

**DENDROECOLOGIA DE UM POVOAMENTO DE *Cryptomeria japonica* (L. F.) Don.
COM 25 ANOS DE IDADE NO SUL DO BRASIL**

**DENDROECOLOGY OF A 25 YEARS OLD *Cryptomeria japonica* (L. F.) DON. STAND IN
SOUTHERN BRAZIL**

Mário Dobner Jr.¹ Paulo André Trazzi¹ Antonio Rioyei Higa²

RESUMO

Cryptomeria japonica é originária da região temperada do Japão onde é conhecida como ‘sugi’. No Brasil, o plantio da espécie é recomendado em regiões altas e frias do sul do país, onde possui boa adaptação às condições edafoclimáticas. O objetivo do trabalho foi avaliar as correlações entre variáveis meteorológicas e o crescimento de um povoamento de *Cryptomeria japonica* com 25 anos de idade. Para tal, foram coletados discos transversais de 30 diferentes árvores, compreendendo toda a amplitude de variação diamétrica. Após secos e lixados, os discos tiveram seus anéis anuais de crescimento medidos e correlacionados com dados meteorológicos, utilizando ferramentas de análise dendrocronológica. As séries de crescimento apresentaram uma intercorrelação de 0,668. O crescimento radial da espécie foi influenciado positivamente pela temperatura mínima do mês de setembro e pela temperatura média do mês de maio. Não houve correlação significativa do crescimento com a precipitação, embora tenham sido verificados picos de crescimento em anos mais chuvosos.

Palavras-chave: pinheiro-japonês; dendrocronologia; anéis de crescimento.

ABSTRACT

Cryptomeria japonica is indigenous to the temperate region of Japan, where it is known as ‘sugi’. In Brazil, the plantation of this species is recommended for the highlands and cold regions in the southern, where it is well adapted to the edaphoclimatic conditions. The aim of the study was to evaluate the correlation between meteorological variables and growth of a 25 years old *Cryptomeria japonica* stand. Cross-sectional discs from 30 different trees were collected, within all diametric classes. After dried and sanded, annual rings were measured and correlated with meteorological data by dendrochronological analysis tools. The growth series showed an intercorrelation of 0.668. The radial growth of the species was positively influenced by the minimum temperature of September and by the medium temperature of May. There was no correlation between growth and precipitation, although peaks of growth were observed in years with high precipitation.

Keywords: Japanese pine; dendrochronology; growth rings.

INTRODUÇÃO

Cryptomeria japonica é originária da região temperada do Japão onde é conhecida como ‘sugi’, ocorrendo naturalmente entre 600 e 1.800 metros de altitude, em clima caracterizado por invernos frios, com ocorrência de neve, e verões moderadamente

quentes (EMBRAPA, 1988).

No Japão, a espécie cresce bem em locais de temperatura média entre 12 e 14°C, com pluviosidade anual acima de 2.000 mm (ALVES et al., 1984). Santos et al. (2000) recomendam o plantio de *Cryptomeria japonica* em regiões altas e frias no sul do Brasil, onde apresenta rápido crescimento e

1 Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. dobnerjr@gmail.com / patrazzi@hotmail.com

2 Engenheiro Florestal, Ph.D., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. antonio.higa@gmail.com

boa adaptação às condições edafoclimáticas.

Shimizu e Maiochi (2007) afirmam que se trata de uma espécie sensível à qualidade do sítio e que, um plantio estabelecido no município de Cantagalo, estado do Paraná, apresentou o melhor crescimento entre diferentes locais no mesmo estado. Segundo os mesmos autores, tal desempenho foi reflexo dos níveis mais elevados de fertilidade química do solo e precipitação.

A análise da influência dos fatores ambientais no crescimento anual das árvores tem como premissa o 'princípio do fator limitante', descrito por Tomazello F^o et al. (2001). De acordo com este princípio, o crescimento de uma árvore é sempre controlado por determinados fatores externos (água, luz, temperatura, etc.) e demais fatores internos (genótipo, fito-hormônios, etc.).

O entendimento de como indivíduos, de uma determinada espécie florestal, respondem às variáveis meteorológicas é importante também para decisões relacionadas à silvicultura e para a análise de possíveis efeitos de mudanças climáticas no crescimento das mesmas.

Schweingruber (2007) relata que condições ambientais extremas, tais como secas e períodos de frio, limitam o crescimento definindo camadas de crescimento, permitindo, assim, o estudo do efeito das variações ambientais no crescimento do tronco das árvores, também conhecido como dendroecologia.

Diversos trabalhos realizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, comprovam a formação de anéis anuais de crescimento de diversas espécies (SEITZ, 1988; SEITZ e KANINNEN, 1989; TOMAZELLO F^o et al., 2004; IWASAKI-MAROCHI, 2007; MEDEIROS et al., 2008, MATTOS et al., 2010; RAUBER, 2010; OLIVEIRA et al., 2009, 2010, 2011), mostrando o potencial dessa região para o desenvolvimento de estudos dendrocronológicos.

O objetivo do trabalho foi avaliar as correlações entre variáveis meteorológicas e o crescimento de um povoamento de *Cryptomeria japonica* com 25 anos de idade na Região Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de coleta do material para o presente estudo pertence à empresa Florestal Gateados Ltda., e está localizada no município de Campo Belo do Sul, Santa Catarina, dentro da Região Bioclimática 1 do estado de Santa Catarina (EMBRAPA, 1988).

O povoamento está localizado nas coordenadas 28°00'10" Sul e 50°48'57" Oeste, a 970 metros a.n.m, distante cerca de 50 km da cidade de Lages, em linha reta, sentido sudoeste.

De acordo com a classificação de Köppen, na área de estudo predomina o clima do tipo Cfb, mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estações secas definidas, com a ocorrência de geadas severas. Este tipo climático, comum no Planalto Meridional Brasileiro. O município de Lages apresenta temperatura média anual de 15,7°C, média mínima de 10,9°C, média máxima de 20,3°C, mínima absoluta de -7,4°C, com precipitação anual variando entre 1.481 mm e ocorrência de geadas entre 2 e 29 vezes por ano (EMBRAPA, 1988).

O povoamento de *Cryptomeria japonica* em estudo foi plantado em 1986, em terreno suave ondulado, utilizado como pastagem natural com queimas anuais até o momento do plantio das mudas. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m x 1,6 m. Em 1990, a sobrevivência era de 74%.

Na época da coleta dos discos, o povoamento com 25 anos de idade apresentava diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 27,2 cm, variando entre 14,0 e 39,1 cm. A área basal do povoamento era de 100,7 m² ha⁻¹, com 1.666 árvores por hectare. O estoque volumétrico totalizava 1.073 m³ ha⁻¹, o que significa um incremento médio anual (IMA) de 42,9 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Para a descrição do local e construção das correlações entre o clima e o crescimento das árvores foram utilizados dados da estação meteorológica pertencente à EPAGRI/CIRAM do município de Lages, SC. Valores médios mensais durante o período 1986 e 2011 são apresentados na Figura 1.

Foram coletados 30 discos transversais de 30 árvores, em julho de 2011, compreendendo toda a amplitude de variação diamétrica. A altura de coleta dos discos oscilou entre 0,2 e 0,4 m acima do nível do solo, evitando-se assim a deformação decorrente dos tecidos das raízes muito próximo da base das árvores.

Após secos em estufa, os discos foram lixados com o objetivo de tornar os anéis de crescimento mais visíveis. Em cada disco foram traçados quatro raios conectando a medula à casca, marcados com um ângulo de 90° entre si (TOMAZELLO F^o et al., 2001). A média dos quatro raios representa o ritmo de crescimento radial da árvore de forma acurada, uma vez que o primeiro raio foi marcado a 45° do maior raio, este não

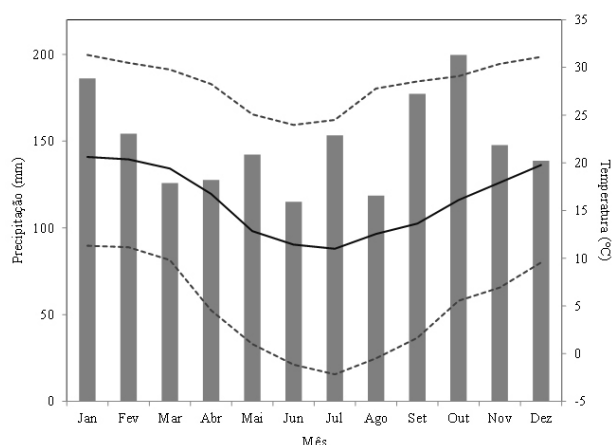


FIGURA 1: Precipitação (colunas), temperatura média (linha), temperaturas mínima e máxima (linhas tracejadas): valores médios mensais durante o período do experimento (1986-2011).

Fonte: EPAGRI/CIRAM

FIGURE 1: Rainfall (columns), mean temperature (line), minimum and maximum temperatures (dashed lines): mean monthly values during the whole experiment period (1986-2011).

Source: EPAGRI/CIRAM

utilizado para os cálculos.

Os discos foram então digitalizados e as espessuras dos anéis foram medidas com uma acurácia de 1/10 mm, utilizando o *software* Image Pro Plus, versão 4.5, para a plataforma Windows. Para as análises utilizou-se a média dos quatro raios medidos em cada disco (OLIVEIRA et al., 2010).

A codatação das sequências de crescimento das 30 árvores foi verificada com o auxílio do *software* COFECHA (HOLMES, 1996; GRISSINO-MAYER, 1997), analisando em cada teste períodos de 20 em 20 anos com defasagem de 10 anos. Tal amplitude de análise possui correlação crítica de 0,516 ($p < 0,01$) para a existência de similaridade entre os padrões de crescimento dos diferentes indivíduos.

A análise no *software* COFECHA compreendeu o período entre 1987 a 2010, com 22 a 24 anéis anuais de crescimento por árvore. Embora as árvores tenham sido cortadas em maio de 2011, o último anel de crescimento analisado teve seu início de crescimento na primavera de 2010, sendo este o ano base em termos dendrocronológicos.

As séries de crescimento foram padronizadas com o auxílio do *software* ARSTAN

(DPL), desenvolvido para ajustar modelos de autorregressão, gerando cronologias mestres para conjunto de dados, removendo assim a influência do crescimento com o aumento da idade das árvores e as alterações no crescimento em função da dinâmica do povoamento (COPENHEAVER et al., 2011).

Cada cronologia mestre gerada possui valores > 1 ou < 1 , significando períodos de crescimento acima ou abaixo da taxa de crescimento médio das árvores, respectivamente.

Os índices da largura dos anéis de crescimento obtidos na padronização das séries dendrocronológicas foram correlacionados com dados meteorológicos mensais: temperatura (mínima, média e máxima), precipitação acumulada, umidade relativa, número de dias com chuva e número de dias com geada.

A padronização das séries de crescimento e as análises subsequentes foram repetidas de forma isolada, agrupadas por classes diamétricas (dominantes: 30 - 39 cm; intermediárias 21 - 29 cm; suprimidas 14 - 20 cm), assim, representando diferentes taxas de crescimento e classes sociológicas.

As correlações entre séries dendrocronológicas e os dados climáticos foram investigadas com a aplicação de análises de regressão e correlação, com o auxílio do *software* RESPO (DPL), versão 6.0.

O período no qual foram testadas correlações entre as séries de crescimento e os dados climáticos foi de 1988 a 2010, por ser o período comum entre todos os indivíduos.

Estabeleceu-se que o último mês de crescimento foi maio, considerando os dados meteorológicos dos 10 meses anteriores ao término do período vegetativo. Utilizou-se como referência os resultados obtidos por Oliveira et al. (2009), que estudaram *Araucaria angustifolia* no Sul do Brasil e verificaram que a formação do lenho primaveril ocorre a partir de outubro, persistindo até março, quando se inicia a formação do lenho outonal, finalizando a formação do anel no mês de maio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando encontrar o padrão de crescimento diamétrico da espécie nas condições do estudo, todas as 30 séries dendrocronológicas foram analisadas em conjunto. Em virtude da baixa correlação das séries de crescimento de uma árvore suprimida, apenas 29 árvores foram utilizadas em todas as

análises.

As 29 séries de crescimento analisadas apresentaram uma intercorrelação de 0,668, superior ao valor crítico de 0,516 ($p < 0,01$), indicando existir correlação dependente positiva e significativa entre as séries, permitindo assim a construção de uma série dendrocronológica mestre, a qual representa o padrão de crescimento dessa espécie durante o período estudado (Figura 2-A).

Verifica-se na Figura 2-A, que o padrão de crescimento representado pelo índice de largura dos anéis anuais de crescimento, é crescente até o sexto ano de desenvolvimento (1992), quando atinge seu máximo. A partir do 14º ano de idade (ano 2000), o crescimento é inferior ao incremento médio do período estudado.

Ainda com relação à Figura 2-A, constata-se que, a partir de 2007, há uma tendência de aumento no índice de crescimento das árvores. Como não houve qualquer intervenção silvicultural no

povoamento durante todo o período, as alterações no padrão de crescimento, após iniciada a competição entre as árvores, podem estar relacionadas às variáveis climáticas. Segundo Copenheaver et al. (2011), cronologias geradas pelo ARSTAN são particularmente bem adaptadas para a detecção de sinais climáticos presentes no crescimento das árvores em povoamentos fechados.

Verifica-se na Figura 2-A e 2-B, que o pico de crescimento de 1998 ocorre no mesmo ano em que a precipitação acumulada é alta e, logo após um ano, também com precipitação acima da média. Assim, o maior crescimento observado em 1998 foi, possivelmente, reflexo do período com precipitação acima de 2000 mm.

Ainda com relação ao pico de crescimento de 1998, verifica-se nas Figuras 2-A e 2-C que tal comportamento coincidiu com um ano atípico de poucas geadas. Estas duas variáveis, precipitação e ocorrência de geadas, de forma conjunta, parecem

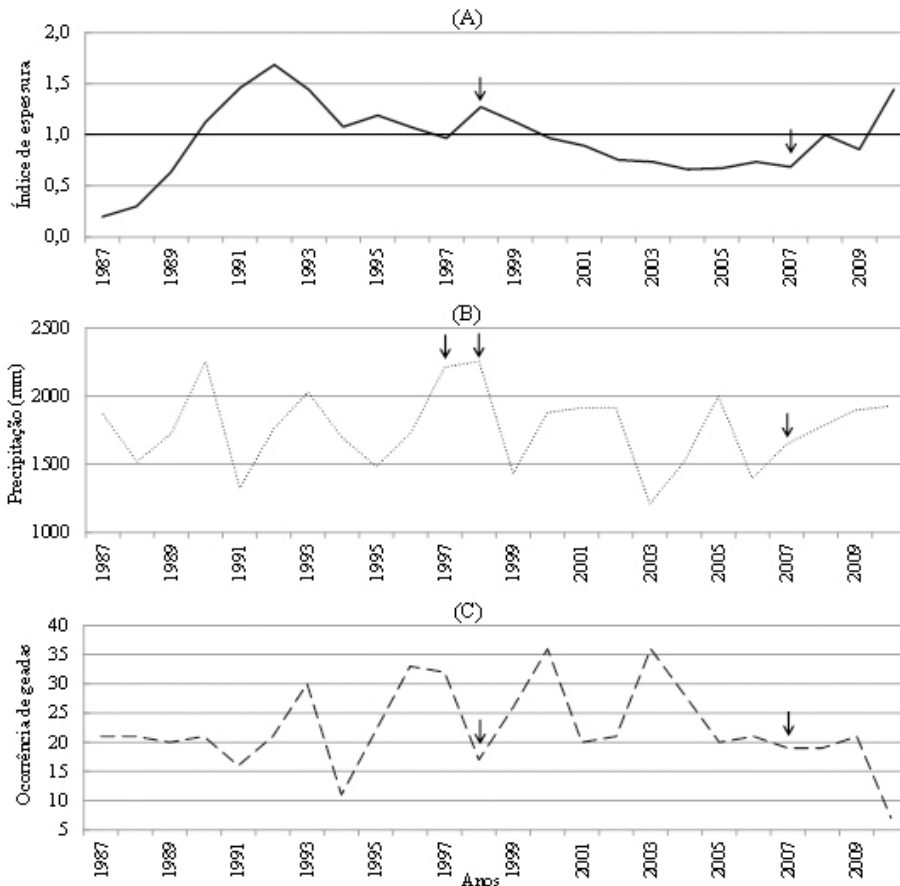


FIGURA 2: Cronologia mestre para as 29 árvores (A), Precipitação anual (B) e Número de dias com ocorrência de geadas por ano (C) para o período de 1987 a 2010.

FIGURE 2: Master chronology for the 29 trees (A), Annual Rainfall (B) and Number of days with frost occurrence (C) for the period from 1987 to 2010.

estar relacionadas ao maior crescimento de *Cryptomeria japonica* e podem explicar a tendência de aumento de crescimento a partir de 2007, quando se verifica um aumento constante na precipitação anual e um decréscimo do número de geadas por ano.

Embora tenham sido verificados picos de crescimento em anos mais chuvosos (Figura 2), a análise de correlação entre o comportamento de crescimento radial das árvores e a precipitação pluviométrica durante todo o período não detectou relações significativas entre as duas variáveis. Este resultado é, provavelmente, devido à ausência de períodos com restrição hídrica, conforme se verifica na Figura 1. A precipitação média mensal do período de estudo foi de 149 mm, variando entre 115 e 200 mm. Soccol et al. (2005) ao calcular o balanço hídrico para o município de Lages no período de 1925 a 2002, confirmaram não haver períodos de *deficit* hídrico na maior parte dos anos, porém, quando ocorrem, em intervalos de 3 ou 4 anos, os meses de maior frequência foram março e abril. Ullmann (1985), avaliando um período mais curto (1945 a 1985) obteve resultados semelhantes, com períodos de *deficit* hídrico pouco frequentes e,

quando presentes, ocorrendo nos meses de fevereiro e março. Deve-se ressaltar ainda que esses estudos referem-se a culturas anuais, cujo sistema radicular é mais superficial e, portanto, mais sensível a períodos de menor precipitação.

A análise de correlação entre o padrão de crescimento de todas as árvores, cronologia mestre e os dados mensais de temperaturas mínimas, médias e máximas podem ser observados na Figura 3.

Verifica-se na Figura 3 que a temperatura mínima do mês de setembro, início do período vegetativo, está significativamente e positivamente correlacionada (0,461; $p < 0,05$) ao crescimento das árvores de *C. japonica*. Isto significa que, quanto maior a temperatura mínima do mês de setembro, maior o crescimento das árvores. Portanto, o crescimento responde positivamente em anos com menor ocorrência de geadas tardias, frequentes na região de estudo.

Segundo Larcher (1975), a ocorrência de geadas iniciais ou tardias, no outono ou primavera, é mais prejudicial por atingir as plantas pouco rustificadas. Bowers (1994) reforça esta afirmação, relatando que, na primavera, a planta volta a crescer normalmente e fica mais vulnerável aos efeitos

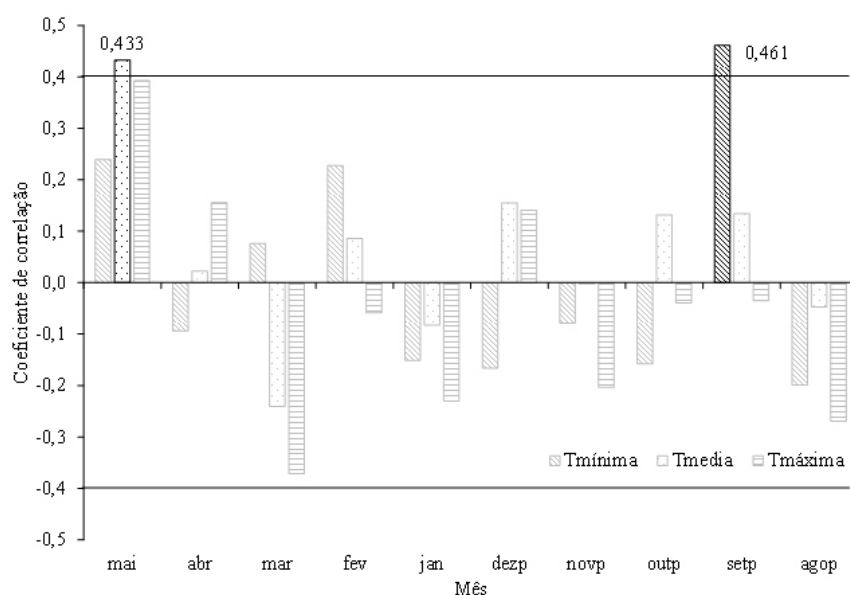


FIGURA 3: Coeficientes de correlação entre o padrão de crescimento de todas as árvores e os valores mensais das temperaturas mínima (Tmínima), média (Tmédia) e máxima (Tmáxima). Limites de significância ($\pm 0,404$; $p < 0,05$) foram destacados. A abreviatura dos meses seguida da letra “p” indica o mês do ano prévio.

FIGURE 3: Correlation coefficients between growth index and minimum (Tmínima), mean (Tmédia) and maximum (Tmáxima) temperatures. Significance boundaries (± 0.404 ; $p < 0.05$) were highlighted. Month abbreviations followed by a “p” indicate the month of the previous year.

das geadas. Dobner Jr. et al. (2009), em estudo próximo ao povoamento de *C. japonica*, relatam a ocorrência de geadas a partir do mês de maio. Entretanto, esses autores afirmam que as geadas mais severas ocorreram no final do mês de agosto e início do mês de setembro, corroborando com a justificativa apresentada para o melhor desempenho de *C. japonica* na área de estudo, associada à menor incidência de geadas tardias.

Constatou-se ainda que a temperatura média do mês de maio atou como fator importante no crescimento radial das árvores (0,433; $p < 0,05$). Infere-se com isso que as características climáticas do mês de maio influenciam o momento de transição de produção do lenho inicial para o tardio. Nos anos em que o mês de maio foi mais quente, a produção de lenho inicial se estendeu, formando um anel de crescimento mais largo.

A correlação positiva entre o crescimento e as temperaturas mínima de setembro e média de maio indica uma forte relação do crescimento radial de árvores de *C. japonica* com o tamanho do período vegetativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2009), os quais relatam que o crescimento secundário de *Araucaria angustifolia* é determinado, principalmente, pelo comprimento do dia e temperatura, variáveis estas altamente associadas à evapotranspiração.

Da mesma forma, Oliveira et al. (2009) encontraram correlações significativas entre o crescimento de *Araucaria angustifolia* e a temperatura, porém, não com a precipitação. Já Figueiredo F^o (2003), estudando espécies nativas da Floresta Ombrófila Mista, encontrou correlações do incremento diamétrico tanto com a temperatura como com a precipitação, esta, porém, de forma mais pronunciada.

Um estudo semelhante, avaliando indivíduos de *Cryptomeria japonica* na sua região de ocorrência natural no Japão, diferentemente do presente trabalho, concluiu que o estresse hídrico na primavera e verão do ano corrente e do verão e outono anteriores ao período de crescimento, são os principais fatores determinantes do crescimento radial (KOJO, 1987).

Foram avaliadas ainda as variáveis ‘número de dias de chuva’ e a ‘umidade relativa’ sem, contudo, apresentar correlação significativa com o crescimento radial.

Classes sociológicas

Árvores dominantes

A análise das árvores dominantes resultou uma cronologia mestre com intercorrelação de 0,737. Tal valor é superior à intercorrelação de todas as árvores, o que indica um padrão de crescimento semelhante entre as árvores de maior DAP. Da mesma forma que a análise de todas as árvores em conjunto, o crescimento das árvores dominantes não apresentou correlação significativa com a precipitação. Verificou-se ainda correlação positiva do crescimento com a temperatura mínima do mês de setembro (0,434; $p < 0,05$) e, no mês de maio, com as temperaturas média (0,525; $p < 0,05$) e máxima (0,446; $p < 0,05$).

Diferentemente da análise conjunta, detectou-se para as árvores dominantes correlação negativa do número de dias de chuva do mês de janeiro (-0,407; $p < 0,05$), mês com a segunda maior precipitação média durante o período estudado. Este resultado pode estar relacionado à limitação do crescimento em virtude da alta nebulosidade dos dias chuvosos.

O entendimento do crescimento deste grupo de árvores, relacionado às variáveis climáticas, permite inferir sobre um provável comportamento de povoamentos manejados para a produção de madeira de maiores diâmetros (com a realização de desbastes, por exemplo).

Árvores Intermediárias e Suprimidas

A análise das árvores intermediárias apresentou padrão de crescimento com intercorrelação de 0,611. Para este grupo, a temperatura mínima do mês de setembro (0,436; $p < 0,05$) foi o principal fator climático relacionado ao crescimento radial das árvores.

As árvores suprimidas apresentaram série mestre com o menor valor de intercorrelação (0,559) dentre as classes, indicando que o crescimento dos seus representantes está sujeito à maior variação entre os indivíduos de uma mesma classe sociológica. Tal variação pode estar relacionada às condições específicas de cada indivíduo, por exemplo, a maior ou menor proximidade com uma árvore dominante. Independentemente desta particularidade, as árvores pertencentes a esta classe tiveram seu crescimento afetado pelas mesmas variáveis destacadas para a classe intermediária. Merece destaque a correlação

do crescimento das árvores suprimidas com a temperatura mínima do mês de setembro, com o maior valor entre as classes (0,472), indicando a maior vulnerabilidade dos indivíduos desta classe às geadas tardias.

A diferença de comportamento entre os indivíduos das classes sociológicas remete ao fato de que seus crescimentos são influenciados, provavelmente, por outros fatores que não apenas os climáticos. A competição entre árvores é uma variável importante neste contexto, conforme relatado por Lisi et al. (2008).

CONCLUSÕES

O crescimento radial de *Cryptomeria japonica* em povoamentos puros no Sul do Brasil é influenciado positivamente pela temperatura mínima do mês de setembro e pela temperatura média do mês de maio, início e término do período vegetativo, respectivamente.

Não houve correlação significativa do crescimento das árvores com a precipitação.

Árvores dominantes, quando analisadas isoladamente, além das demais variáveis observadas na análise conjunta, têm seu crescimento influenciado negativamente com o número de dias chuvosos do mês de janeiro.

Dentre as classes sociológicas estudadas, as árvores suprimidas têm seu crescimento mais fortemente afetado pela temperatura mínima do mês de setembro, indicando a maior vulnerabilidade dos indivíduos desta classe às geadas tardias.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Empresa Florestal Gateados Ltda. e ao Prof. Dr. Rudi Arno Seitz (*in memoriam*) pela implantação, manutenção e guarda da área experimental durante o período do experimento. Ao Prof. Mário Tomazello Filho, Prof. Titular do Departamento de Ciências da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' da Universidade de São Paulo. À CAPES pela concessão de bolsas de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. T. et al. Teste de procedência de *Cryptomeria japonica* em três regiões do Estado do Paraná. Curitiba: **Embrapa CNPF**, 1984. 3 p. (EMBRAPA-URPFS. Pesquisa em andamento,

n. 40).

BOWERS, M. C. Environmental Effects of Cold on Plants. In: Wilkinson, R.E. **Plant-Environment Interactions**. Georgia: Marcel Dekker Inc, 1994. p.391 - 411.

COPENHEAVER, C. A.; CRAWFORD, C. J.; FEARER, T. M. Age-specific responses to climate identified in the growth of *Quercus alba*. **Tree**, v. 25, n. 4, p. 647 - 653, 2011.

DOBNER JR., M.; HIGA, A. R.; SEITZ, R. A. Efeito da cobertura de *Pinus taeda* L. na proteção contra geadas e no crescimento de plantas jovens de *Eucalyptus dunnii* MAIDEN. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 807 - 823, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro Nacional de Pesquisas Florestais – CNPF **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA. 1988. p. 113.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Irati, v. 5, n. 1, 2003.

GRISSINO-MAYER, H. D. Computer assisted, independent observer, verification of tree-ring measurements. **Tree Ring Bulletin**, v. 54, p. 29 - 41, 1997 disponível na 'Dendrochronology Program Library' – DPL no endereço <http://www.ltrr.arizona.edu/pub/dpl/>.

HOLMES, R. L. The dendrochronology program library. In: GRISSINO-MAYER, H. D., HOLMES, R. L., FRITTS, H. C. **International Tree Ring Data Bank: User's Manual**. Laboratory of Tree Ring Research University of Arizona Tucson, 1996.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* – Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

KOJO, T. A dendrochronological Study of *Cryptomeria japonica* in Japan. **Tree-ring Bulletin**, v. 47, 1987.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. 252 p.

LISI, C. S. et al. Tree ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA**, n. 29, p. 189 - 207, 2008.

MATTOS, P. P. de. et al. Aceleração do crescimento

- em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319 - 326, 2010.
- MEDEIROS, J. G. S. et al. Tree ring characterization of *Araucaria columnaris* Hook and its applicability as a lead indicator in environmental monitoring. **Dendrochronologie**, n. 26, p. 165 - 171, 2008.
- NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre Fatores Climáticos e Incremento em Diâmetro de *Zonhoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na Região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Embrapa Florestas, Colombo - PR, v. 45, p. 41 - 55, 2002.
- OLIVEIRA, B. R. U. de. et al. Correlações dendroclimatológicas do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na região de Rio Claro, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 499 - 508, 2011.
- OLIVEIRA, J. M. ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the Southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, n. 2, p. 134 - 147, 2010.
- OLIVEIRA, J. M. et al. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, n. 23, p. 107 - 115, 2009.
- RAUBER, R. C. **Dendroecologia de *Cedrela Fissilis* Vell. (Meliacea) 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, RS, 2010.
- SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1 - 15, 2000.
- SEITZ, R. A. Utilidade da dendrocronologia na silvicultura. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1988, p. 130 - 140.
- SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, p. 170 - 174, 1989.
- SCHWEINGRUBER, F. H. **Wood structure and environment**. Berlin: Springer, 2007. 279 p.
- SHIMIZU, J. Y.; MAIOCHI, R. A. Criptoméria como espécie alternativa para produção de madeira no Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 63 - 70, 2007.
- SOCCOL, O. J. et al. Balanço hídrico para o município de Lages-SC. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Brasília : Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 2005.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicações dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (organizadores). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ, 2001. p. 117 - 143.
- TOMAZELLO FILHO, M. et al. Anatomical features of increment zones in different species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 46 - 55, 2004.
- ULLMANN, M. N. **Balanço hídrico para Lages – SC para culturas de raízes superficiais e moderada profundidade**. Lages: [s.n.], 20 p., 1985.