ano	Cedro	Caixeta	Açoita	Timbaúva	Média	T5	P1a	P2a	P4a
1970	3,1		3,1	4,9	3,7	15,8	182,9	283,0	111,4
1971	3,6		4,2	3,9	3,9	13,1	104,6	63,5	77,3
1972	2,5	4,1	2,3	3,3	3,1	17,4	220,7	127,0	63,4
1973	2,8	7,2	3,4	3,7	4,2	15,7	155,7	157,9	86,7
1974	2,5	4,8	4,2	3,3	3,7	16,6	164,6	258,7	178,0
1975	3,4	6,2	4,5	4,0	4,5	15,8	163,8	234,3	14,7
1976	2,2	4,4	3,4	2,8	3,2	14,9	120,7	112,1	163,1
1977	2,9	7,1	4,3	3,3	4,4	15,4	208,6	146,5	126,7
1978	2,2	6,1	3,6	3,0	3,7	12,8	274,6	216,9	226,3
1979	2,1	3,6	3,0	2,4	2,8	13,5	91,2	89,4	152,7
1980	2,7	4,8	4,2	4,4	4,0	17,6	172,0	155,3	135,2
1981	3,8	7,4	5,6	5,6	5,6	19,4	182,0	146,3	55,1
1982	3,3	3,8	3,4	4,7	3,8	15,0	84,3	108,3	157,7
1983	3,3	6,8	2,8	5,3	4,5	15,9	156,4	234,8	26,9
1984	2,6	2,8	2,4	3,3	2,7	14,7	92,8	146,3	211,4
1985	2,1	4,4	2,0	3,8	3,1	15,5	298,2	105,3	373,3
1986	1,8	3,9	2,9	2,7	2,8	15,8	123,5	125,4	287,3
1987	2,5	4,6	3,4	3,1	3,4	15,6	157,1	170,8	114,1
1988	1,6	3,4	3,0	2,8	2,7	11,8	156,5	149,6	139,8
1989	1,6	3,0	2,4	2,3	2,3	14,8	151,7	87,8	178,5
1990	3,2	3,9	3,7	5,1	4,0	15,4	171,9	9,3	114,7
1991	2,5	3,5	3,5	4,4	3,5	14,8	109,2	134,0	253,7
1992	2,8	4,9	3,1	5,1	3,9	15,1	48,6	40,8	330,9
1993	2,2	3,2	2,8	3,7	2,9	15,7	82,9	53,0	275,8
1994	3,1	5,8	4,1	4,5	4,4	18,1	310,9	189,8	64,8
1995	3,8	6,7	5,0	5,9	5,4	15,5	155,7	310,4	129,2
1996	4,9	7,2	5,7	6,5	6,1	15,5	157,2	148,0	46,2
1997	2,8	4,5	4,0	4,8	4,0	15,3	141,1	118,8	238,2
1998	3,7	5,2	5,3	5,6	5,0	15,5	150,7	217,1	67,9
1999	4,4	5,6	6,0	6,0	5,5	15,6	227,1	259,3	339,9
2000	2,7	3,9	3,7	4,8	3,8	14,9	110,7	141,9	159,4
Média	15,3806	155,616	146,594	149,465					

T5 = temperatura média do mês de maio, P1a = precipitação pluviométrica do mês de janeiro, P2a = precipitação pluviométrica do mês de fevereiro, P4a = precipitação pluviométrica do mês de abril.

A Tabela 8 ilustra os valores médios das seqüências de incremento diamétrico para cada espécie, a média geral das nove árvores, e as variáveis climáticas que apresentaram maiores correlações com o incremento das árvores. Pode-se observar que, os anos em que a temperatura média do mês de maio (T5) foi maior que a média da temperatura desse mês para o período avaliado, correspondeu ao aumento de incremento das árvores. O mesmo comportamento é válido para as precipitações mensais de janeiro (P1a) e fevereiro (P2a) cujos valores são maiores que sua média nos anos em que houve aumento de incremento. Já no

mês de abril, anterior ao período de crescimento (P4a), o aumento no incremento das árvores corresponde há valores menores da precipitação do mês em relação à sua média.

Para os anos em que ocorreram diminuição no incremento, o comportamento das variáveis meteorológicas ocorreu de forma contrária às variáveis T5, P1a e P2a, pois essas, apresentam valores menores em relação as suas médias, e, a variável P4a, apresentou valores maiores.

5 CONCLUSÃO

As árvores apresentam crescimento semelhante.

Os raios das seções transversais apresentam correlação com sua média, assim como as seções transversais do DAP e da altura comercial estão correlacionadas entre si.

Os incrementos das árvores de cada espécie estudada correlacionam-se entre si, da mesma forma que as quatro diferentes espécies avaliadas.

Os nove indivíduos são árvores dominantes, pois não houve liberação de crescimento em nenhum caso.

Para a espécie *Cedrela fissilis*, quanto maior for a precipitação em janeiro e fevereiro, maior será o crescimento, e quanto maior for a temperatura em maio e agosto, maior será o crescimento.

Para a espécie *Enterolobium contortisiliquum*, o crescimento é favorecido com o aumento de precipitação em fevereiro e com aumento de temperatura em maio e agosto.

A espécie *Luehea divaricata* cresce mais conforme um aumento de precipitação pluviométrica em janeiro e fevereiro, e com aumento de temperatura no mês de abril.

Já para a espécie *Schefflera morototonii*, o aumento da precipitação em fevereiro e da temperatura em maio favorece o seu crescimento.

A análise conjunta das nove árvores estudadas permite concluir que o aumento da precipitação no mês de abril anterior ao período de crescimento é desfavorável,

ao passo que, nos meses de janeiro e fevereiro, o aumento da precipitação pluviométrica beneficia o crescimento das árvores estudadas, assim como o aumento na temperatura no mês de maio.

REFERÊNCIAS

ABRAMS, M.D.; COPENHEAVER, C.A. Temporal variation in species recruitment and dendroecology of an old growth white oak forest in the Virginia Piedmont, USA. **Forest Ecology and Management**. v. 124, p. 275-284, 1999.

ALEIXO, J. **Essências Florais Brasileiras**. São Paulo, Editora Ground, 1995. Disp. em: <<http://www.oikoscultural.com.br/boletim/boletim2003/fevereiro.shtm>> . Acesso em: 11 jul 2007.

ANGELI, A. **Cedrela fissilis**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF. Piracicaba, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cedrella.fissilis.asp>>. Acesso em: 12 jul 2007.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul**: guia de identificação e reconhecimento ecológico. Porto Alegre: Pallotti, 2002, 325 p.

BARRICHELO, L. E. **Pinus caribaea var. hondurensis** – Principais Características da Madeira sob o Ponto de Vista Tecnológico. 1980, 10p. (IPEF: Circular técnica n. 85).

BOTOSSO, P. C. **Periodicidade de crescimento e aspectos de formação da madeira de algumas espécies arbóreas ocorrendo em áreas de matas mesófilas semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo**: dendrocronologia e dendroecologia. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 2000. p 85 (Relatório FAPESP – Processo 98/00995-0), (Programa de Pós Doutorado).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Inventário Florestal Nacional**: Florestas nativas do Rio Grande do Sul, Brasília, 1983, 345 p.

CARDOSO, N.S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis*) – Verbenaceae**. Piracicaba, 1991, 117p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 1039 p.

COPENHEAVER, C. A.; ABRAMS M.D. Dendroecology in young stands: case studies from jack pine in northern lower Michigan. **Forest Ecology and Management**. v. 182, p 247-257, 1999.

DEVALL, M.S.; PARRESOL, B.R.; ARMESTO, J.J. Dendroecological analysis of a *Fitzroya cupressoides* and a *Nothofagus nitida* stand in the Cordillera Pelada, Chile. **Forest Ecology and Management** . v. 108, p. 135-145, 1998.

FELIKSIK, E.; WILCZYNSKI, S. Dendroecological Characterization of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in the Wielkopolska Region. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v. 6, n. 1, 2003.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas na região Sudeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 2002. 103p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

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

FRITTS, H. C. An analysis of radial growth of beech in a Central Ohio Forest during 1954 - 55. **Ecology** v. 39, n. 4, p. 705, 1958.

HAMADA, M.O.de S. et al. **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO "MOROTOTÓ" - *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin (ARALIACEAE), ESPÉCIE MADEIREIRA comercializada no estado do Pará**. 2005. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/evento/museugoeldi/resumoshtm/resumos/R0600-1.htm>> . Acesso em: 4 jul, 2007.

INOUE, M.T.; RODERJAN, V.C.; KUNIYOSHI, Y.S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. p. 86- 91.

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

LOJAN, L. **Aspectos del crecimiento diamétrico quincenal de algunos arboles tropicales**. Turrialba, v.15, n.3, p 231-237, 1965.

LOJAN, L. **Periodicidad del clima y incremento de especies forestales en Turrialba, Costa Rica**. Turrialba, v.17, n.1, p. 71-83, 1967.

LOJAN, L. **Tendencias del crecimiento radial de 23 especies forestales del tropico**. Turrialba, v.18, n.3, p-275-281, 1968.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas** – Santa Maria: UFSM, 1997, 200p.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduas**. Piracicaba, 2002. 126p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ – Universidade de São Paulo.

MORELLATO, L.P.C. **Estudo da fenologia das árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. Campinas, 1991, 203p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, M.C. **Previsão de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Atual, 1987, 435 p.

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

PELLMANN, W. Stand structure and dendroecology of an old-growth *Nothofagus* forest in Conguillo National Park, south Chile. **Forest Ecology and Management**. v. 176, p. 87-103, 2003.

PIÑERO, D.; MARTINEZ-RAMOS, M.; SARUKHÁN, J.. A population model of *Astrocaryum mexicanum* and a sensitivity analysis of its finite rate of increase. **Journal of Ecology** v.72, p. 977-991, 1984.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2. ed., São Leopoldo: UNISINOS. 1956.

RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M.J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 16th April 2006. Disponível em: <<http://delta-intkey.com>>. Acesso em: 12 jan. 2007.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: Manual de dendrologia brasileira**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 5. 1995, 296p.

ROBINSON, W. J. Dendrochronology in Western North America: the Early years. In: COOK, E., KAIRIUSKSTIS, L. **Methods of Dendrochronology: applications in the environmental sciences** Dordrecht: Kluwer Academic, 1989, p. 1-8.

SANTOS, H. G. et al.. **Proposta de Revisão e Atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003, 56 p. (Embrapa Documentos, Solos; n. 53).

SCHWEINGRUBER, F. H. **Der Jahrring: standort, methodik, zeit und klima in der dendrochronologie**. Bern: Verlag Paul Haupt. 1983, 234 p.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Dordrech: D. Reidel, 1988, 273p.

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

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.

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.

TRIPODI, A. ARISTAN – **Curso de marcenaria**. (Boletim técnico). 2005. Disponível em: <<http://www.artisan.com.br/>>. Acesso: 10 out. 2005.

ANEXOS

ANEXO A – Correlações entre as variáveis meteorológicas e as árvores estudadas de quatro espécies nativas, para o período de 1969 -2000, no município de Santa Maria – RS.

Correlação de Pearson

Mês	Variável	C1	C2	C3	S1	S2	L1	L2	E1	E2	C	S	L	E	M
A	P4A	-0.2321	-0.26807	-0.29877	-0.36722	-0.28382	-0.17727	-0.23728	-0.03276	-0.09594	-0.29576	-0.31858	-0.21524	-0.06855	-0.24736
M	P5A	-0.01311	-0.03129	-0.22921	-0.00605	0.013585	-0.16365	-0.16122	-0.03137	-0.04569	-0.09899	0.006049	-0.16598	-0.03967	-0.08315
J	P6A	-0.0101	-0.00889	-0.19136	0.064824	0.018029	-0.37558	-0.33146	-0.04268	-0.01839	-0.07444	0.036397	-0.35913	-0.02937	-0.12107
J	P7A	0.03643	0.024034	-0.1536	0.235078	0.259301	-0.01732	0.043059	-0.0246	-0.00749	-0.03257	0.251956	0.016444	-0.01518	0.093824
A	P8A	-0.09785	-0.04501	-0.0717	0.322797	0.226273	-0.04137	0.052357	-0.16012	-0.13698	-0.07416	0.265683	0.010715	-0.14842	0.052135
S	P9A	-0.06891	-0.08784	-0.24063	-0.05923	-0.08392	-0.12964	-0.05882	-0.09607	-0.09183	-0.14516	-0.07498	-0.09251	-0.09447	-0.08977
O	P10A	0.172084	0.183744	0.183814	0.302606	0.316011	0.335413	0.28972	0.320672	0.285469	0.199065	0.313335	0.317161	0.303502	0.343874
N	P11A	-0.0395	-0.05373	-0.18088	0.05129	-0.01349	-0.14654	-0.13153	-0.03778	-0.03415	-0.0999	0.011628	-0.14137	-0.03605	-0.05742
D	P12A	0.061642	0.072062	0.120316	-0.13909	-0.13754	0.118175	0.03369	0.183421	0.111386	0.093387	-0.13925	0.073056	0.144421	0.028014
J	P1	0.366473	0.370678	0.214267	0.242809	0.280064	0.317757	0.309969	0.216086	0.193123	0.351963	0.267812	0.32055	0.204943	0.322843
F	P2	0.335334	0.32698	0.290916	0.401379	0.368148	0.294049	0.240378	0.325413	0.281144	0.349851	0.384053	0.270347	0.303185	0.392475
M	P3	-0.25753	-0.26227	-0.23182	-0.23769	-0.23321	-0.22583	-0.24081	-0.19904	-0.20249	-0.27679	-0.23683	-0.23942	-0.20261	-0.2661
A	P4	-0.00842	-0.04686	-0.19646	-0.16474	-0.20506	-0.17368	-0.25428	0.046327	0.004901	-0.0933	-0.19101	-0.22321	0.023416	-0.12722
A	T4A	0.314566	0.286288	-0.07253	0.027331	0.080201	0.244252	0.244692	0.328472	0.281887	0.197007	0.060259	0.250034	0.304967	0.218107
M	T5A	0.443649	0.430158	0.212244	0.408534	0.406494	0.17004	0.208029	0.40203	0.411315	0.400887	0.410561	0.195384	0.410537	0.406828
J	T6A	0.071009	0.053786	0.019975	0.319725	0.281543	0.058319	0.046287	0.033388	0.020218	0.052276	0.298678	0.052834	0.026257	0.13843
J	T7A	0.140733	0.183008	0.143515	0.296424	0.321741	0.092298	0.271346	-0.08988	0.071533	0.175517	0.314473	0.195682	0.000132	0.202279
A	T8A	0.32525	0.335497	-0.0223	0.013993	0.003009	0.185875	0.136074	0.355981	0.315101	0.240505	0.00731	0.161912	0.335908	0.2288
S	T9A	-0.09845	-0.0822	0.030813	0.169141	0.13732	-0.16095	-0.23407	-0.0941	-0.07178	-0.05538	0.150817	-0.20596	-0.08232	-0.03587
O	T10A	-0.13798	-0.16727	-0.22686	-0.22761	-0.12047	0.000943	-0.0596	0.029247	-0.04016	-0.19683	-0.16316	-0.03329	-0.00953	-0.08068
N	T11A	0.190088	0.173626	-0.29332	-0.2533	-0.16005	0.053305	0.018968	0.189669	0.194233	0.031412	-0.19766	0.035087	0.193785	0.038988
D	T12A	0.140222	0.111096	-0.09152	-0.10281	-0.0446	0.190708	0.090786	0.185013	0.148719	0.059332	-0.06763	0.138499	0.166121	0.099958
J	T1	0.030987	0.044675	-0.24379	0.016386	0.01389	0.020487	-0.03256	0.063584	-0.01871	-0.05639	0.014974	-0.00906	0.017838	0.004563
F	T2	0.129633	0.115794	-0.07249	0.088831	0.04184	-0.07665	0.010577	0.009144	0.041906	0.065166	0.060475	-0.02904	0.027637	0.039381
M	T3	0.057498	0.022676	0.022218	-0.10536	-0.09566	0.062567	0.121594	0.080067	0.109951	0.034818	-0.10021	0.097378	0.097523	0.029055
A	T4	0.154714	0.121751	-0.16587	-0.04119	-0.03808	-0.00608	-0.03408	0.306169	0.28702	0.04221	-0.0396	-0.02206	0.297906	0.092875

P4A, P5A, P6A, P7A, P8A, P9A, P10A, P11A, P12A: precipitação pluviométrica dos meses de abril a dezembro anterior ao período de crescimento. P1, P2, P3, P4: precipitação pluviométrica dos meses de janeiro a abril do período de crescimento. T4A, T5A, T6A, T7A, T8A, T9A, T10A, T11A, T12A: temperatura mensal dos meses de abril a dezembro anteriores ao período de crescimento. T1, T2, T3, T4: temperatura dos meses de janeiro a abril do período de crescimento. C1, C2, C3: árvores de *Cedrela fissilis*, E1, E2: árvores de *Enterolobium contortisiliquum*, L1, L2: árvores de *Luehea divaricata*, S1, S2: árvores de *Schefflera morortotnij*, C, S, L, E, M: médias de cedro, caixeta, açoita-cavalo, timabúva e média geral, respectivamente. Os valores em negrito representam as correlações significativas ao nível de 10% de probabilidade de erro.