

DENDROCLIMATOLOGIA DA FLORESTA NACIONAL DE AÇUNGUI – PR

SOUZA, Táyla G.G.¹, SILVA, Aline C², PRESTES, Alan³

^{1,2,3} Universidade do Vale do Paraíba /IP&D - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento.

Rua Shishima Hifumi, 2911, Urbanova. São José dos Campos – SP.

¹ taylagabrielle@gmail.com, ² linecsilva2@hotmail.com, ³ prestes@univap.br

Resumo- O clima varia em diferentes escalas de tempos, o que produz importantes mudanças nos padrões de temperatura, umidade, precipitação. Por isso, é importante conhecer as variações climáticas e os fenômenos geofísicos ocorridos no passado. Assim, desenvolveu-se um estudo dendroclimático, com 18 amostras de *Araucaria angustifolia*, coletadas na Floresta Nacional de Açungui-PR, com o objetivo de compreender as informações de fenômenos geofísico, climáticos e solares registradas nas espessuras de anéis de crescimentos. A série dendrocronológica, de 1948 a 2004, foi analisada pelos métodos de ondeleta e ondeleta-cruzada. Destas análises, observou-se uma forte influência da variabilidade solar de 11 anos nos anéis de crescimento. Períodos de 2-8 anos encontrados nas séries de anéis de crescimento estão relacionados à ocorrência de eventos El Niño/La Niña, que causam mudanças no padrão de precipitação na região sul do Brasil. Também, observou-se uma resposta nos anéis de crescimento a mudanças na temperatura com período em torno de 11 anos.

Palavras-chave: Dendroclimatologia; Dendrocronologia; *Araucaria angustifolia*; e Anéis de crescimento.

Área do Conhecimento: Ciências exatas e da Terra.

Introdução

As variações climáticas causam importantes mudanças nos padrões de temperatura, umidade, precipitação. Na Terra, vários fenômenos geofísicos ou biológicos, registram sua própria história em amostras naturais, cuja análise fornece dados sobre o passado (RIGOZO, 1994).

Em pesquisas de ciências ambientais a qualidades dos registros em anéis de crescimento de árvores, deu origem ao desenvolvimento da dendrocronologia e da dendroclimatologia (FRITTS, 1976). Nesses estudos, é possível obter dados do passado, por meio de árvores que registram em seus anéis de crescimento anuais a memória das variações climáticas do ambiente onde vivem.

Estudos das relações Sol-Terra, na região sul do Brasil, apresentaram sinais climáticos e do ciclo solar de 11 anos em anéis de crescimento de coníferas. Também a região sul, sofre forte influência do El Niño/La Niña, fenômeno que causa variação na distribuição das chuvas.

Assim, com o objetivo de compreender as informações de fenômenos geofísicos, climáticos e

solares registradas nas espessuras de anéis de crescimentos, desenvolveu-se um estudo dendroclimatológico, com 18 amostras de *Araucaria angustifolia*, coletadas na Floresta Nacional de Açungui-PR. Dessas amostras, obteve-se uma série dendrocronológica média da região, com período de 1948 a 2004, que foi analisada pelos métodos de ondeleta e ondeleta-cruzada.

Metodologia

Objeto de estudo: A espécie florestal *Araucaria angustifolia* foi selecionada devido as características morfológicas e anatômicas da madeira, a área de ocorrência e potencial dendrocronológico. São Araucárias de reflorestamento com idade entre 34 anos a 56 anos, assim as séries dendrocronológicas vão de 1948 a 2004. É possível observar na madeira os anéis de crescimento em diferente coloração, o lenho inicial é mais claro e o lenho tardio mais escuro (figura 1).



Figura 1: Anatomia dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia*

Local de coleta das amostras: Foi selecionada a Floresta Nacional de Açungui, situada no município de Campo Largo, no estado do Paraná.

Coletas das amostras: As amostras de araucárias (*Araucaria angustifolia*) foram coletadas, sob licença do IBAMA, pelo professor Dr. Alan Prestes no ano de 2005. Foram retiradas amostras de 18 indivíduos vegetais. Para cada árvore foram coletadas em média de 3 a 4 amostras de baquetas.

Para a coleta das amostras foi utilizado o método não-destrutivo. Nesse método um trado de aço (Sonda de Pressler) retira cilindros (“baqueta”) de madeira das árvores vivas, através de uma incisão no tronco a 1,30 m de altura (DAP- diâmetro da altura do peito), no sentido casca-medula. A figura 2 exemplifica o método de coleta e as amostras extraídas.



Figura 2: Exemplo do método de coleta e a amostra extraída

As amostras foram coladas em suporte e polidas para obter as séries dendrocronológicas. A figura 3 apresenta uma das amostras pós-tratamento.

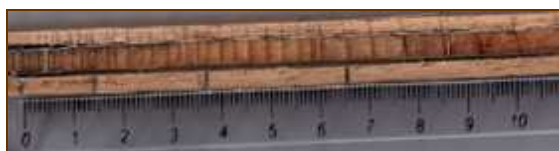


Figura 3: Amostras pós-tratamento

Dados climáticos e solares: Os dados utilizados foram as séries de atividade solar (obtido do centro de dados do Sunspot Index Data Center em Bruxelas, Bélgica); a série de anomalia de temperatura entre 24° a 44° sul (obtido do

Goddard Institute for Space Studies, NASA); o Índice de Oscilação SUL - SOI (obtido do Instituto de Pesquisa Climática da Universidade do Leste do Reino Unido).

Obtenção das séries cronológicas: O estudo foi realizado no Laboratório de Registro Naturais, localizado no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba. As amostras foram examinadas sob microscópio estereoscópico e iluminação de fibra ótica e foram digitalizadas. No software *Image Tool* (Copyright © 1992-2002 UTHSCSA. All Rights), as espessuras dos anéis de crescimento foi mensurado no sentido medula casca. No programa “Origin 7.0” (Copyright © 1991-2003 Oring Lab Corporation) foram obtidos os gráficos, a cronologia de cada árvore sem a tendência natural de crescimento, e posteriormente a cronologia média do sítio em estudo. A média das amostras minimiza variações individuais e resalta as variações comuns.

Métodos de análise dos resultados: A cronologia média do sítio foi comparada com dados geofísicos, da atividade solar e climáticos por meio de análise matemática, pelo método espectral por ondeletas. Esse método, conhecido como wavelets, realiza a procura de periodicidades e a extração de funções não periódicas das sub-séries analisadas ao longo da série principal (RIGOZO et al., 2001). O conjunto de valores para o parâmetro fornece assim, uma representação bidimensional do sinal no tempo (espaço) e em escala (frequência ou número de onda).

Análises por ondeletas (Wavelets) e ondeleta cruzada: Utilizou-se a análise por ondeleta para detectar sinais embutidos nas séries temporais. Nos mapas das ondeletas, apresentados nos resultados, o eixo Y representa a escala (períodos) das ondeletas em anos, o eixo X é o tempo, também em anos, e a escala de cores indica a amplitude no espectro. As periodicidades significativas com 95% de confiança são delimitadas por linhas brancas. O mapa de ondeletas também apresenta uma região de influência (curva parabólica preta), no qual a região externa apresenta os efeitos de bordas da série temporal. Assim, somente a região dentro do

cone de influência deve ser analisada (TORRENCE e COMPO, 1998).

aproximadamente. Já o período de 11 anos está presente no intervalo de 1960-1990.

Resultados

Série temporal média de anéis de crescimento: A figura 4 apresenta a média das 18 séries temporais da Floresta Nacional de Açungui sem a tendência de crescimento.

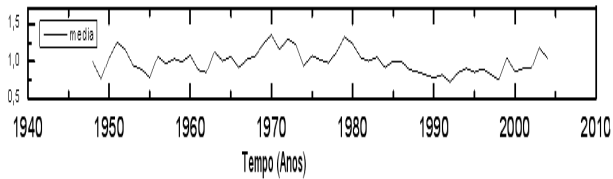


Figura 4: Série dendrocronológica média da Floresta Nacional de Açungui sem a tendência de crescimento.

Séries geofísicas e climatológicas: A figura 5 apresenta o Índice médio da largura de anéis; a Anomalia de temperatura entre as latitudes de 24° a 44°; o Índice de Oscilação Sul, SOI; e o Número anual de manchas solares;

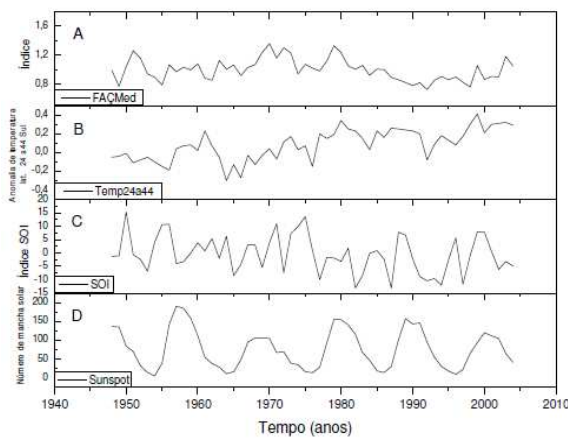


Figura 5: A: Índice da largura de anéis; B: Anomalia de temperatura entre as latitudes de 24° a 44°; C: Índice de Oscilação Sul, SOI; D: Número anual de manchas solares;

Espectro de ondeleta na série cronológica média: A figura 6 apresenta a série cronológica média dos anéis de crescimento de 1948 a 2004, e seu espectro da ondeleta de Morlet, para os períodos variando de 2 a 33 anos. Pode-se observar que a periodicidade, variando de ~2-4 anos, está presente em três faixas de intervalo de tempo: 1960-1965, 1970-1982 e 1996-2000,

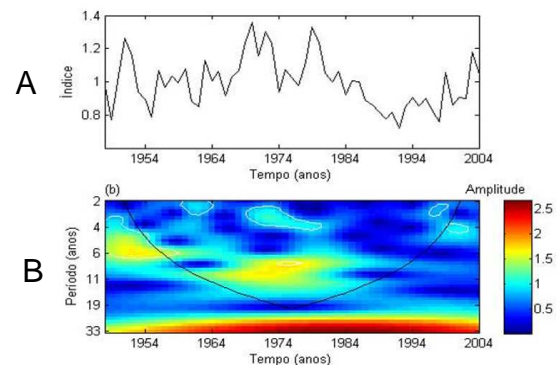


Figura 6: A: Cronologia média da largura dos anéis de crescimento; B: Espectro de ondeleta com o cone de influência (curva preta), nível de confiança de 95% (contorno branco) e a escala de cores que indica a potência cruzada.

Espectro de ondeleta-cruzada entre o número de manchas solares e os anéis de crescimento de árvores: Na figura 7 observa-se que o período de 11 anos da atividade solar está presente em praticamente todo o intervalo entre 1948 e 2004, indicando uma forte resposta dos anéis de crescimento às variações na atividade solar. Entre os anos de 1956 a 1986, foi registrada uma maior influência como observado pelo espectro de amplitude.

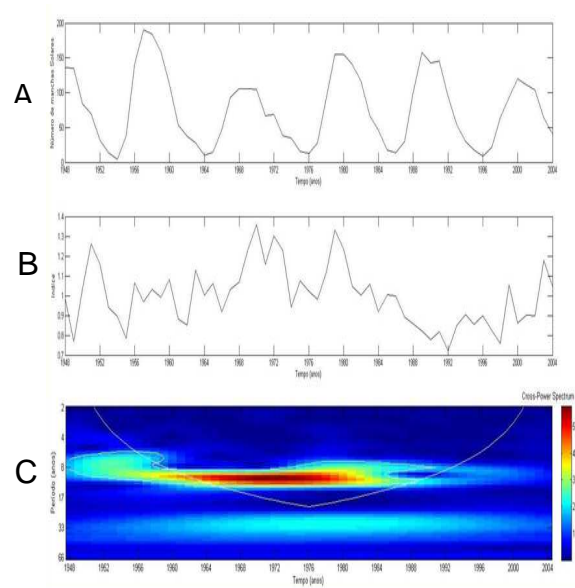


Figura 7: A - Número de manchas solares; B - Índice de anéis de crescimento; C - Mapa de ondeleta-cruzada entre o número de manchas solares e os anéis de crescimento de árvores, com

o cone de influência (curva branca), nível de confiança de 95% (contorno branco), e a escala de cores que indica a potência cruzada.

Espectro de ondeleta-cruzada entre o Índice de Oscilação Sul (SOI) e os anéis de crescimento de árvores: A figura 8 apresenta regiões de confiança, que são os períodos esporádicos entre 2-8 anos. Observa-se que as periodicidades evoluíram com o tempo. Até 1962 o períodos característicos relacionados ao SOI apresentou uma periodicidade na banda de 4 a 8 anos, de aproximadamente 1968 a 1976 os períodos encontravam-se entre 2 a 4 anos, de aproximadamente 1978 a 1982 estavam entre 4 a 6 anos, e a partir de aproximadamente 1996 apresentaram periodicidade na banda de 3 a 6 anos.

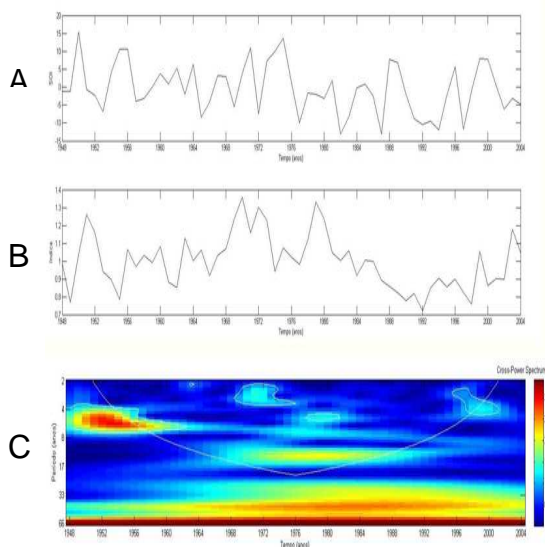


Figura 8: A- Índice de Oscilação Sul; B-Índice de crescimento; C- Mapa de ondeleta-cruzada entre o Índice de Oscilação Sul e os anéis de crescimento de árvores, com o cone de influência (curva branca), nível de confiança de 95% (contorno branco) e a escala de cores que indica a potência cruzada.

Espectro de ondeleta-cruzada entre o número de anomalia de temperatura e os anéis de crescimento de árvores: Na figura 9 a região de confiança esta na banda de 8 a 12 anos entre 1962-1984.

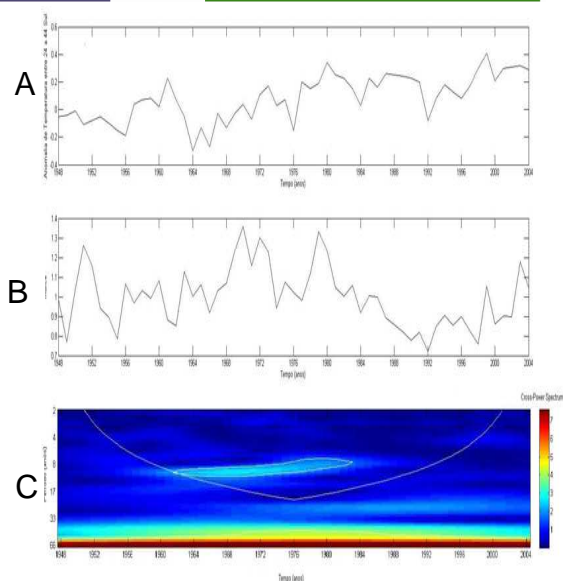


Figura 9: A- Anomalia da temperatura entre 24º e 44º sul; B-índice de crescimento; C- Mapa de ondeleta-cruzada entre a anomalia da temperatura e os anéis de crescimento, com o cone de influência (curva branca), nível de confiança de 95% (contorno branco) e a escala de cores que indica a potência cruzada.

Discussão

Como nos estudos de Prestes (2009), Nordemann e Rigozo (2003) e Fritts (1976), foi possível identificar variações de atividade solar, eventos El Niño/La Niña e variações na temperatura registradas nos anéis de crescimento das araucárias da região.

Variabilidade solar

O emprego de anéis de crescimento de coníferas no estudo das relações Sol-Terra, deve-se a estudos preliminares apresentarem indícios de sinais climáticos e do ciclo solar de 11 anos (KURTHS et.al., 1993; NORDEMANN et.al., 2002; NORDEMANN e RIGOZO, 2003; RIGOZO et.al, 2004). Podemos observar uma influência solar no período entre 1956 a 1986 na figura 7. Da mesma forma, nos estudos de Rigozo et. al. (2002; 2003) e Prestes (2009), foi possível observar uma alta correlação entre as séries dendrocronológicas do Rio Grande do Sul e o números de manchas solares. Os autores relatam que os anéis de crescimento de árvores têm uma melhor resposta em épocas de atividade solar mais intensa.

Índice de Oscilação Sul

Segundo Oliveira (1971), os valores negativos e positivos do Índice de Oscilação Sul (SOI) são indicadores da ocorrência do El Niño e La Niña respectivamente. Nesse estudo, assim como em estudos de Rigozo et. al. (2003) e Prestes (2009), foi identificada influência de eventos El Niño/La Niña na região sul do Brasil que mostram ser não estacionários, alternando as periodicidades, estando presente em algum tempo e ausente em outros. Na figura 8, pode-se observar sinais do Índice de Oscilação Sul impressos nos anéis de crescimento. Nessa figura pode-se comparar a relação de maior crescimento nos períodos de El Niño (valores negativos), devido à maior disponibilidade de água, pois esse fenômeno segundo Molion (2005), induz secas no nordeste e fortes chuvas com inundações no sul do Brasil. E também, um menor crescimento registrado nos anéis nos períodos de La Niña (valores positivo), quando esse fenômeno, ainda segundo Molion (2005), induz secas no sul e chuvas frequentes no nordeste brasileiro.

Considerando-se esses fatos, pode-se inferir, que a água, para essa espécie, é um fator limitante para o desenvolvimento. E nessa região, sendo o ENSO, um fenômeno de maior controle no regime pluviométrico, é possível reconhecer uma relação entre o crescimento das araucárias e o Índice de Oscilação Sul. No século XV, segundo Fritts (1976), Leonardo da Vinci, já relacionava as chuvas ao crescimento das árvores.

Temperatura

De acordo com Raven (1999), as plantas não crescem com a mesma velocidade em todas as épocas, durante as estações com condições desfavoráveis, elas limitam ou cessam seu crescimento. Em temperaturas abaixo do mínimo requerido, podem entrar em dormência, induzidas por hormônios, que modificam as respostas das plantas ao meio. As araucárias, diante dessas condições limitantes da região em determinadas épocas, entram em período de dormência e registram em seus anéis de crescimento informações importantes sobre quais anos foram desfavoráveis ao crescimento (espaços menores), e quais os favoráveis (espaços maiores). Observa-se na figura 9 que os sinais comuns entre as séries estão na banda de 8 a 12 anos, que

corresponde ao período médio de 11 anos da atividade solar, assim sendo, pode-se inferir que a atividade solar esta influenciando a temperatura e esta influencia os anéis de crescimento. Vários trabalhos têm mostrado que a periodicidade em torno de 11 anos encontrada em séries de temperatura está relacionada a atividade solar (Raspopov et. al., 2004).

Conclusão

As séries temporais das espessuras dos anéis de árvores de Açungui (PR), cobrindo intervalo de tempo de 1948-2004, e as séries geofísicas e climatológicas foram estudadas pela análise ondeleta e ondeleta-cruzada, permitindo:

- Identificar as características não estacionárias das periodicidades em cada série.
- Foram achadas fortes evidências da influência do ciclo solar de Schwabe (~11anos) na série dendrocronológica. O ciclo solar de 11 anos está presente nos anéis de árvores em praticamente todo intervalo de 1948 a 2004.
- Os curtos períodos (2-8 anos) encontrados nas análises são devidos, principalmente, a ocorrência de eventos El-Niño.
- Pode-se considerar que atividade solar pode exercer uma influência indireta sobre os anéis de crescimento, já que ela influencia a temperatura que por sua vez influencia no crescimento das árvores.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelo auxílio nos projetos: SILVA, Aline C. Pelo (2010/02265-3) e Prestes A. FAPESP - (2009/02907-8).

Referências Bibliográficas

- FRITTS, H. C., Tree rings and climate. London: Academic Press, 1976
- KURTHS, J.; SPIERING, C.; MÜLLER-STOLL, W.; STRIEGLER, U., Search for solar periodicities in Miocene tree ring widths. Terra Nova, v.5, p.359-363, 1993.
- MOLION, LUIZ CARLOS BALDICERO. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Revista Climatanálise*, Ano 3 N. 1, p.1-5, 2005. Disponível em: http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/Artigo_Aquecimento_0805.pdf

NORDEMANN, D. J. R.; RIGOZO, N. R., Árvores Contam Uma História do Sol. *Scientific American*, v. 2, n.14, p. 30-37, 2003.

NORDEMANN, D. J. R., RIGOZO, N. R., ECHER, E., VIEIRA, L. E. A. Solar activity and El Niño effects on Southern Brazil Araucaria ring widths (1955-1997). In: *International Conference on Dendrochronology*, 6., 2002. Québec City. *Proceedings...* Québec: [s.n], 2002 (Poster).

OLIVEIRA, G. S. O El Niño e você: o fenômeno climático. Transtec Editorial, São José dos Campos, Brasil, 1971.

PRESTES, A. Relação Sol-Terra estudada através de anéis de crescimento de coníferas do holoceno recente and do triássico. São José dos Campos: INPE, 2009. 148p.; (INPE-15).

RASPOPOV, O.M., DERGACHEV, V.A., SHUMILOV, O.I., KOLSTRÖM, T., LINDHOLM, M., MERILÄINEN, J., EGGERTSSON, Ó., VASILIEV, S.S., KUZMIN, A.V., YU KIRTSIDELY, I., KASATKINA, E.A. Dendrochronological evidence of longterm variations in solar activity and climate. In: *International Conference Tree rings and people*, Davos. *Proceedings...* Davos: Kaennel Dobbertin M., Bräker O.U. (eds.), 2001

RAVEN, P.R.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*, 6ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

RIGOZO, N. R., AND NORDEMANN, D. J. R. Análise por regressão iterativa de periodicidades em séries temporais de registros geofísicos. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 16, n. 2/3, p. 149-158, 1998.

RIGOZO, N. R.; ECHER, E.; VIEIRA L.E.A.; NORDEMANN, D.J. R. Reconstruction of Wolf sunspot numbers on the basis of spectral characteristics and estimates of associated radio flux and solar Wind parameters for the last millennium. *Solar Physics*, v.203, p. 179- 191, 2001.

RIGOZO, N. R.; NORDEMANN, D. J. R.; ECHER, E.; ZANANDEA, A.; GONZALEZ, W. D. Solar variability effects by tree-ring data wavelets analysis. *Advance Space Research*, v. 29, n. 12, p. 1985-1988, 2002.

TORRENCE, C. AND COMPTON, G. P.: 'A Practical Guide to Wavelet Analysis', *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 61-78, 1998.