



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

ISSN 1517-536X

Novembro, 2002

## ***Documentos 75***

# **Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação**

Paulo Cesar Botosso  
Patrícia Póvoa de Mattos

Colombo, PR  
2002

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, km 111 - CP 319

83411-000 - Colombo, PR - Brasil

Fone: (41) 666-1313

Fax: (41) 666-1276

Home page: [www.cnpf.embrapa.br](http://www.cnpf.embrapa.br)

E-mail: [sac@cnpf.embrapa.br](mailto:sac@cnpf.embrapa.br)

Para reclamações e sugestões *Fale com o ouvidor*:

[www.embrapa.br/ouvidor](http://www.embrapa.br/ouvidor)

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Moacir José Sales Medrado

Secretária-Executiva: Guiomar Moreira Braguinha

Membros: Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson B. de Oliveira,

Erich G. Schaitza, Honorino R. Rodigheri, Jarbas Y. Shimizu,

José Alfredo Sturion, Patricia P. de Mattos, Sérgio Ahrens, Susete

do Rocio C. Penteado

Supervisor editorial: Moacir José Sales Medrado

Revisor de texto: Glaci Kokuka

Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan

Lidia Woronkoff

Editoração eletrônica: Cleide Fernandes de Oliveira

**1ª edição**

1ª impressão (2002): 500 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

*Embrapa Florestas*

---

Botosso, Paulo Cesar

A idade das árvores: importância e aplicação / Paulo Cesar Botosso e Patricia Póvoa de Mattos. – Colombo : Embrapa Florestas, 2002.

25 p. il.: (Embrapa Florestas. Documentos, 75).

Inclui bibliografia

ISSN 1517-536X

1. *Árvore - idade.* 2. *Dendrologia.* I. Botosso, Paulo Cesar. II. Mattos, Patricia Póvoa de. II. Título. III. Série.

CDD 582.16

---

# **Autores**

## **Paulo Cesar Botosso**

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas.

[botosso@cnpf.embrapa.br](mailto:botosso@cnpf.embrapa.br)

## **Patrícia Póvoa de Mattos**

Engenheira-agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas.

[povoa@cnpf.embrapa.br](mailto:povoa@cnpf.embrapa.br)

# Apresentação

## Apresentação

Este trabalho faz parte da linha de pesquisa, atualmente desenvolvida em projetos na Embrapa Florestas, que busca a determinação da idade, taxa e periodicidade de crescimento de árvores tropicais e subtropicais visando contribuir para a aquisição de conhecimentos científicos básicos sobre a autoecologia de espécies arbóreas.

É apresentada a importância, dificuldades e aplicação do estudo dos anéis de crescimento em espécies arbóreas tropicais, com especial atenção aos estudos conduzidos com espécies nativas.

Vitor Afonso Hoeflich  
Chefe Geral  
*Embrapa Florestas*

# Sumário

Anéis de crescimento: formação e importância do estudo .....	11
Métodos para estimar a idade de árvores tropicais .....	14
Espécies florestais potenciais para estudos dendrocronológicos no Brasil ....	16
Importância e aplicação do estudo dos anéis de crescimento .....	16
Referências bibliográficas .....	19

# Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação

---

*Paulo Cesar Botosso*

*Patrícia Póvoa de Mattos*

Seres ainda vivos nascidos antes, muito antes, do surgimento do Império Romano ou do Cristianismo. Produto da ficção? Não, obra da natureza que sobreviveu à devastação promovida ao longo dos séculos nos cinco continentes. São árvores milenares que existem em reservas e parques florestais dos Estados Unidos, Austrália e países da Europa.

As árvores podem alcançar idades extraordinárias. Muitas espécies européias têm idades que variam de 200 até 700 anos, algumas chegam a 1200 anos ou até 2000 anos (Vetter & Botosso, 1993). Alguns indivíduos, de determinadas espécies florestais, podem alcançar 2000 anos como as sequóias americanas (*Sequoia sempervirens*) ou 3000 anos como a sequóia-gigante (*Sequoiadendron giganteum*). Um exemplar de pinus (*Pinus aristata*), na Califórnia (Estados Unidos), tem idade estimada entre 4200 - 4600 anos (Currey, 1965) sendo considerado o ser vivo mais velho da Terra. Assim, é fácil compreender que os troncos desses vegetais arbóreos constituem documentos de grande valor histórico regional (Burger & Richter, 1991).

Existem, também, informações sobre a idade das árvores da floresta tropical úmida, principalmente, na Ásia. Nessa região, há árvores que alcançam idades entre 100 e 700 anos. Uma árvore com diâmetro de 4,5 metros, encontrada na África, tinha aproximadamente 1000 anos de idade (Bormann & Berlyn, 1981).

No Brasil, o jequitibá (*Cariniana spp.*) é uma das espécies consideradas mais longevas, e as grandes árvores remanescentes desse gênero pertencem a um grupo de vegetais em via de extinção. Nativas da área de domínio da Mata Atlântica, essas árvores são encontradas apenas na região Sudeste do país e em alguns estados vizinhos.

Embora existam muitas dúvidas quanto a exatidão da idade dos jequitibás, alguns estimam em 1500 anos a idade de um indivíduo de 54 metros de altura localizado em Carangola (MG). Outros consideram o jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), popularmente denominado "Patriarca" (Figura 01), de Santa Rita do Passa Quatro (SP), a árvore mais velha do Brasil. Ele possui 40 metros de altura e 3,6 metros de diâmetro (a 1,65 m do nível do solo) e sua idade é estimada em 3020 anos (Varella, 1997). Esses jequitibás são relatados como os seres vivos de maior porte e mais antigos do país. Entretanto, os dados relatados para essas árvores brasileiras são controversos. Embora seja possível estimar a idade de uma árvore com métodos científicos, eles nunca foram empregados com os cuidados necessários nos referidos jequitibás.



Fig. 1. Aspecto do Jequitibá-rosa "Patriarca".

No Brasil, poucas são as informações sobre a idade de árvores em condições naturais. A maioria não passa de especulação sem qualquer base científica. As poucas pesquisas realizadas sobre o assunto no país, em particular em árvores da Floresta Amazônica, constataram que muitos indivíduos com dimensões comerciais podem apresentar idade superior a 200 anos (Vetter & Botosso, 1993; Chambers et al., 1998). Com base em medições de radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ), constataram-se idades mínimas variando de 53 até 512 anos (Mozetto et al., 1988), sendo esta última verificada em uma árvore de jatobá (*Hymenaea courbaril*) de apenas 64 cm de diâmetro, nas proximidades de Manaus (AM). Isso significa que esse vegetal, iniciou seu desenvolvimento na época do descobrimento do país. Medições diretas de radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ) realizadas por Camargo et al. (1994)

possibilitaram estimar em 500 anos a idade de uma castanheira (*Bertholletia excelsa*). Mais recentemente, Chambers et al. (1998) avaliaram a idade de 30 árvores de floresta de Terra Firme na Região Amazônica constatando idades entre 200 e 1400 anos, esta última observada em uma árvore de tauari-vermelho (*Cariniana micrantha*). No entanto, esses dados são questionados por Worbes & Junk (1999), salientando existir uma tendência de superestimar consideravelmente as idades máximas de árvores tropicais. Eles estimaram em 400 a 500 anos a idade de árvores de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), pela contagem direta dos anéis anuais de crescimento e pela avaliação das taxas de crescimento e diâmetro na base do tronco.

Para Roig (2000), o resultado obtido por Chambers et al. (1998) é excepcional para árvores tropicais. Considera ele que a idade estimada de 1400 anos para *Cariniana micrantha* (tauari-vermelho) foi, aparentemente, determinada em um único exemplar. Para esse autor, essas determinações deveriam ser efetuadas em outros indivíduos da mesma espécie e com dimensões similares.

A possibilidade de estimar a idade das árvores é de grande importância tanto para as Ciências Florestais como para a Ecologia. A determinação dos ciclos de corte, do regime de desbastes e da estimativa dos cortes e dos volumes admissíveis para uma exploração sustentável são baseados nesse conhecimento. Para a Ecologia, estes aspectos são básicos para os estudos de dinâmica de população, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas. Apesar da importância desse assunto, são raros os estudos no país sobre a formação dos anéis de crescimento e a determinação da idade em árvores tropicais e subtropicais.

## **Anéis de crescimento: formação e importância do estudo**

A existência dos anéis de crescimento foi observada há muito tempo, sendo que os primeiros relatos foram feitos na Grécia antiga. Já no século XVI, Leonardo da Vinci reconheceu a relação entre os anéis de crescimento e o clima em árvores de *Pinus* da região de Toscana (Itália). Ele relatou que “os anéis de crescimento permitem estimar o número de anos e, em função de sua espessura, indicar os anos mais e os menos secos” (Corona, 1986).

Durante muito tempo, era quase consenso entre os pesquisadores que somente as espécies folhosas de clima temperado formam anéis de crescimento anuais. As árvores nas regiões tropicais e subtropicais não apresentariam sazonalidade da atividade cambial, pelas condições climáticas serem consideradas praticamente constantes durante o ano. Portanto, não formariam anéis anuais de crescimento (Tomazello Filho et al., 2001a). Contudo, diversos trabalhos de pesquisa têm demonstrado a existência de anéis de crescimento anuais em espécies tropicais e subtropicais, resultantes de um ritmo de crescimento intermitente das árvores (Détienne & Mariaux, 1975, 1977; Prévost & Puig, 1981; Détienne, 1989, 1995; Worbes, 1989, 1995; Worbes & Junk, 1989; Vetter & Botosso, 1988, 1989a ; Botosso & Vetter, 1991; Luchi, 1998; Mattos, 1999; Mattos et al., 1999; Botosso et al., 2000; Botosso & Tomazello Filho, 2001; Tomazello Filho et al., 2000, 2001a; Maria, 2002; Ferreira, 2002; Dünisch, 2002).

Em regiões de clima temperado os anéis de crescimento representam, geralmente, o incremento anual das árvores. A cada ano é acrescentado um novo anel ao tronco, razão pela qual são denominados anéis anuais. Sua contagem permite determinar a idade do indivíduo. Em um anel distinguem-se normalmente duas partes: i) **lenho inicial** ou primaveril e ii) **lenho tardio**, outonal ou estival (Figura 2).

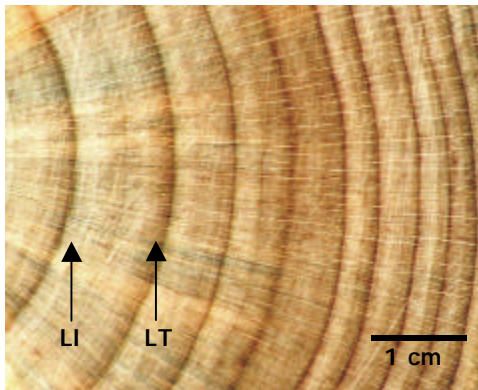
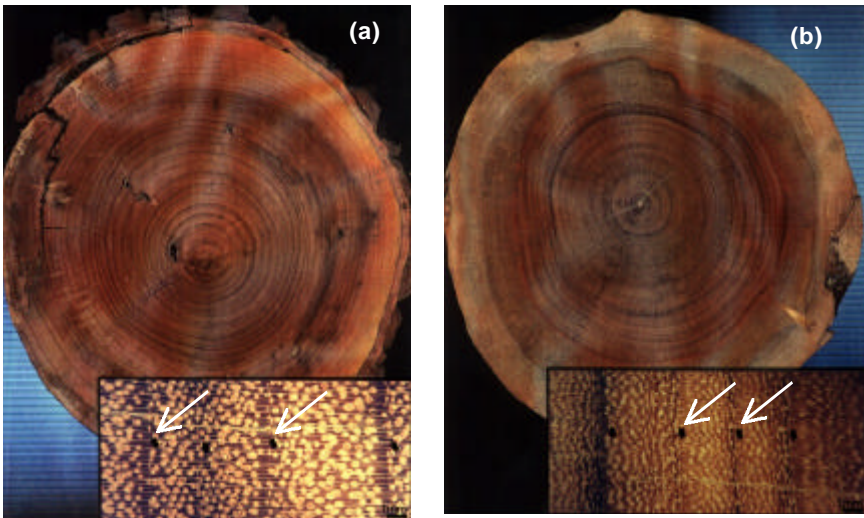
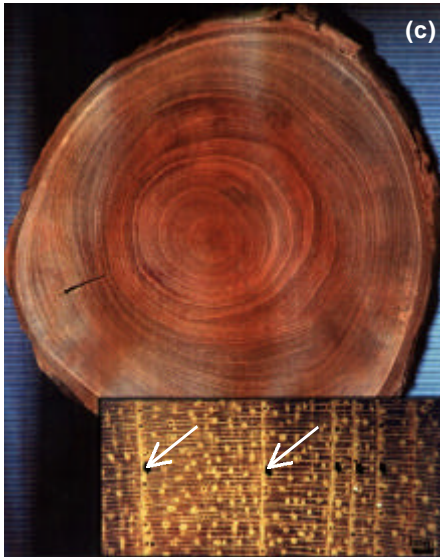


Fig.2. Seção transversal do tronco de *Araucaria angustifolia* (Pinheiro do Paraná) evidenciando os anéis anuais de crescimento caracterizados pelo lenho inicial (LI) e tardio (LT).

O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente a primavera, quando as plantas despertam do período de dormência e reassumem suas atividades fisiológicas com todo o vigor. Com a aproximação do fim do período vegetativo, normalmente o outono, as células diminuem paulatinamente a sua atividade fisiológica. Em consequência, suas paredes celulares tornam-se gradualmente mais espessas e suas cavidades menores. Isso dá ao lenho tardio uma tonalidade mais escura que permite distingui-lo do inicial ou primaveril. É essa alternância de cores que evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial das Gimnospermas, vulgarmente conhecidas como coníferas. Em madeiras de Angiospermas, comumente designadas folhosas, os anéis de crescimento podem destacar-se por diferentes padrões de características anatômicas na madeira (Burger & Richter, 1991), proporcionando-lhes uma maior complexidade e variação na formação das camadas de crescimento (Fig. 3a a 3d).

Fig. 3. Seções transversais do tronco de (A) angico (*Anadenanthera macrocarpa*), (B) cumarú (*Dipteryx alata*), (C) cedro (*Cedrela fissilis*) e (D) jatobá (*Hymenaea courbaril*) evidenciando os anéis de crescimento ("setas"), caracterizados por diferentes padrões estruturais.





Além das características próprias de cada espécie, é fácil compreender que árvores de regiões onde as estações do ano são bem definidas apresentam anéis de crescimento nítidos. Ao contrário, as que crescem em locais de condições climáticas mais uniformes – como na maior parte do Brasil - têm normalmente anéis de crescimento indistintos ou pouco evidentes. Em muitas árvores tropicais e subtropicais, os anéis correspondem aos períodos de chuva e de seca, inundações, queda das folhas e/ou simplesmente dormência, podendo ocorrer dois ou mais ciclos em um ano. Os anéis de crescimento não são, portanto, necessariamente anuais. Também, é comum encontrar-se anéis de crescimento descontínuos, que não formam um círculo completo em torno da medula. Há, ainda, os chamados falsos anéis de crescimento que ocorrem quando se forma mais de um anel por período vegetativo. Essas situações fora do padrão normal dificultam a determinação exata da idade de uma árvore.

## Métodos para estimar a idade de árvores tropicais

Existem métodos diretos e/ou indiretos que podem ser aplicados no auxílio à estimativa da idade de árvores tropicais. Dentre as metodologias existentes encontram-se:

- I) Estudo da variação da densidade da madeira inter e intra-anéis de crescimento individuais no transcorrer da vida da árvore utilizando-se: (i) uma secção transversal de um tronco (método destrutivo), que exige o corte da árvore para obtenção de um disco transversal de madeira, ou (ii) pequenas amostras extraídas do tronco de árvores vivas por meio da introdução de uma sonda na planta (método não-destrutivo). Este método permite a retirada de pequenas amostras de madeira sob a forma de baguetas, nas quais os limites dos anéis de crescimento podem ser visualizados. Para as análises são utilizadas técnicas de densitometria de raios-X, pela análise do filme radiográfico com o auxílio de um microdensitômetro ótico, análises de imagens ou medição da variação da densidade com raios Gamma (Polge, 1963, 1978; Ferraz, 1976; Worbes, 1995; Vetter, 2000; Tomazello Filho et al., 2000);
  
- II) interpretação de datações a partir de métodos isotópicos radioativos como medições de radiocarbono ( $^{14}\text{C}$ ). Estas análises são caras, exigem tempo e requerem pessoal altamente treinado (Mozetto et al., 1988; Worbes & Junk, 1989; Camargo et al., 1994; Worbes, 1995; Chambers et al., 1998; Vetter, 2000). Para Roig (2000), as determinações de idade por esse método podem apresentar erros relevantes, em razão das altas variações de radiocarbono atmosférico (Stuiver et al. 1981);
  
- III) determinação da idade pela contagem do número de anéis “anuais” de crescimento a partir da identificação e reconhecimento anatômicos (Vetter & Botosso, 1989; Worbes, 1989; Détienne, 1989; 1995; Mattos, 1999; Botosso, 2000; Tomazello Filho et al., 2000; Ferreira, 2002; Maria, 2002; Dünisch, 2002). Para Roig (2000), o método dendrocronológico de contagem de anéis é a metodologia mais precisa para determinar a idade de uma árvore. Entretanto, muitas espécies em regiões tropicais não mostram claramente os anéis de crescimento ou pouco se conhece acerca da periodicidade com que são formados. Por isso, aconselha-se que os métodos clássicos de datação dendrocronológica busquem apoio em outros métodos para obter informações precisas sobre a periodicidade de formação da madeira e a idade que alcançam as árvores tropicais;

- IV) estimativa da idade a partir da avaliação das taxas de crescimento por meio de medições contínuas do crescimento em diâmetro do tronco das árvores, extrapolando estas medidas para o diâmetro total das mesmas (Worbes, 1989, 1995); Worbes & Junk (1999). Segundo Roig (2000), uma fonte de erro dessas estimativas decorre do fato que o ritmo de crescimento não é constante durante toda a vida da árvore.

## Espécies florestais potenciais para estudos dendrocronológicos no Brasil

Inúmeras espécies florestais de coníferas e folhosas de clima temperado são tradicionalmente utilizadas e potencialmente importantes para estudos dendrocronológicos pela sazonalidade da atividade cambial, comportamento fenológico distinto e anéis de crescimento anuais perfeitamente demarcados no lenho das árvores (Tomazello Filho et al., 2001a). Porém, em climas tropicais e subtropicais, embora existam algumas informações sobre o assunto, há comparativamente um menor avanço nesse campo da pesquisa, em particular no Brasil. Isso evidencia a necessidade de pesquisar a biologia, formação da madeira e fenologia de espécies tropicais que formam anéis de crescimento e as suas relações com o ambiente. Porém, há informações na literatura sobre espécies florestais nativas já estudadas quanto ao seu potencial dendrocronológico, como mostra a Tabela 1. Pesquisadores brasileiros têm adquirido experiência no assunto investigado, com espécies exóticas, como a toona (*Toona ciliata*) (Tomazello Filho et al., 2001c) e a teca (*Tectona grandis*) (Cardoso, 1991; Tomazello Filho & Cardoso, 1999).

## Importância e aplicação do estudo dos anéis de crescimento

Do estudo dos anéis de crescimento desenvolveu-se uma ciência, denominada a Dendrocronologia, que tem colaborado enormemente com a Arqueologia. Ela pode ser conceituada como a ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento do lenho das árvores e/ou de peças de madeira, incluindo a aplicação das informações obtidas para estudos ambientais e históricos (Kaennel e Schweingruber, 1995).

Com a Dendrocronologia é possível determinar a idade e a taxa de crescimento das árvores e o efeito das variações ecológicas e ambientais na formação dos anéis de crescimento, sejam naturais ou oriundas de ações antrópicas (Tomazello Filho et al., 2001a). Como ciência pluridisciplinar, ela atingiu um elevado nível de especialização, importância e aplicação, ao incorporar os conhecimentos e as técnicas de diversas áreas com as quais têm estreita conexão como anatomia, química, fisiologia, genética florestal, silvicultura, climatologia, hidrologia, estatística, entre outras.

Além de trazer referências valiosas sobre a vida do vegetal, a aplicação das informações contidas nos anéis de crescimento tem sido de grande relevância na análise da ocorrência de fenômenos ecológicos e ambientais. Os anéis de crescimento permitem a identificação e reconstrução das condições climáticas do passado, assim como das alterações ambientais naturais, da dinâmica das populações florestais e dos recursos hídricos e dos processos geomorfológicos. Também, possibilitam avaliar o efeito dos ventos, a ocorrência de ataque de insetos e microorganismos, os processos tectônicos, as atividades vulcânicas, os incêndios, as operações silviculturais, a presença de metais pesados no ambiente e de ações antropogênicas (Fritts, 1976; Eckstein & Krause, 1989; Vetter & Botosso, 1989; Jacoby & D'Arrigo, 1990; Worbes & Junk, 1989; Villalba et al., 1992; Schweingruber, 1993; Pumijumong et al., 1995; Buckley et al., 1995; Gurlay, 1995; Worbes, 1995; D'Arrigo & Villalba, 2000; Szeicz et al., 2000; Villalba, 2000; Kitzberger, 2000).

O conhecimento da idade das árvores e das informações que podem ser inferidas do estudo dos seus anéis de crescimento são de suma importância para a otimização do uso da floresta. Entretanto, isto só se conseguirá pelo maior conhecimento e envolvimento de diferentes áreas da pesquisa florestal. O estudo sobre o passado das florestas pode fornecer informações indispensáveis sobre como utilizar, manejar e preservar esse recurso para o futuro.

Tabela 01. Relação de espécies florestais nativas potenciais para estudos dendrocronológicos.

Família botânica	Espécie	Nome comum	Referências Bibliográficas
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Guaritá	Maria (2002), Ferreira (2002)
Araucariaceae	<i>Araucária angustifolia</i>	Pinheiro-do-Paraná	Roig (2000), Tomazello Filho (1998), Seitz & Kanninen (1989)
Bignoniaceae	<i>Tabebuia cassinoides</i> <i>Tabebuia serratifolia</i> <i>Tabebuia umbellata</i> <i>Tabebuia impetiginosa</i> <i>Tabebuia barbata</i> <i>Tabebuia heptaphylla</i> <i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Jacaranda copaia</i>	caixeta ipê-do-cerrado ipê-do-brejo ipê-roxo, piúna ipê ipê-rosa ipê-felpudo caroba	Maria (2002), Callado et al. (2001), Botosso & Tomazello Filho (2001), Mattos (1999), Mattos et al. (1999), Vetter & Botosso (1989a, b), Worbes (1989), Détienne (1989)
Bombacaceae	<i>Scleroneima micranthum</i>	cardeiro	Botosso & Vetter (1991), Vetter & Botosso (1989a, b)
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> <i>Piranhea trifoliata</i> <i>Hevea brasiliensis</i>	boleiro, tapiá seringueira	Callado et al. (2001), Ogata et al. (2001), Worbes (1989)
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> <i>Cariniana estrellensis</i> <i>Lecythis</i> spp <i>Bertholletia excelsa</i> <i>Cariniana micrantha</i>	jequitibá rosa jequitibá branco sapucaia castanha tauari-vermelho	Ferreira (2002), Maria (2002), Botosso & Tomazello Filho (2001), Botosso (2000), Worbes & Junk (1999), Chambers et al. (1998), Détienne (1995), Camargo et al. (1994)
Leguminosae Caesalpinioideae	<i>Copaifera langsdorffii</i> <i>Hymenaea courbaril</i> <i>Eperua bijuga</i>	copaiba jatobá muirapiranga	Ferreira (2002), Botosso et al. (2000), Roig (2000), Vetter (2000), Luchi (1998), Mozzetto et al. (1988)
Leguminosae Mimosoideae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> <i>Anadenanthera colubrina</i>	angico-preto angico-branco	Maria (2002), Mattos (1999)
Leguminosae Papilionoideae	<i>Centrolobium tomentosum</i> <i>Dipteryx alata</i>	araribá cumarú	Ferreira (2002), Maria (2002), Callado et al. (2001)
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cedrela fissilis</i> <i>Cedrela angustifolia</i> <i>Swietenia macrophylla</i> <i>Carapa guianensis</i>	cedro-rosa cedro cedro mogno andioba	Dünisch et al. (2002), Botosso & Tomazello Filho (2001), Botosso (2000), Tomazello Filho et al. (2001b), Mattos et al. (1999), Worbes (1995), Détienne (1989), Vetter & Botosso (1989), Boninsegna et al. (1989)
Myristicaceae	<i>Virola michelii</i> <i>Virola melionii</i>	ucuúba-preta ucuúba	Détienne (1995)
Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	guarantã	Ferreira (2002), Botosso & Tomazello Filho (2001), Botosso (2000)
Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>	maçaranduba	Détienne (1995)
Simaroubaceae	<i>Simarouba amara</i>	marupá	Détienne (1989)

## Referências Bibliográficas

- BONINSEGNA, J. A.; VILLALBA, R.; AMARILLA, L.; OCAMPO, J. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Journal**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 161-169, 1989.
- BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees**: new directions for research. New Haven: Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, 1981. 137 p. (Yale University. School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin, 94).
- BOTOSSO, P. C. **Periodicidade do 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. 85 p. Relatório FAPESP - Programa de Pós-Doutorado.
- BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: EDUC, 2001. p. 145-171.
- BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de floresta de Terra Firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 163-180, 1991.
- BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C., Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth., Leg. Caesalpinoideae). In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronologia em América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357-379.
- BUCKLEY, B. M.; BARBETTI, M.; WATANASAK, M.; D' ARRIGO, R.; BOONCHIRDCHOO, S.; SARUTANON, S. Dendrochronological investigations in Thailand. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 393-409, 1995.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J.; SCARANO, F. R.; BARROS, C. F.; COSTA, C. G. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 29-42, 2001.

CAMARGO, P. B.; SALOMÃO, R. P.; TRUMBORE, S.; MARTINELLI, L. A. How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*) in the Amazon? **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 389-391, 1994.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis* L.) – Verbenaceae**. 1991. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - ESALQ, Piracicaba.

CHAMBERS, J. Q.; HIGUCHI, N.; SCHIMEL, J. P. Ancient trees in Amazonia. **Nature**, London, v. 391, n. 6663, p. 135-136, 1998.

CORONA, E. **Dendrochronologia: principi e applicazioni**. Verona: Istituti Italiano di Dendrochronologia, 1986. 103 p. Atti del Seminario tenuto a Verona nei giorni 14 e 15 novembre 1984.

CURREY, D. R. An ancient bristlecone pine stand in Eastern Nevada. **Ecology**, Tempe, v. 46, n. 4, p. 564-566, 1965.

D'ARRIGO, R. D.; VILLALBA, R. Review of dendroclimatic research at high latitudes in South America: indicators of atmosphere-ocean climate variability. In : ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 271-282.

DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 123-132, 1989.

DÉTIENNE, P. Nature et périodicité des cernes dans quelques bois guyanais. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent-Sur-Marne, n. 243, p. 65-75, 1995.

DÉTIENNE, P.; MARIAUX, A. Nature et périodicité des cernes dans le bois de Niangon. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent-Sur-Marne, n. 159, p. 29-37, 1975.

DÉTIENNE, P.; MARIAUX, A. Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges de Méliacées africaines. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent-Sur-Marne, n. 175, p. 52-61, 1977.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intraannual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis* and *Cedrela odorata* (Meliaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 2, p. 101-119, 2002.

ECKSTEIN, D.; KRAUSE, C. Dendroecological studies on spruce trees to monitor environmental changes around Hamburg. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 175-182, 1989.

FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade da madeira por atenuação de radiação gama de baixa energia. **IPEF**, Piracicaba, n. 12, p. 61-68, 1976.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de florestas estacionais semidecíduas da região sudeste do Estado de São Paulo**. 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - ESALQ, Piracicaba.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.

GOURLAY, I. D. The definition of seasonal growth zones in some african Acacia species – a review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 353-359, 1995.

JACOBY, G. C.; D'ARRIGO, R. D. Teak (*Tectona grandis* L. F.), a tropical species of large-scale dendroclimatic potential. **Dendrochronologia**, v. 8, p. 83-98, 1990.

KAENNEL; M.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual glossary of dendrochronology**: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne: Paul Haupt Publ., 1995. 467 p.

KITZBERGER, T.; VELEN, T. T.; VILLALBA, R. Métodos dendroecológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 17-78.

LUCHI, A. E. **Periodicidade de crescimento em *Hymenaea courbaril* L. e anatomia ecológica do lenho de espécies de mata ciliar**. 1998. 236 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

MATTOS, P. P. de. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa da idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do pantanal da Nheconlândia-MS**. 1999, 116 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MATTOS, P. P.; SEITZ, R. A.; MUNIZ, G. I. B. Identification of annual growth rings based on periodical shoot growth. In: WIMMER, R.; VETTER, R. E. (Ed.). **Tree-ring analysis: biological, methodological and environmental aspects**. London: CABI, 1999. p. 139-145.

MOZETTO, A. A.; FRITZ, P.; MOREIRA, M. Z.; VETTER, R. E.; ARAVENA, R.; SALATI, E.; DRIMMIE, R. J. Growth rates of natural Amazonian forest trees based on radiocarbon measurements. **Radiocarbon**, v. 30, p. 1-6, 1988.

OGATA, Y.; NOBUCHI, T.; FUJITA, M.; SAHRI, M. H. Growth rings and tree growth in young Para rubber trees from Peninsular Malaysia. **IAWA Journal**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 43-56, 2001.

POLGE, H. Fifteen years of wood variation densitometry. **Wood Science and Technology**, London, v. 12, p. 187-196, 1978.

POLGE, H. Une nouvelle méthode de détermination de la texture de bois: l'analyse densitométrique de clichés radiographiques. **Annales des Sciences Forestières**, Nancy, v. 20, p. 533-580, 1963.

PRÉVOST, M. F.; PUIG, H. Accroissement diamétral des arbres en Guyane: observations sur quelques arbres de forêt primaire et de forêt secondaire. **Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle**, 4ème Serie, 3. Section B: Adansonia [Botanique, Phytochimie], Paris, n. 2, p. 147-171, 1981.

PUMIJUMNONG, N.; ECKSTEIN, D.; SASS, U. Tree-ring research on *Tectona grandis* in northern Thailand. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 385-392, 1995.

ROIG, F. A. Dendrocronología en los bosques del Neotrópico : revisión y prospección futura. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 307-355.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Trees and wood in dendrochronology**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 402 p.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree-ring analysis of *Araucaria angustifolia* in southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin: New Series**, Leiden, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SILVA, J. N. M. **Manejo florestal**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 49 p.

STUIVER, M.; REBELLO, A. L.; WHITE, J. C.; BROECKER, W. Isotopic indicators of age/growth in tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. (Ed.). **Age and growth in tropical trees: new directions for research**. New Haven: Yale University, School of Forestry and Environmental Studies 1981. 137 p. (Yale University. School of Forestry and Environmental Studies. Bulletin, 94).

SZEICZ, J. M.; LARA, A.; DÍAZ, S.; ARAVENA, J. C. Dendrochronological studies of *Pilgerodendron uviferum* in southwestern Southwestern South America. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 245-270.

TOMAZELLO FILHO, M. *Araucaria angustifolia*, the brazilian pine for dendrochronological studies. In: SOUTHEAST ASIAN DENDRO WORKSHOP, 1., 1998, Chiang Mai. **[Workshop...]**. [S.l.]: Lamont-Doherty Geological Observatory, 1998. p. 14.

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.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, 2001a. p. 117-143.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. The genus *Toona* (Meliaceae): dendrology, ecology and wood anatomy with reference to its applicability for tropical dendrochronology. **Palaeobotanist**, n. 50, p. 55-62, 2001c.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Potencialidade da família Meliaceae para dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 381-431.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S.; SPATHELF, P. *Cedrela angustifolia* Ses. Et Moc. X Dc., Meliaceae: potential species for tropical dendrochronology. **Palaeobotanist**, n. 50, p. 47-53, 2001b.

TOMAZELLO FILHO, M.; CARDOSO, N. S. Seasonal variations of the vascular cambium of teak (*Tectona grandis* L.) in Brazil. In: WIMMER, R.; VETTER, R. E. (Ed.). **Tree-ring analysis: biological, methodological and environmental aspects**. London: CABI, 1999. p. 147-154.

VARELLA, F. Senhores da mata. **Veja**, p. 58-60, 12 nov. 1997.

VETTER, R. E. Growth periodicity and age of Amazonian tree species. Methods for their determination. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 135-155.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. A idade de árvores da Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. M. (Ed.). **Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia**. Manaus: INPA, 1993. v. 2, p. 405-417.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. El niño may affect growth behaviour of Amazonian trees. **Geojournal**, n. 19, p. 419-421, 1989b.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 18, n. 1/2, p. 189-196, 1988.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin: New Series**, v. 10, n. 2, p. 133-145, 1989a.

VILLALBA, R. Métodos en Dendrogeomorfología y su potencial uso en América del Sur. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 103-134.

VILLALBA, R.; HOLMES, R. L.; BONINSEGNA, J. A. Spatial patterns of climate and tree growth variations in subtropical northwestern Argentina. **Journal of Biogeography**, n. 19, p. 631-649, 1992.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the Neotropics. **IAWA Bulletin: New Series**, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1989.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees: a review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 16, n. 4, p. 337-351, 1995.

WORBES, M.; JUNK, W. J. Dating tropical trees by means of  $^{14}\text{C}$  from bomb tests. **Ecology**, Tempe, v. 70, n. 2, p. 503-507, 1989.

WORBES, M.; JUNK, W. J. How old are tropical trees ? The persistence of a myth. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 3, p. 255-260, 1999.