

## Tratamento Interativo de Imagens Digitais de Anéis de Árvores - TIIDAA

Nivaor R. Rigozo<sup>1,2,3</sup>  
Mariza Pereira de Souza Echer<sup>1,3</sup>  
Daniel J. R. Nordemann<sup>3</sup>  
Ezequiel Echer<sup>3</sup>  
Alan Prestes<sup>4</sup>  
Heitor Evangelista da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia Thereza Porto Marques (FAETEC) – ZIP: 12308-320 Jacareí, SP, Brazil.

<sup>2</sup>LARAMG – Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais / Departamento de Biofísica e Biometria da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha. Subsolo. Rua São Francisco Xavier, 524. Maracanã. Rio de Janeiro - RJ - Brasil. CEP: 20550-013.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – POB: 515 – ZIP: 12245-970 São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>4</sup>Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRESP, Santa Maria, RS, Brasil.

**Abstract.** We present a new interactive method for tree-ring width determination. It uses a high-resolution scanner and a microcomputer in which a program to study scanned tree-ring images was developed within Interactive Data Language (IDL 5.0) environment. The main advantage of this method is to perform an interactive tree-ring image analysis without needing high cost complex equipment. A simple test was used to check the precision of ring width measurements from a sliced tree sample, *Pinus taeda* from Southern Brazil.

**Palavras-chaves:** Processamento de Imagens Digitais, Imagens de Anéis de Árvores, Séries Temporais, Séries Geofísicas.

### 1. Introdução

Desde a sua criação, no início do século por Andrew E. Douglass, a dendrocronologia ganhou grande importância nos estudos paleoclimáticos (Kumagai 1995) e climáticos (Feng and Epstein 1996) no mundo. Ela vêm ocupando espaços, a cada dia, nos estudos de fenômenos associados a vulcões (Brantley et al 1986; Yamaguchi and Lawrence 1993), terremotos (Jacoby 1997), estudo do gelo (Luckman 1997), cosmonuclídeos (Stuiver and Quay 1980; Jerikowic and Damon 1994), atividade solar (Murphy et al. 1996) entre outros. Mas ela não fica só nisso, muitos foram e são os métodos desenvolvidos para identificar e estudar os anéis de árvores, seja através da espessura ou da densidade dos anéis.

Medidas da densidade do lenho têm sido usado em muitos estudos dendroclimáticos (Briffa et al. 1990; Briffa et al. 1992), obtidas por densímetros de raios-X. Entre tanto, são poucos os laboratórios que possuem um sistema densitométrico por raios-X, assim como são poucos os dendrocronologistas que têm acesso a estes sistemas, devido ao seu alto custo e a complexidade de sua utilização (Parker and Meleski 1970; Schweingruber 1990). Medidas pela espessura do anel ainda é considerado simples (Fritts 1976; Schweingruber 1988) e não necessita de aparelhos tão sofisticados e de custo elevado.

Com o avanço da tecnologia digital, muitos métodos novos estão sendo empregados nos estudos

dos anéis de árvores. Medidas de séries temporais das espessuras e das densidades dos anéis pela análise de imagens têm um grande potencial nas análises dos anéis de árvores (Thetford et al. 1991).

Partindo da idéia de aproveitar a tecnologia digital, da facilidade do seu uso e do seu baixo custo, nós apresentamos um novo método interativo de análise de imagem que determina com eficiência a espessura dos anéis de árvores. A grande vantagem deste método é que ele utiliza um sistema simples, necessitando apenas um computador, um digitalizador de imagens de mesa de alta resolução e um software de programação. Nós criamos um programa que aplica um simples tratamento nas imagens de anéis de árvores, para salientar melhor os anéis, e transforma-os em séries temporais da espessura de anel. Este programa foi desenvolvido no ambiente do Interactive Data Language (IDL 5.0), devido a sua facilidade com a manipulação de imagens.

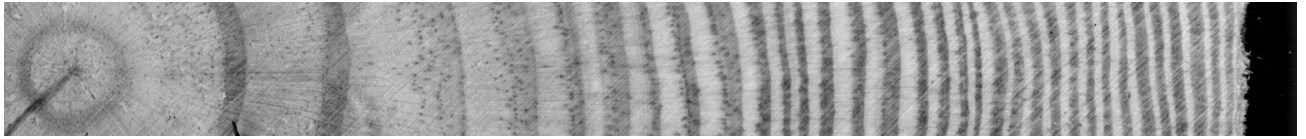
## 2. Metodologia

O procedimento foi desenvolvido para o estudo dendrocronológico das Araucárias (*Araucária angustifolia*) e dos Pinheiros (*Pinus Elliotti* e *Pinus Taeda*) (Grissino-Mayer 1993). Este procedimento pode ser aplicado para outras espécies de coníferas. As amostras de madeira são primeiramente polidas, afim de deixar os anéis adequados ao seu estudo ótico. O sistema utilizado na obtenção das imagens é composta por um micro computador pentium-II e um digitalizador de mesa Hewlett Packard (HP) de alta resolução.

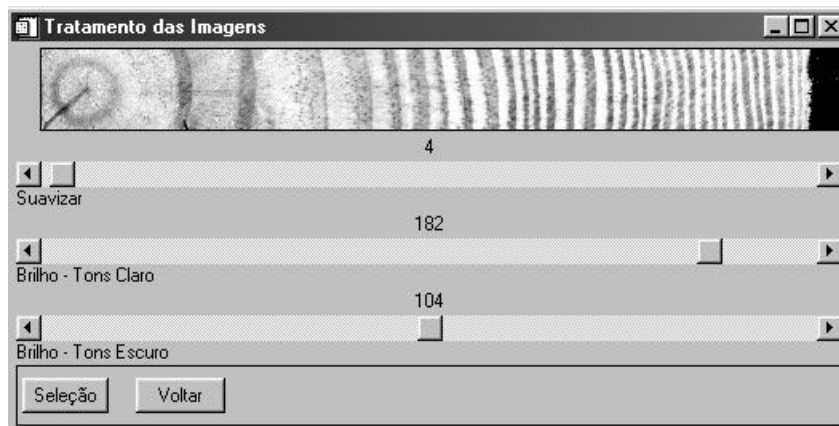
A digitalização das amostras foram feitas selecionando determinadas regiões da fatia de tronco que não apresentassem nenhum defeito nos anéis que poderia prejudicar a sua identificação. As resoluções de obtenção das imagens pelo digitalizador de mesa era determinada conforme a proximidade entre os anéis, ou seja, as amostras que apresentassem anéis muito próximos uns dos outros, utilizou-se uma resolução alta, acima de 900 dpi, e as amostras que tinham os anéis mais afastados utilizou-se resoluções abaixo de 900 dpi. O inconveniente de se usar alta resoluções na obtenções das imagens é a grande quantidade de memória que cada arquivo de imagem ocupa. Todas as imagens foram obtidas na escala de tons de cinza de 0 a 256. As imagens digitalizadas são salvas em um arquivo bitmap (.bmp).

Criou-se um programa no ambiente IDL 5.0, chamado de Tree Ring Image Interactive Treatment (TIIDAA), que lê as imagens em bitmap (**Figura 1**), onde se aplica um simples tratamento para se obter a melhor imagem que facilite na identificação visual dos anéis (Dustin et al. 1994)(**Figura 2**). Logo após é determinada a posição de cada anel (em pixel) na imagem (**Figura 3**), através da identificação de cada anel individual pelas diferenças nos valores dos tons de cinza (Sheppard and Graumlich 1996), onde os maiores valores representam o lenho tardio, enquanto os menores valores em tons de cinza é o lenho inicial (**Figura 3B**). Isso é feito com a ajuda de um mouse, onde clica-se sobre o centro da amostra, na imagem o com o cursor do mouse, para obter-se a posição inicial. Depois clica-se sobre o primeiro anel na imagem e obtêm-se a posição do primeiro anel. Assim para obter-se as posições de todos os anéis na imagem é só clicar em cima de cada anel. A espessura do primeiro anel (em pixel) é determinada pela subtração da posição do primeiro anel pela posição do centro da amostra. A espessura do segundo anel é obtida através da subtração da posição do segundo anel pela posição do primeiro anel. Este procedimento é feito até se obter a espessura do último anel da imagem (**Figura 3A**). Caso aconteça algum erro na obtenção das posições pelo operador, é possível voltar e começar novamente do início.

No final é apresentado um gráfico em escala de tons de cinza (de 0 até 256) em função do comprimento da imagem (em pixel) juntamente com um símbolo (●) indicando as posições de cada anel que o operador identificou (**Figura 3B**). Também, no final, é criado um arquivo de dados que contém a série temporal das espessuras dos anéis da imagem. A **Tabela 1** mostra a saída de dados do TIIDAA para a imagem da **Figura 1**.

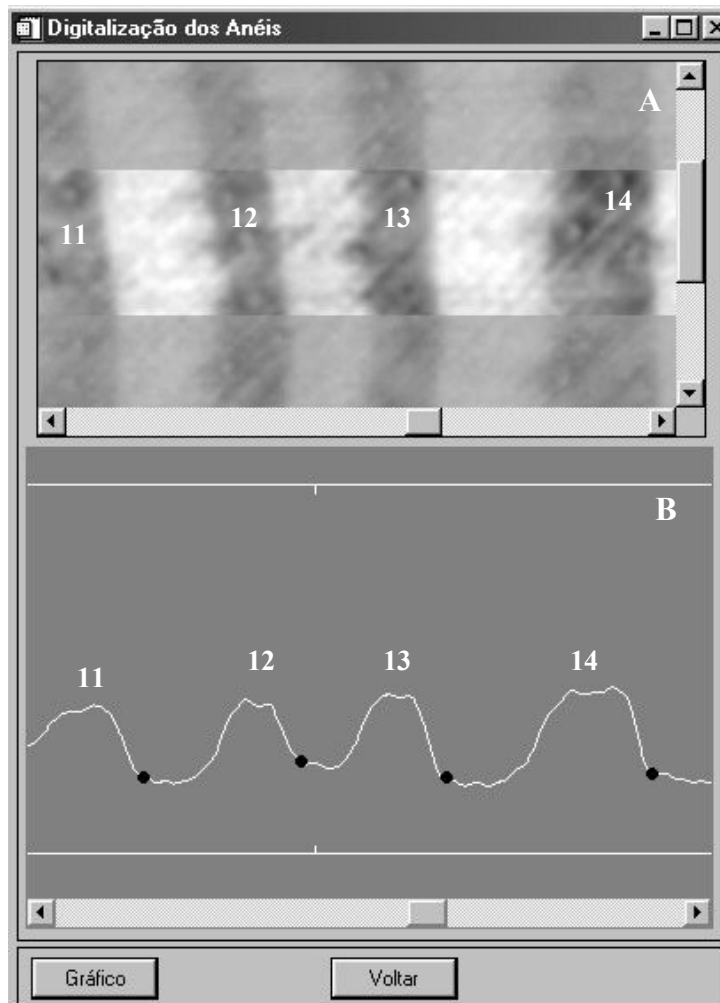


**Figura 1.** Exemplo de uma imagem bitmap digitalizada de uma amostra do *Pinus taeda*, amostra coletada na região Sul do Brasil. Esta imagem foi digitalizada com uma resolução de 900 dpi.



**Figura 2.** Janela inicial do programa TIIDAA , que apresenta o tratamento aplicado na imagem para salientar melhor os contornos dos anéis.

Nós fizemos um teste para verificar a eficiência dos resultados obtidos por este método. Este teste consistiu em digitalizar a imagem de uma régua, em diferentes resoluções, e reproduzir as medidas de comprimento entre dois pontos marcados na régua. O TIIDAA reproduziu o comprimento entre os pontos, para as diferente resoluções, com excelente precisão.



**Figura 3.** Janela final do programa TIIDAA que contém a imagem dos anéis de árvores (A), para digitalizar cada anel movimenta-se a posição de cada um. Em (B) é mostrado o gráfico dos tons de cinza em função da sua posição na imagem (em pixel), juntamente com a posição de cada anel (representado pelo símbolo (●)). Como exemplo é mostrado os anéis 11, 12, 13 e 14 (A) com as suas respectivas posições (B).

### 3. Avaliação das Séries Temporais

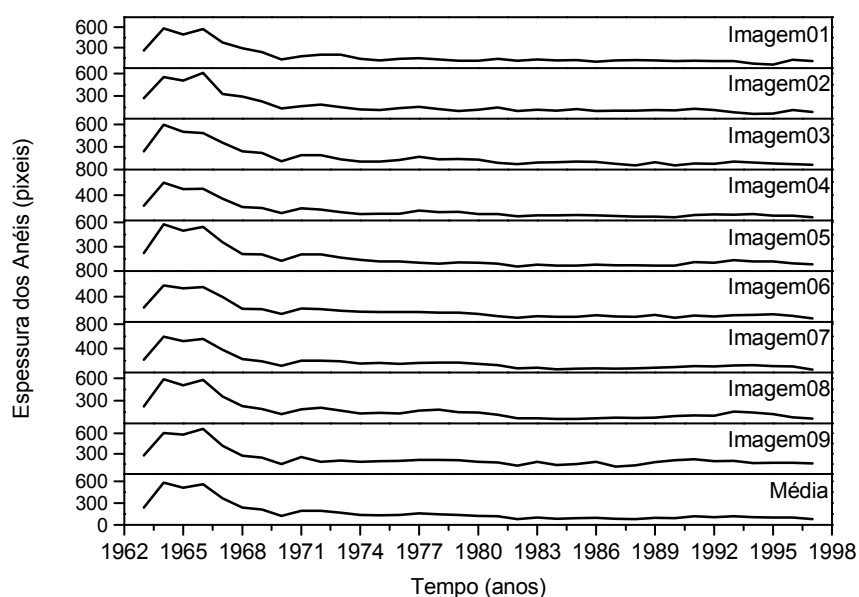
Nós obtemos uma série representativa de cada árvore através da digitalização de mais de uma imagem por amostra, onde é feita a média das espessuras correspondentes de cada anel no seu devido ano de formação, entre as imagens. Isso é feito para eliminar a presença dos falsos anéis e da ausência de alguns anéis que possam ocorrer em algumas regiões da amostra, possibilitando uma maior confiabilidade na datação e determinação das espessuras dos anéis (Fritts 1976). Como exemplo, a **Figura 4** mostra as séries temporais das espessuras dos anéis para cada imagem de uma amostra de árvore e a série temporal média representativa desta amostra. Antes de efetuar a média entre as séries temporais para obter a série representativa da amostra, calcula-se a correlação entre os anéis de cada imagem afim de determinar a posição temporal de cada anel na árvore, para se fazer a média entre os anéis correspondentes ao mesmo ano. Esta correlação é feita com um atraso de  $-5$  a  $5$  anos entre os

anéis, no caso da **Figura 4** se obteve uma correlação média entre os anéis de 0.98 para um atraso de 0 anos, significando que cada anel identificado nas imagens estão na mesma posição temporal, ou ano de formação, não apresentando nenhum falso anel ou a ausência de algum anel na amostra.

**Tabela 1.** Saída de dados do TIIDAA

Número do anel	Espessura (pixel)	Espessura (mm)
01	266	07.507
02	553	15.606
03	503	14.195
04	547	15.437
05	357	10.075
06	221	06.237
07	230	06.491
08	134	03.782
09	184	05.193
10	227	06.406
11	135	03.810
12	099	02.794
13	086	02.427
14	124	03.499
15	160	04.515
16	170	04.798
17	134	03.782
18	101	02.850
19	089	02.512
20	069	01.947
21	130	03.669
22	076	02.145
23	094	02.653
24	085	02.399
25	085	02.399
26	080	02.258
27	073	02.060
28	085	02.399
29	104	02.935
30	071	02.004
31	089	02.512
32	108	03.048
33	072	02.032
34	067	01.891

Nota: Esta imagem da amostra possui 34 anos. O primeiro anel inicial foi formado em 1964 e o último em 1997.



**Figura 4.** Séries temporais das espessuras dos anéis para cada imagem e a série temporal média das espessuras dos anéis, representativa da amostra.

#### 4. Comentários Finais

Nós apresentamos um novo método que usa um sistema simples e de baixo custo para o estudo das espessuras dos anéis de árvores. Este método também pode ser aplicado para medir a densidade dos anéis de árvores através do brilho do lenho das coníferas (Clauson and Wilson 1991), mas nós preferimos trabalhar apenas com as espessuras dos anéis, devido a sua simplicidade. Este método foi utilizado numa amostra de *Araucária* com 200 anos (com uma resolução de 700 dpi nas imagens desta amostra) e numa amostra de *Cupressus pyramidalis* (Grissino-Mayer 1993) com 419 anos (neste caso foi usado uma resolução de 1200 dpi nas imagens), onde o TIIDAA identificou e mediu as espessuras dos anéis com eficiência.

O método é mais eficiente em amostras cujos os anéis não estejam muito próximos uns dos outros, pois não necessita de uma resolução muito alta na digitalização das imagens, e que as amostras não apresentem anomalias no seu crescimento que possam prejudicar a identificação ótica dos anéis, para estes casos é melhor usar um microscópio.

Esta metodologia é aplicada para obter as séries temporais das espessuras dos anéis de árvores (no Brasil) para a procura de periodicidades de fenômenos geofísicos (tais como os ciclos de 11 e 22 anos da atividade solar, o ciclo de 18,6 anos das marés lunares) que possam estar influenciando nos seus crescimentos.

#### Acknowledgments

Os autores agradecem ao suporte financeiro concedido pelas agências de fomento: D. J. R. Nordemann - CNPq (PQ 300992 /2003-3 e APQ 474185/2003-6). N. R. Rigozo - CNPq (APQ 470764/2006-6 e pós-doutorado, 150102/2005-4). M.P Souza Echer FAPESP pós-doutorado (2006/467-2). E. Echer - FAPESP (2005-03501-4) e CNPq (PQ 300104/2005-7). A. Prestes CNPq – PCI 385311/2006-0.

## Referências

- Brantley, S.; Yamaguchi, D.; Cameron, K. and Pringle, P. Tree-ring dating of volcanic deposits, **Earthquakes and Volcanoes**, v.18, n.5, p.184-194, 1986.
- Briffa, K. R.; Bartolin, T. S.; Eckstein, D.; Jones, P. D., Karlén, W., Schweingruber, F. H.; Zetterberg, P. A 1400-years tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia. **Natura**, v.346, p.434-439, 1990.
- Briffa, K. R.; D.; Jones, P. D., Karlén, W., Schweingruber, F. H. Tree-ring density reconstructions of summer temperature patterns across western North America since AD 1600. **Journal of Climate** v.5, p.735-754, 1992.
- Clauson, M. L. and Wilson, J. B. Comparison of video and X-ray for scanning wood density. **Forest Products Journal**, v.41, n.3, p.58-62.
- Dustin, I.; Vollenweider, P.; Hofer, R. M.; Hainard, P. A study of the cambial zone and conductive phloem of common beech (*Fagus sylvatica* L.) using an image analysis method. II. Automated measurement procedure. **Trees**, v.9, p.113-117, 1994.
- Feng, X. and Epstein, S. Climatic trends from isotopic records of tree rings: the past 100-200 years. **Climatic Change**, v.33, p.551-562, 1996.
- Fritts, H. C. **Tree rings and climate**, London, Academic Press Inc., 1976, 271p.
- Grissino-Mayer, H. D. An updated list of species used in tree-ring research. **Tree-Ring Bulletin**, v.53, p.17-43, 1993.
- Jacoby, G. C. Application of tree ring analysis to paleoseismology. **Reviews of Geophysics**, v.35, n.2, p.109-124, 1997.
- Jirikowic, J. L. and Damon, P. E. The medieval solar activity maximum. **Climatic Change**, v.26, p.309-316, 1994.
- Kumagai, H.; Sweda, T.; Hayashi, K.; Kojima, S.; Basinger, J. F.; Shibuya, M.; Fukao, Y. Growth-ring analysis of early tertiary conifer woods from the Canadian High Arctic and its paleoclimatic interpretation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.116, p.247-262, 1995.
- Luckman, B. H. Developing a proxy climate records for the last 300 years in the Canadian Rockies – some problems and opportunities. **Climatic Change**, v.36, p.455-476, 1997.
- Murphy, J. O.; Sampson, H.; Veblen, T. T.; Villalba, R. Reconstruction of the annual variation in Zurich sunspot number from tree ring-index time series. **Tree Rings, Environment, and Humanity. Radiocarbon**, p.853-869. Department of Geosciences, the University of Arizona, Tucson. 1996.
- Parker, M. L. and Maleski, K. R. Preparation of X-ray negatives of tree-ring specimens for dendrochronological analysis. **Tree Ring Bulletin**, v.30, p.11-22, 1970.
- Schweingruber, F. H. **Tree rings: basics and applications of dendrochronology**. Kluwer, Dordrecht, 1988, 276 p..
- Schweingruber, F. H. Radiodensitometry. **Methods of Dendrochronology: Applications in the environmental Sciences**. Boston. p55-63, 1990.
- Stuiver, M. and Quay, P. D. Changes in atmospheric carbon-14 attributed to a variable sun. **Science**, 207(4426):11-19, 1980.
- Thetford, R.D.; D'Arrigo, R. D.; Jacoby, G. C. An image analysis system for determining densitometric and ring-width time series. **Canadian Journal of Forest Research**, v.21, p.1544-1549, 1991.
- Yamaguchi, D. K. and Lawrence, D. B. Tree-ring evidence for 1842-1843 eruptive activity at the Goat Rocks dome, Mount St. Helens, Washington. **Bull Volcanol**, v.55, p.264-272, 1993