

Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios XCharacterization of tree-rings of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. trees by X ray densitometryAngel Thiane Boschiero Ferreira¹ e Mario Tomazello Filho²**Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização dos anéis de crescimento, através de metodologias de histologia e de densitometria de raios X, de amostras de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* resinadas e não resinadas, de três classes de diâmetro. Árvores de pinus, de plantação florestal instalada em 1969, na Estação Ecológica Experimental de Itirapina, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, foram mensuradas e estratificadas em três classes de diâmetro do tronco. As árvores de pinus têm sido resinadas desde 2004, com a abertura de dois painéis simultâneos e opostos. Sessenta amostras do lenho foram extraídas do tronco das árvores através de método não destrutivo e, em laboratório caracterizados os anéis de crescimento e determinada a densidade aparente do lenho por densitometria de raios X. Os resultados das análises evidenciaram que (i) os anéis de crescimento falsos ocorrem nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais em resposta às variações climáticas; (ii) a densitometria de raios X possibilitou a demarcação dos limites dos anéis de crescimento; (iii) a densidade aparente média do lenho mostrou diferença significativa entre as árvores da classe de diâmetro alta em relação às das classes média-baixa; (iv) as características do lenho e dos canais de resina nas faces testemunha e resinada não mostraram diferenças significativas.

Palavras-Chave: *Pinus caribaea*, Anatomia da madeira, Densitometria de raios X, Anéis de crescimento

Abstract

This work aimed to determining the anatomical structure of wood, through methodology of histology and X-ray densitometry, of resin-tapped and not resin-tapped *Pinus caribaea* var. *hondurensis* trees samples, of three diameter classes. Pine trees, in forest plantation established in 1969, in the Ecological Experimental Station of Itirapina, from the Forestry Institute of São Paulo State, were measured and stratified into three classes of trunk diameter. The pine trees were resin-tapped since 2004, with the opening of two simultaneous and opposing panels. Sixty samples of pine wood trees were extracted from the tree trunk through a non-destructive method and in the laboratory. Tree rings were determined in the laboratory and wood apparent density by X-ray densitometry. The test results showed that: (i) false tree rings occur in the early wood and late wood of the tree rings due to climate change; (ii) the X-ray densitometry allowed the demarcation of the tree rings limits; (iii) the wood apparent density average was significantly different between the trees in high class diameter and in the medium-low class; (iv) the wood characteristics from the resin-tapped and non resin-tapped faces did not show significant differences.

Keywords: *Pinus caribaea*, Wood anatomy, X-ray Densitometry, Tree ring

INTRODUÇÃO

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é uma espécie tropical que ocorre naturalmente nas terras baixas de Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e no leste do México. Esta variedade é uma das mais estudadas entre os pinus tropicais e a mais importante para as regiões do centro e norte do Brasil e em áreas de

Queensland, Austrália, nas Ilhas Fiji e na Venezuela (DVORAK e MOURA, 2001; GOLFARI *et al.*, 1978). No Brasil, até os anos 80, mais de 50.000 ha foram plantados e dados estatísticos da SBS (SBS, 2008) reportam que 1.840.050 ha foram plantados com várias espécies de pinus, sendo o Paraná com a maior área (605.130 ha), seguido por Santa Catarina (318.120 ha), Bahia (238.390 ha) e São Paulo (202.010 ha).

¹Mestre em Recursos Florestais pelo Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: angeltbf@gmail.com

²Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: mtomazel@esalq.usp.br

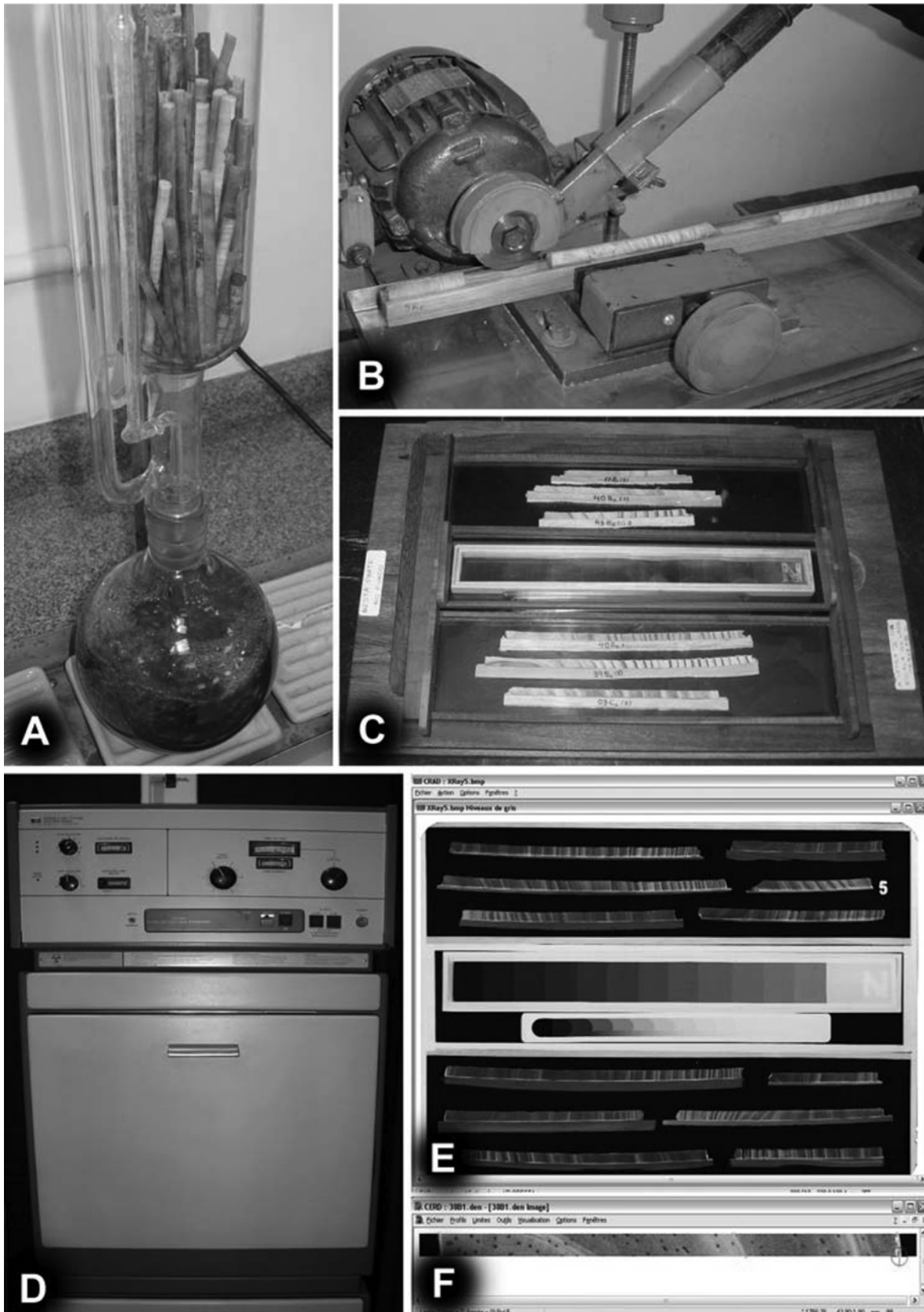


Figura 1. A metodologia de densitometria de raios X e a obtenção das imagens radiográficas do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: (A) extração da resina do lenho em aparelho soxhlet; (B) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (C) seções transversais das amostras do lenho em suporte sobre o filme radiográfico; (D) radiação das amostras do lenho em equipamento de raios X; (E) imagem da radiografia das amostras do lenho e análise no programa CRAD; (F) análise da amostra do lenho no programa CERD.

Figure 1. X-ray densitometry method and retrieval of radiographic images from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* wood: (A) extraction of the wood resin in Soxhlet apparatus; (B) cutting of wood samples by Double blade saws; (C) wood samples cross sections supported on radiographic film; (D) radiation of samples of wood by the X-ray equipment; (E) wood samples radiography image and its analysis by CRAD; (F) analysis of the wood sample by CERD program.

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* produzem lenho claro, amarelado, com anéis de crescimento formados por lenho inicial (normalmente largo, de baixa densidade) e tardio (normalmente estreito, de alta densidade), com textura grosseira e grã direita. O lenho depois de cortado seca relativamente devagar, com tendência a rachar na extremidade das toras, podendo, quando verde, ser atacado por fungos manchadores. A madeira é de fácil trabalhabilidade e o teor de resina pode causar problemas no seu corte. A resina e seus produtos (breu e terebintina) produzidos por essa variedade são considerados de boa qualidade (BERNI *et al.*, 1979; LORENZI *et al.*, 2003).

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam um rápido e vigoroso desenvolvimento inicial, formando madeira juvenil nos 5-8 anos iniciais, em relação às outras variedades de pinus. A madeira juvenil é constituída de anéis de crescimento largos, com maior proporção de lenho inicial; as traqueídes formadas nesse período têm menor comprimento e a madeira é considerada de qualidade inferior. Segue-se uma fase de transição do desenvolvimento do lenho, caracterizada pela passagem gradual da madeira juvenil para a madeira adulta, de maior densidade, melhor qualidade, traqueídes mais longas e % similares de lenho inicial e tardio: a madeira juvenil pode ter densidade até 2/3 menor do que a adulta e metade de sua resistência. A densidade média do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no seu local de origem, em Honduras, é de cerca de 0,53 g/cm³ (ONG, 1978; PLUMPTRE, 1984).

O método de densitometria de raios X tem sido aplicado na determinação da densidade do lenho das árvores de espécies de coníferas (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998; WEHR e TOMAZELLO FILHO, 2000; MEDEIROS *et al.*, 2008) e de folhosas (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2008), sendo que a variação da densidade é resultado da estrutura anatômica (disposição e dimensões dos elementos anatômicos) e composição química. A técnica de densitometria de raios X consiste, basicamente, na obtenção de imagens radiográficas do lenho através de um filme radiográfico, revelando o contraste dos anéis de crescimento (POLGE, 1966; FERRAZ e TOMAZELLO FILHO, 1978), permitindo, da mesma forma, obter a produção anual de biomassa de uma árvore (MOTHE *et al.*, 1998).

A correlação entre a densidade da madeira e dos lenhos inicial-tardio dos anéis de crescimen-

to e a porcentagem de parede celular, em relação ao lume das células, tem sido apresentada na literatura. Em um anel de crescimento do lenho de coníferas, as densidades máxima e mínima estão diretamente relacionadas com as dimensões transversais das traqueídes (NICHOLLS, 1984).

Pelo exposto, o presente trabalho tem com objetivo a caracterização dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por densitometria de raios X e análise comparativa dos valores de densidade com a estrutura anatômica dos lenhos inicial e tardio.

MATERIAL E MÉTODOS

A plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi instalada em 1969, na Estação Ecológica Experimental de Itirapina, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, localizada no município de Itirapina, SP. A região tem altitude média de 740 m, precipitação média anual de 1459 mm (período chuvoso de outubro-março; período seco de abril-setembro), temperatura média de 21,9° C (janeiro/fevereiro: 24,9-24,8° C; junho/julho: 17,8-17,9° C). A região é caracterizada por uma vegetação original denominada de bioma de cerrado strictu sensu. A área da plantação é de 28,22 ha sendo manejada através de desbastes (1981, 1985 e 1994), com 6.259 árvores atuais, em processo de resinagem desde 2004, com 2 painéis simultâneos e opostos (face leste e oeste das árvores), com produção mensal média de 305,64 g/ árvore (ZANCHETTA e DINIZ, 2006).

Para a caracterização dos anéis de crescimento por densitometria de raios X foram selecionadas 30 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de acordo com a distribuição de diâmetro do tronco, compreendendo 3 classes diamétricas, sendo 32,0-41,3; 41,3-50,7; 50,7-60,0 cm. Das árvores foram extraídas 4 amostras de lenho radiais/árvore, através da sonda de Pressler (6 mm de diâmetro), sendo 2 amostras do lenho a 1-2 cm acima da face dos painéis de resina e 2 amostras na lateral com casca do tronco, a mesma altura, totalizando 120 amostras. Destas foram analisadas 60 amostras do lenho, sendo 1 amostra do lenho da face "resinada" e 1 amostra testemunha por árvore de pinus.

Na preparação das amostras do lenho para a análise densitométrica procedeu-se à extração da resina em equipamento Soxhlet (8 h álcool-tolueno 1:1; 8 h álcool; 6 h água morna), seguindo-se sua secagem a temperatura ambiente.

As amostras do lenho foram fixadas em suportes de madeira e seccionadas em sua seção transversal (2 mm de espessura) em equipamento de dupla serra paralela. Em seguida, as amostras do lenho foram acondicionadas em câmara de climatização (12 h, 20°C, 50% UR) até atingir 12% de umidade. As amostras foram radiografadas com filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T-Mat, 240x180 mm) com equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N; 1,20 m distância da fonte de raios X-filme) com 5 min de exposição (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998). Os filmes radiográficos foram digitalizados em scanner Hewlett Packard ScanJet 6100C/T a uma resolução de 1000 dpi (pixel por polegada) em escala de cinza de 256 graus. Na imagem digitalizada foram feitas comparações entre a escala de cinza das amostras de madeira com a da curva padrão, sendo determinados os valores de densidade e convertidos para o arquivo tipo DEN, através do software CRAD. Na seqüência, o arquivo DEN é lido com auxílio do software CERD, considerando 500 x 10 (comprimento x largura) determinações de densidade para os segmentos de 25% do comprimento das amostras do lenho. Na montagem do perfil radial de densidade aparente do lenho utilizou-se o arquivo TXT, contendo os valores pontuais de densidade e os respectivos perfis de densidade aparente do lenho das árvores (MOTHE *et al.*, 1998). A partir dos perfis radiais de densidade aparente do lenho foram determinadas (i) densidade máxima, mínima e média dos anéis anuais de crescimento, (ii) densidade média dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento (Figura 1).

Para a caracterização da estrutura anatômica macro e microscópica do lenho e dos anéis de crescimento foram extraídas amostras de lenho+casca na face não resinada do DAP do tronco das árvores, com extrator motorizado Tanaka TED 262R acoplado a uma sonda metálica (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2004). Das amostras do lenho, próximo à região da casca, foram cortados corpos de prova (1x1x1,5 cm) orientados nos 3 planos de estudo, e preparadas lâminas histológicas permanentes.

Os corpos de prova do lenho foram imersos em solução de água+glicerina, levados à ebulição para o amolecimento (3 h), fixados no micrótomo de deslize e, aplicada uma mistura de resina plástica para PVC e acetato de butila (proporção 2:1) na sua superfície. Após a secagem da solução (5 min) procedeu-se à

obtenção de cortes histológicos (20 µm de espessura) dos 3 planos de estudo da madeira, com solução de álcool, que foram transferidos para vidros de relógio, clarificados (hipoclorito de sódio, 20%), lavados (ácido acético, 1%), desidratados (série alcoólica, 30-50-80-90-100%) e corados com safranina (após a série alcoólica 50%). Em seguida as seções do lenho foram transferidas para lâminas de vidro, aplicada uma resina e cobertas com lamínulas de vidro (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). A estrutura anatômica do lenho foi descrita de acordo com as "Normas e procedimentos aplicados na anatomia da madeira" (IBAMA, 1991) e da "List of microscopic features for softwood identification" (IAWA, 2004).

RESULTADOS

Os perfis radiais de densidade aparente do lenho das faces resinada e não resinada das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, representativas das classes de diâmetro baixo, médio e alto (Figuras 2-5), indicam que:

(i) para a árvore de pinus da classe de diâmetro baixa (árvore 17, Figura 2) as faces resinada e testemunha apresentam valores de densidade média, máxima e mínima de 0,67-0,69, 1,21-1,40 e de 0,45-0,44 g/cm³, respectivamente, com tendência linear crescente. Na posição radial de 5-4 cm (correspondente ao 12-14º anel de crescimento) observa-se uma redução da densidade do lenho e aumento da largura dos anéis de crescimento, caracterizada como resposta ao desbaste;

(ii) para a árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* da classe de diâmetro médio (árvore 43, Figura 3) as faces resinada e testemunha apresentam valores de densidade média, máxima e mínima de 0,68-0,77; 1,22-1,32 e de 0,31-0,37 g/cm³, respectivamente, com tendência de queda ou de estabilização da densidade no sentido medula-casca;

(iii) para a árvore de pinus da classe de diâmetro alta (árvore 03, Figura 4) as faces resinada e testemunha apresentam valores de densidade média, máxima e mínima de 0,67-0,60; 1,28-1,19 e de 0,39-0,39 g/cm³, respectivamente, com tendência linear de aumento da densidade aparente, bem como caracterizando as regiões de madeira juvenil, transição e adulta. Os anéis de crescimento falsos são comumente observados nas amostras radiais do lenho das árvores de pinus das três classes de diâmetro do tronco.

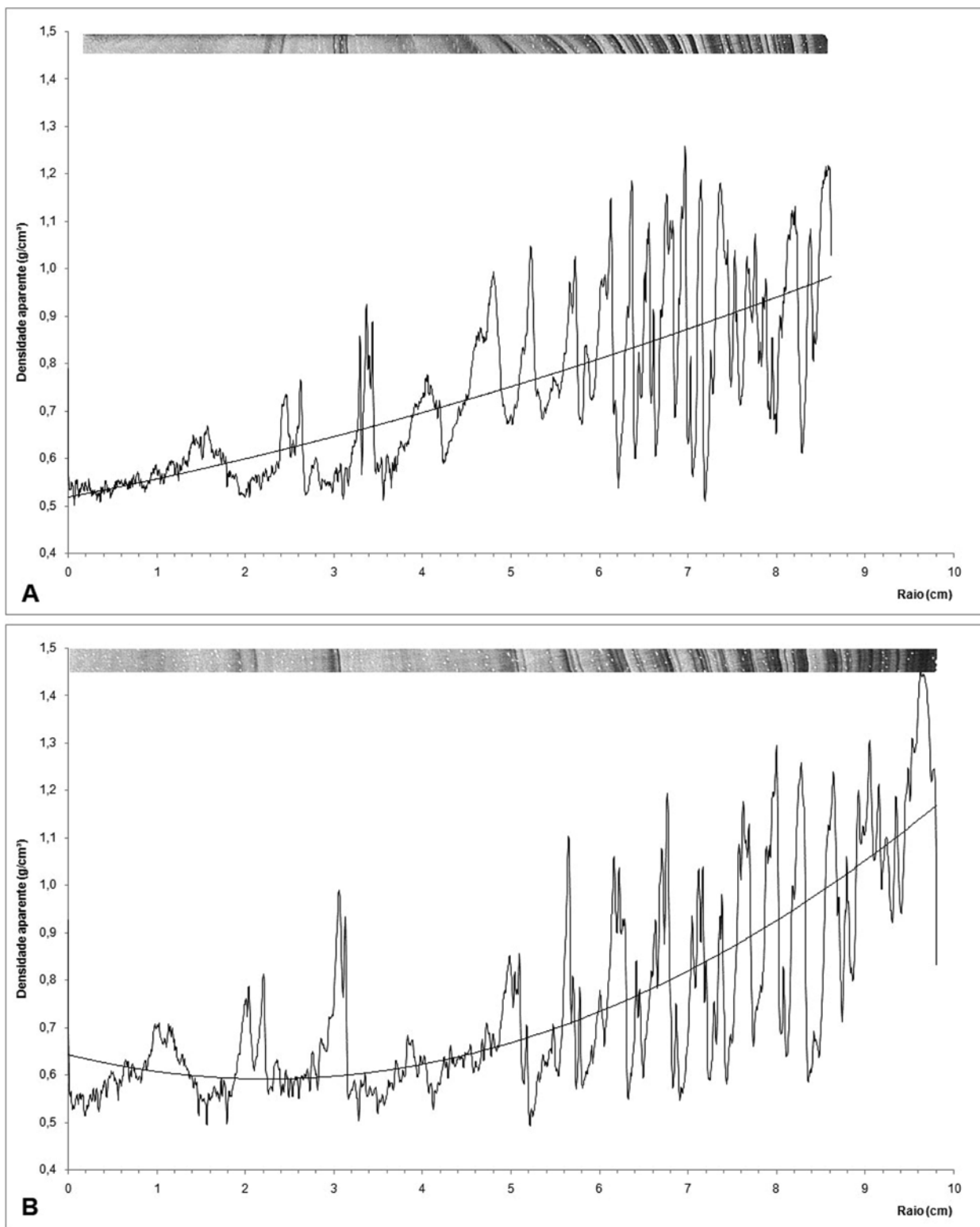


Figura 2. Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 17, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro baixo - (A) lenho resinado; (B) testemunha.

Figure 2. Radial profile of wood aparent density of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tree nº 17, from class of low diameter - (A) resin-extraced wood; (B) control.

Os valores da densidade aparente média, máxima e mínima do lenho das faces resinada e não resinada das 30 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Tabela 1) não foram significativos. A respeito dos valores de densidade do lenho do painel resinado destaque-se que o processo de resinagem é recente, iniciado em 2004 e, desta forma, seu

efeito não é perceptível na avaliação da densidade aparente do lenho. Os valores corroboram os resultados de Figueredo Filho *et al.* (1992), que observaram pequena diferença no crescimento das árvores de pinus resinadas e não resinadas, até o 15º ano, com a diferenciação no desenvolvimento das árvores ocorrendo em idades mais avançadas.

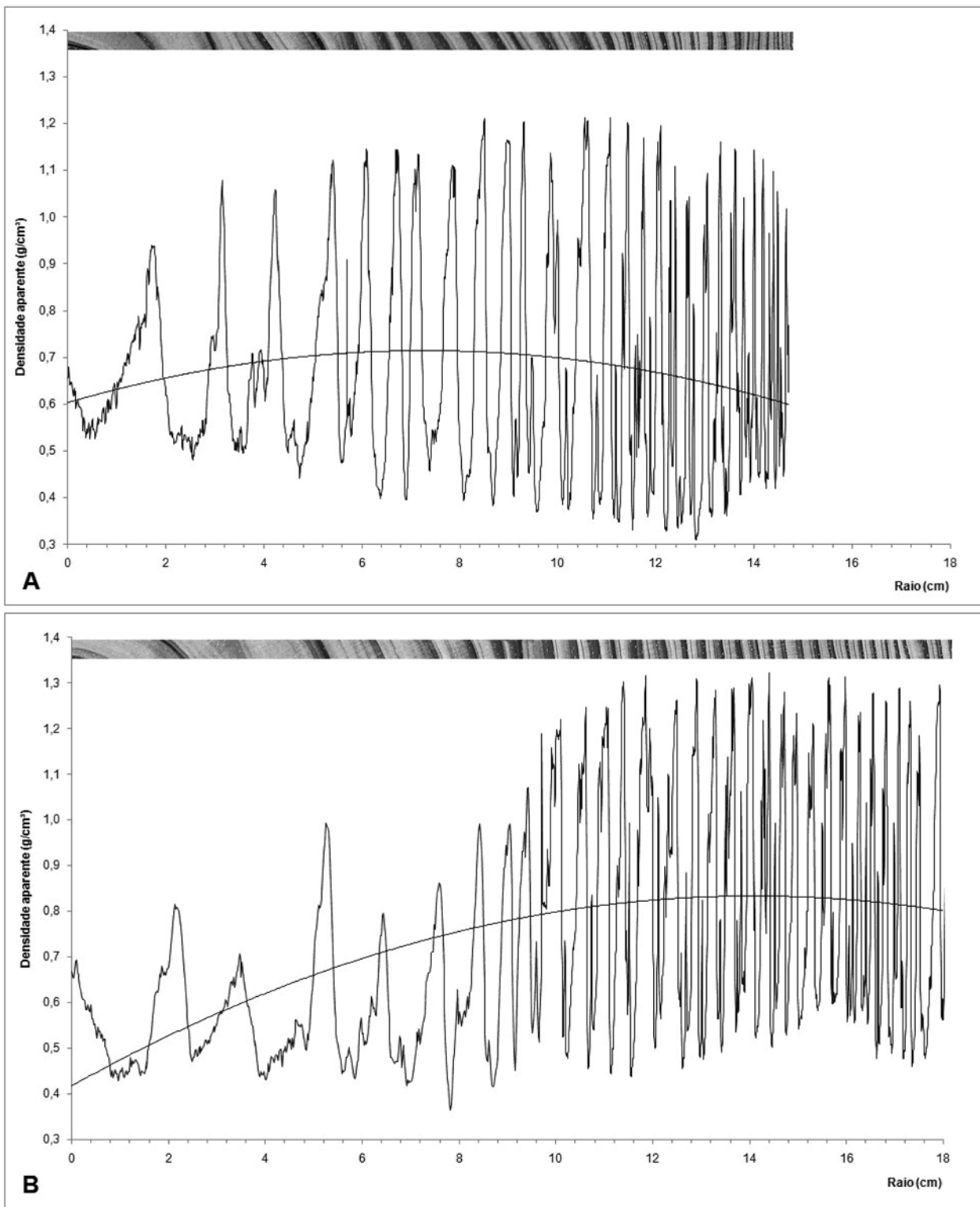


Figura 3. Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 43, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro médio - (A) lenho resinado; (B) testemunha.

Figure 3. Radial profile of wood aparent density from tree nº 43 of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, medium diameter class - (A) resin-extracted wood; (B) control).

Os valores de densidade aparente média, máxima e mínima do lenho das árvores de pinus, das três classes de diâmetro do tronco, não apontam diferenças significativas entre os painéis resinado e testemunha, conforme discutido anteriormente (Tabela 2). Para a densidade média do lenho das árvores, no entanto, foram

encontradas diferenças significativas entre as da classe de diâmetro alta em relação às das classes média-baixa. Nas árvores de maior classe de diâmetro do tronco verifica-se, pelo perfil densitométrico, uma gradativa diminuição da densidade média do lenho, face à variação radial da espessura dos lenhos inicial-tardio dos anéis de

crescimento. Os valores médios de densidade do lenho das árvores de pinus confirmam os obtidos por Bendtsen (1978) para *Pinus caribaea*, de 0,36 e 0,68 g/cm³ para os lenhos juvenil e adulto e para o lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no seu local de origem, em Honduras, de 0,53 g/cm³ (ONG, 1978). A ele-

vada frequência de anéis de crescimento falsos no lenho das árvores de pinus indica a variabilidade climática da região, especialmente, a precipitação pluviométrica com períodos de seca, denominados de veranico, na primavera-verão, além das características do solo do bioma cerrado, de elevada drenagem e profundidade.

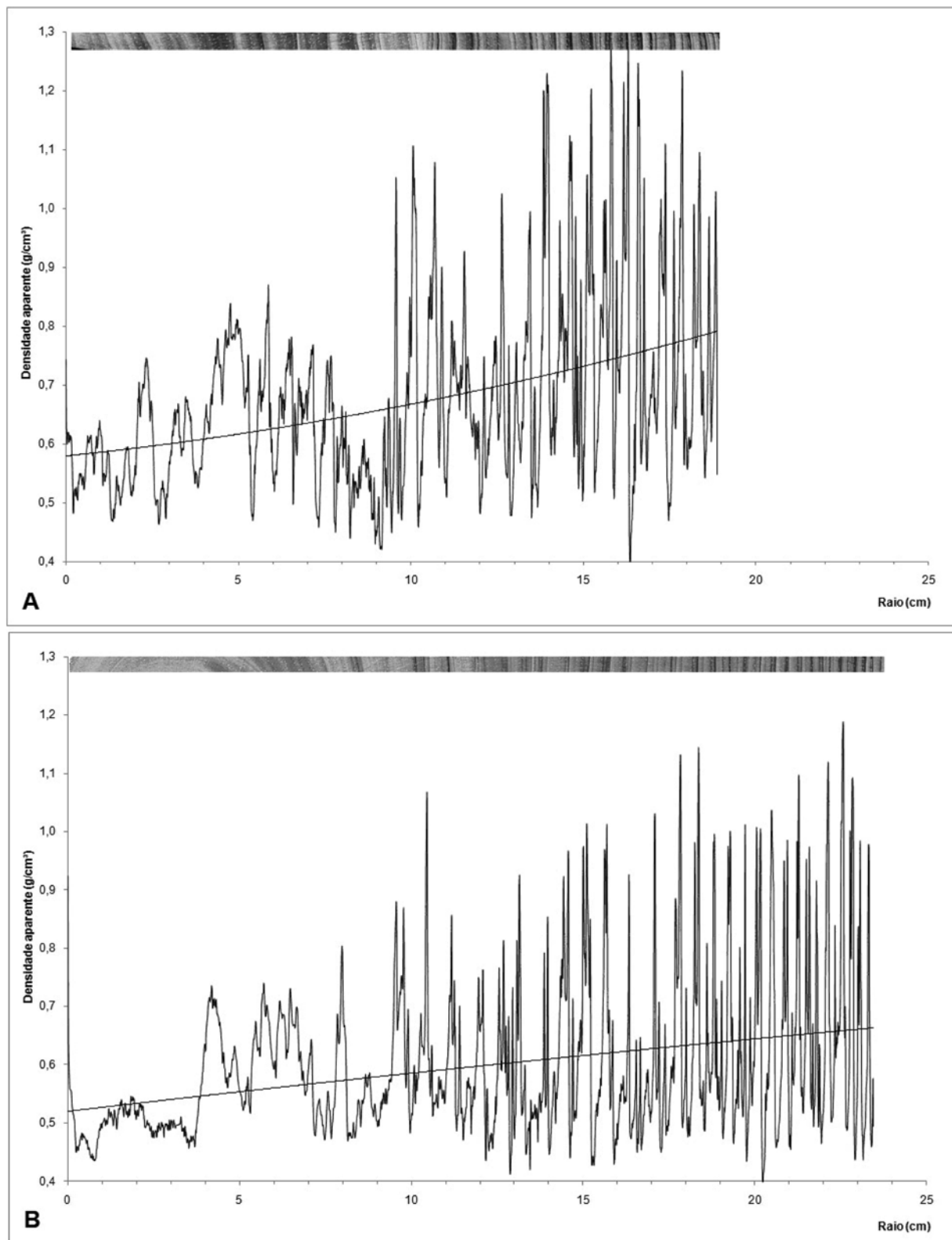


Figura 4. Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 03, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro alto - (A) lenho resinado; (B) testemunha.

Figure 4. Radial profile of wood aparent density from tree nº 03 of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, high diameter class - (A) resin-extracted wood; (B) control).

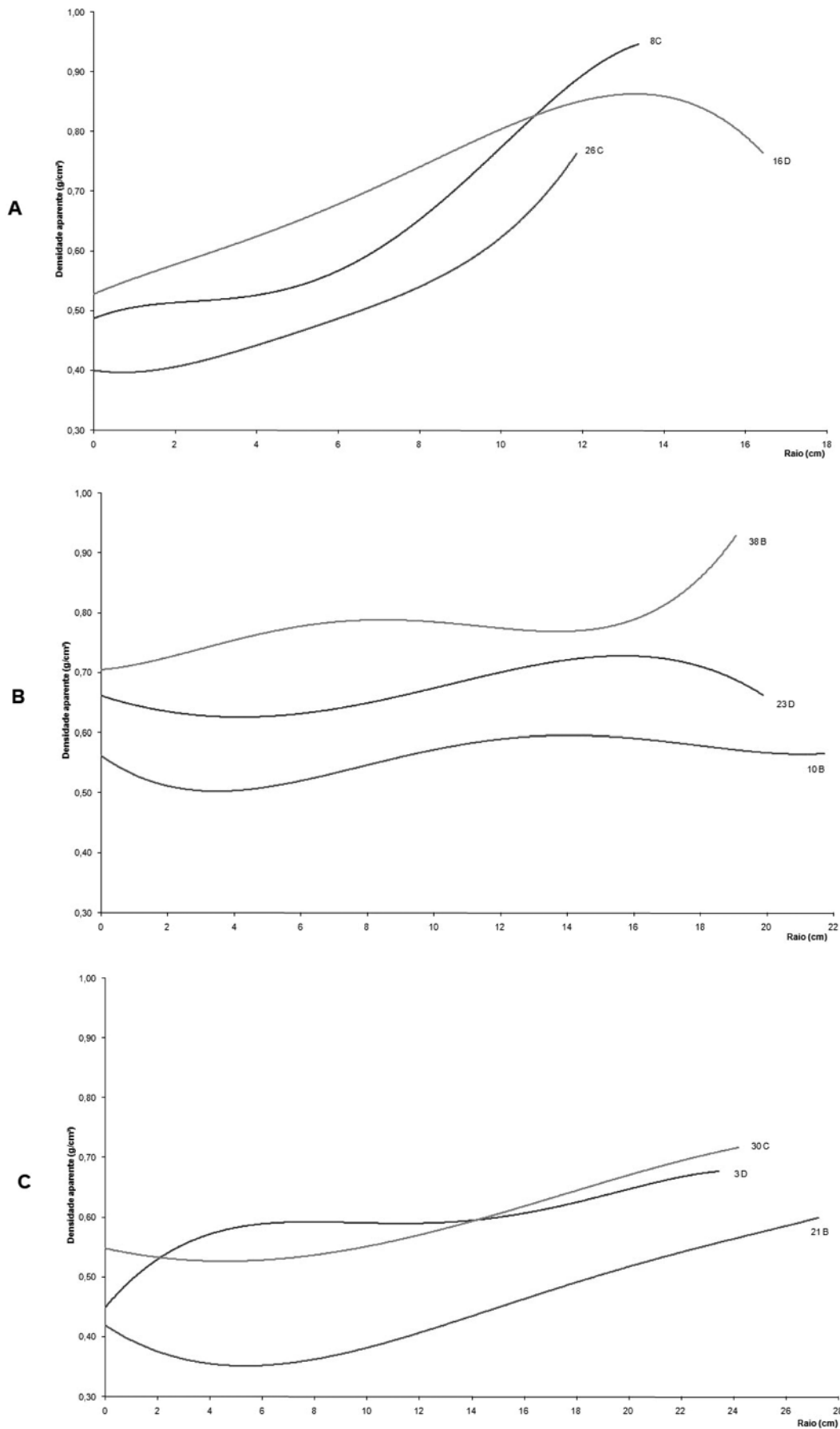


Figura 5. Variação radial da densidade aparente do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classes de diâmetro baixa (A); média (B); alta (C).

Figure 5. Radial variation of the apparent density from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* wood in the diameter classes: low (A), medium (B), high (C).

Tabela 1. Densidade aparente (g/cm³) por raio, por árvore, por painel (média, máxima e mínima).
Table 1. Apparent density (g/cm³) by ray; by tree and by panel (medium, maximum and minimum).

Árvores	DAP (cm)	Painéis	Raio (cm)	Densidade aparente (g/cm ³)		
				Média	Máxima	Mínima
3	52,8	C	18,86	0,67	1,28	0,40
3		D	23,44	0,60	1,19	0,40
4	39,0	A	21,19	0,79	1,24	0,41
4		B	15,47	0,72	1,26	0,41
5	40,5	C	9,54	0,66	1,33	0,26
5		B	13,64	0,74	1,50	0,27
6	33,5	C	7,43	0,59	1,05	0,19
6		B	11,87	0,75	1,34	0,45
7	43,3	C	15,46	0,52	1,17	0,22
7		D	19,23	0,67	1,12	0,33
8	32,8	C	13,38	0,63	1,52	0,36
8		D	14,59	0,56	1,03	0,34
9	42,0	C	12,48	0,80	1,53	0,35
9		D	13,64	0,82	1,64	0,45
10	41,5	C	13,03	0,57	1,03	0,28
10		B	21,73	0,57	1,03	0,32
11	32,0	A	11,41	0,70	1,47	0,29
11		B	13,00	0,76	1,45	0,45
12	42,5	C	10,00	0,54	1,08	0,19
12		D	17,64	0,51	1,01	0,32
16	36,5	A	15,95	0,71	1,37	0,30
16		D	16,44	0,73	1,42	0,42
17	34,5	C	8,61	0,67	1,21	0,45
17		D	9,80	0,69	1,40	0,44
20	36,0	C	11,44	0,83	1,65	0,33
20		D	11,88	0,66	1,04	0,36
21	60,0	C	27,26	0,45	0,95	0,27
21		D	26,17	0,50	1,09	0,22
22	37,0	A	16,08	0,52	1,06	0,24
22		B	19,38	0,59	1,14	0,36
23	44,0	C	12,03	0,68	1,44	0,35
23		D	19,89	0,68	1,38	0,38
26	37,8	C	11,87	0,52	1,21	0,29
26		D	13,71	0,59	1,18	0,37
28	60,0	C	23,35	0,71	1,47	0,40
28		B	24,12	0,70	1,44	0,38
29	38,5	C	14,43	0,70	1,48	0,35
29		D	12,60	0,75	1,51	0,43
30	58,8	C	24,20	0,59	1,26	0,39
30		D	27,40	0,53	1,06	0,27
34	40,8	A	25,44	0,68	1,36	0,38
34		B	16,48	0,72	1,37	0,38
35	41,0	A	21,05	0,75	1,23	0,50
35		B	14,16	0,76	1,69	0,46
37	42,5	C	16,99	0,65	1,23	0,38
37		B	23,56	0,67	1,18	0,32
38	44,5	C	17,07	0,71	1,20	0,40
38		B	19,08	0,78	1,27	0,38
39	48,0	C	21,19	0,81	1,22	0,42
39		D	31,30	0,64	1,18	0,38
40	47,8	C	19,41	0,60	1,30	0,37
40		B	15,12	0,58	1,39	0,31
41	35,8	C	13,46	0,77	1,40	0,34
41		B	13,25	0,71	1,28	0,32
43	45,0	C	17,23	0,69	1,23	0,31
43		D	20,11	0,71	1,31	0,35
44	39,8	A	18,31	0,76	1,25	0,41
44		D	17,39	0,78	1,28	0,42
45	38,5	A	15,74	0,79	1,73	0,49
45		B	13,11	0,82	1,75	0,48
Média		Resinado	16,13	0,67	1,30	0,34
		Testemunha	17,64	0,68	1,30	0,37
Máximo		Resinado	27,26	0,83	1,73	0,50
		Testemunha	31,30	0,82	1,75	0,48
Mínimo		Resinado	7,43	0,45	0,95	0,19
		Testemunha	9,80	0,50	1,01	0,22

Tabela 2. Densidade aparente média do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas 3 classes de diâmetro do tronco e na face testemunha e do painel de resinagem.

Table 2. Average apparent density of the *Pinus caribaea* var. *hondurensis* wood trees in three bole diameter classes in the control panel and the resin-tapping panel.

Classes de Diâmetro	DAP (cm)	Painéis	Densidade (g/cm ³)		
			Média	Máxima	Mínima
Baixa	37,1	Res.	0,69 (0,52 - 0,83)	1,35 (0,11 - 1,73)	0,35 (0,19 - 0,50)
		Test.	0,71 (0,56 - 0,82)	1,35 (1,03 - 1,75)	0,34 (0,27 - 0,48)
média			0,70 (a)	1,35 (a)	0,37 (a)
Média	44,1	Res.	0,66 (0,52 - 0,81)	1,24 (1,03 - 1,53)	0,33 (0,19 - 0,42)
		Test.	0,66 (0,51 - 0,82)	1,25 (1,01 - 1,64)	0,36 (0,31 - 0,45)
média			0,66 (a)	1,25 (a)	0,35 (a)
Alta	57,9	Res.	0,60 (0,45 - 0,71)	1,24 (0,96 - 1,47)	0,36 (0,27 - 0,34)
		Test.	0,58 (0,50 - 0,70)	1,19 (1,06 - 1,44)	0,32 (0,22 - 0,40)
média			0,59 (b)	1,22 (a)	0,34 (a)

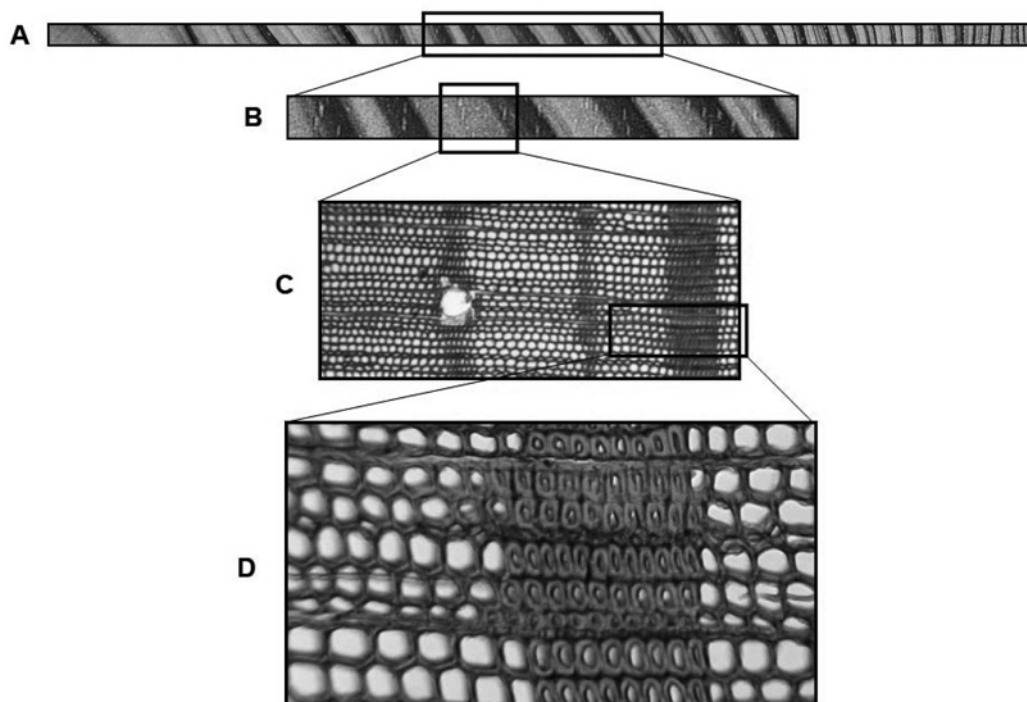


Figura 6. Estrutura anatômica da seção transversal do lenho de árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Estrutura macroscópica (A, B) de amostra radial, evidenciando os lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento e falsos anéis de crescimento. Estrutura microscópica (C, D) evidenciando o canal de resina, parênquima radial, falso anel de crescimento e lenho inicial-tardio de anel de crescimento anual, com diferença significativa da largura radial e da espessura da parede das traqueídes.

Figure 6. Anatomical wood structure of a transversal section from *Pinus caribaea* var. *hondurensis* trees. Macroscopic structure (A, B) from a radial sample, showing the early and late wood of the tree rings and false growth rings. Microscopic structure (C, D) showing resin duct, radial parenchyma, false growth ring and early-late wood from annual growth ring, with significant difference in radial width and the thickness of wall tracheids.

A caracterização macro e microscópica da estrutura anatômica do lenho de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* evidencia a presença de lenhos inicial e tardio, característicos dos anéis de crescimento anuais, de falsos anéis de crescimento, de canal de resina longitudinal e de parênquima radial (Figura 6).

Os lenhos inicial e tardio apresentam variações na largura no sentido radial, com transição gradual do lenho inicial-tardio de um mesmo anel de crescimento e abrupta do lenho tardio

e inicial da estação de crescimento subsequente. As traqueídes de lenho inicial têm formato prismático, hexagonal ou quadrangular, paredes celulares finas, lume largo, largura radial de 48,1 μm (35,4-65,1 μm), de coloração clara, correspondendo ao incremento do tronco das árvores no período vegetativo, quando a atividade cambial é intensa. As traqueídes de lenho tardio têm formato retangular, paredes celulares espessas, lume estreito, largura radial de 14,3 μm (9,6-20,1 μm), de coloração escura, correspondendo

ao incremento do tronco no final do período vegetativo, quando ocorre uma diminuição da atividade do câmbio. As dimensões transversais das traqueídes de lenho inicial e tardio têm relação com os valores de densidade (Figura 2-4; Tabela 1-2), sendo de 0,2-0,5 e de 0,8-1,2 g/cm³, respectivamente, em função da % de parede celular/lume das células por unidade de volume.

Os valores obtidos para os parâmetros anatómicos e de densidade do lenho corroboram os apresentados na literatura. (PLUMPTRE, 1984; CASTRO, 1991; VASQUEZ CORREA, 1995; CHIES, 2005).

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que (i) a técnica de densitometria de raios X possibilitou a identificação e a demarcação exata dos limites dos anéis de crescimento do lenho das árvores de pinus; (ii) os valores de densidade do lenho não mostraram diferenças significativas, nas faces testemunha e resinada, em função da data de início da resinagem; (iii) a densidade aparente média do lenho das árvores de pinus da classe de diâmetro alta e das classes média-baixa, mostrou diferença significativa, pela espessura e porcentagem dos lenhos inicial/tardio dos anéis de crescimento; (iv) anéis de crescimento falsos ocorrem em maior frequência no lenho inicial dos anéis de crescimento anuais face a variabilidade climática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.C.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela microdensitometria de raios X. *Revista Ciência e Tecnologia*, Piracicaba, v.6, n.11, p.17-23, 1998.

BENDTSEN, B. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Products Journal*, Madison, v.28, n.10, p.61-72, 1978.

BERNI, C.A.; BOLZA, E.; CHRISTENSEN, F.J. *South American timbers: the properties, uses and characteristics of 190 species*. Melbourne: CSIRO, 1979. 241p.

CASTRO, M.A. Anatomia del leño de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari. In: JORNADAS SOBRE *Pinus caribaea*, 1991, Eldorado. *Anais...* Eldorado: CIEF, 1991. p.219-25.

CHIES, D. *Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da madeira serrada de Pinus taeda L.* 2005. 197p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

DVORAK, W.S.; MOURA, V.P.G. Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.2, p.225-234, 2001.

FERRAZ, E.S.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Uso de métodos nucleares nos estudos da qualidade da madeira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., Manaus, 1978. *Anais...* Manaus: SBS, 1978. v.2, p.17-27.

FIGUEREDO FILHO, A.; MACHADO, S.A.; FIGUEREDO, D.J.; KIKUTI, P. Comparação do crescimento em diâmetro, altura e volume entre árvores resinadas e não resinadas de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. *Floresta*, Curitiba, v.22, n.12, p.13-24, 1992.

GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil*. Belo Horizonte: PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1978. 66p. (Série Técnica 1).

IAWA - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMY. List of microscopic feature for softwood identification. *IAWA Bulletin*, Leiden, v. 25, n.1, p.219-332, 2004.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. *Normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae, II. Gimnospermae*. Brasília, 1991. 19p.

JOHANSEN, D.A. *Plant microtechnique*. New York: MacGraw-Hill, 1940. 533p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V. *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368p.

MEDEIROS, J.G.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KRUG, F.J.; VIVES, A.E. Tree-ring characterization of *Araucaria columnaris* Hook and its applicability as a lead indicator in environmental monitoring. *Dendrochronologia*, Amsterdam, v.26, p.165-171, 2008.

- MOTHE, F.; SCIAMA, D.; LEBAN, J.M.; NEPVEU, G. Localisation de la transition bois initial - bois final dans un cerne de chêne par analyse microdensitométrique. **Annales des Sciences Forestières**, Paris, v.4, n.55, p.437-449, 1998.
- NICHOLLS, J.W.P. Tracheid cell dimensions and density relationships for normal and abnormal wood of *Pinus radiata* D. Don. **Australian Forest Research**, Melbourne, v.2, n.14, p.85-98, 1984.
- ONG, S.H. A study in the variation in some structural features and some wood properties of *Pinus caribaea*. 1978. 286p. Tese (Doutorado em Ciências) - Department of Forest, University of Oxford, Oxford, 1978.
- PLUMPTRE, R.A. *Pinus caribaea*: wood properties. **Tropical Forestry Papers**, Oxford, v.2, n.17, p.1-148, 1984.
- POLGE, H. Établissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographies d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants: applications dans les domaines technologique et physiologique. **Annales des sciences forestières**, Paris, v.23, n.1, p.1-206, 1966.
- SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. 2.ed. Iowa: State College Press, 1951. 228p.
- SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Área plantada com pinus e eucaliptos no Brasil (ha) - 2000. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm>. Acesso em: 10 out. 2008.
- TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p.46-55, 2004.
- TOMAZELLO FILHO, M.; BRAZOLIN, S.; CHAGAS, M.P.; OLIVEIRA, J.T.S.; BALLARIN, A.W.; BENJAMIN, C.A. Application of X-ray technique in nondestructive evaluation of Eucalypt wood. **Maderas: Ciência y Tecnología**, Concepción, v.10, n.2, p.139-145, 2008.
- VASQUEZCORREA, A.M. **Variação das características anatômicas e da densidade básica da madeira em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em função do espaçamento de plantio**. 1995. 85p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- WEHR, N.J.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, através da microdensitometria de raios X. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.58, p.161-170, 2000.
- ZANCHETTA, D.; DINIZ, F.V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na estação ecológica de Itirapina, SP, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.18, n.único, p.1- 4, 2006.

Recebido em 20/02/2009

Aceito para publicação em 22/07/2009