

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf.**

**Angel Thiane Boschiero Ferreira**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba  
2009**

Angel Thiane Boschiero Ferreira  
Engenheiro Florestal

**Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf.**

Orientador:  
Prof. Dr. **MARIO TOMAZELLO FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba  
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Ferreira, Angel Thiane Boschiero

Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. / Angel Thiane Boschiero Ferreira. - - Piracicaba, 2009.

83 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.  
Bibliografia.

1. Estrutura da madeira 2. Madeira - anatomia 3. Pinheiro 4. Resinas vegetais - qualidade  
I. Título

CDD 674.1  
F383c

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*A minha mãe Félia, pelo maior amor do mundo,  
Ao meu pai Gilio, pela educação e incentivo,  
Ao meu esposo André, minha alma gêmea, o amor da minha vida,  
A minhas irmãs, Clarissa e Daniela, que fazem meu mundo melhor...*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Ao orientador *Prof. Mário Tomazello Filho*, pela dedicação, competência e paciência na orientação deste trabalho;

Ao *Prof. José Otávio Brito*, pelo apoio e indicação ao mestrado; ao *Prof. Tadeu dos Santos Dias* pelas orientações nas análises estatísticas; aos *Professores José Tarcísio da Silva Oliveira e João Vicente de Figueiredo Latorraca* pelas sugestões e comentários;

Aos amigos, *Carlos Sette Jr., Matheus Peres Chagas, Jedi Rosero Alvarado, Moisés Lobão, Maria Aparecida Bermudez, Cláudio Lisi*, que foram muito mais do que parceiros de laboratório, foram amigos para toda hora;

Aos graduandos, *Mauro Soave Jr., André V. Filisetti, Alberto B. Christiano, Guilherme M. Tenório, Mayra Bonfim*, por acreditarem que depois de todo aquele trabalho o esforço valeu a pena;

A todos da Estação Experimental de Itirapina, do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, que me deram toda a ajuda necessária dentro da estação, em especial ao *Honório Carlos Fachin, Gilson Gianez e Paulo Ruffino*;

Aos responsáveis das empresas de resinagem que arrendam as árvores em Itirapina por facilitarem e ajudarem meu trabalho: *Rosendo Francisco Martins, Manuel Missias Gonçalves de Souza (Resipin Ltda), Ronivaldo Aparecido de Souza (Atenas Resinagem)*;

Ao Laboratório de Química, Celulose e Energia (LQCE), em especial a *Maria Regina Buch*.

Ao *Antonio Carlos Barbosa*, do IPT, pela valiosa técnica na confecção das lâminas.

A CAPES pela bolsa concedida; a ARESB pelo apoio a pesquisa;

Ao Departamento de Ciências Florestais da gloriosa ESALQ;

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho:

MUITO OBRIGADA!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos Gerais .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1 As árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	15
3.2 Caracterização do lenho de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	17
3.3 Canais de resina no lenho das coníferas.....	21
3.4 Processo de síntese e secreção de resina .....	25
3.5 Processo de resinagem .....	26
3.6 Fatores que afetam a produção de resina .....	27
3.7 Aplicação da densitometria de raios X no lenho de <i>Pinus</i> spp .....	28
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	31
4.1 Espécie florestal e caracterização da área experimental.....	31
4.2 Seleção das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	32
4.3 Extração das amostras do lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> por métodos não destrutivos .....	34
4.4 Análise macro e microscópica do lenho e dos canais de resina das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	35
4.4.1 Árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> selecionadas .....	35
4.4.2 Análise macroscópica do lenho e dos anéis de crescimento .....	36
4.4.3 Análise microscópica do lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	36
4.5 Caracterização dos anéis de crescimento do lenho das árvores de <i>Pinus</i> <i>caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> por densitometria de raios X.....	37

4.5.1 Árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> selecionadas .....	37
4.5.2 Preparo das amostras do lenho .....	38
4.5.3 Caracterização dos anéis de crescimento por densitometria de raios X.....	38
4.6 Determinação da frequência dos canais de resina no lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	39
4.6.1 Árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> selecionadas .....	39
4.6.2 Preparo das amostras do lenho .....	39
4.6.3 Determinação da frequência dos canais de resina no lenho das árvores .....	41
4.7 Análises estatísticas .....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
5.1 Caracterização da estrutura anatômica do lenho de árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	42
5.1.1 Descrição macroscópica do lenho .....	42
5.1.2 Descrição microscópica do lenho.....	42
5.1.3 Dimensões das traqueídes.....	46
5.2 Caracterização dos anéis de crescimento por densitometria de raios X .....	48
5.3 Caracterização dos canais de resina no lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	55
5.3.1 Distribuição e frequência dos canais de resina .....	55
5.3.2 Caracterização dos canais de resina .....	58
5.3.2.1 Canais de resina axiais .....	58
5.3.2.2 Canais de resina radiais.....	62
5.3.2.3 Intercomunicação dos canais de resina axiais e radiais.....	64
6 CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXOS .....	78

## RESUMO

### **Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf.**

As pesquisas com resinagem de árvores de espécies de pinus têm mostrado o efeito de fatores que afetam a produção e a qualidade da resina, relacionado com as espécies, variabilidade genética, taxa de crescimento, idade, manejo florestal, etc. As práticas de extração da goma-resina, a concentração, frequência da aplicação de estimulantes químicos, época de abertura dos painéis, etc., têm sido, da mesma forma, analisadas. No entanto, há necessidade do desenvolvimento de pesquisas direcionadas ao estudo da formação e da estrutura do lenho e dos canais de resina das árvores de pinus. Pelo exposto, o presente trabalho teve como objetivos a caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina, 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 das árvores de pinus foram extraídas do tronco das árvores através de método não destrutivo e, em laboratório, (i) analisada e descrita a estrutura anatômica macro e microscópica do lenho; (ii) caracterizados os anéis de crescimento e determinada a densidade aparente do lenho por densitometria de raios X; (iii) caracterizados e descritos os canais de resina axiais e radiais e sua interconexão. Os resultados das análises evidenciaram que (i) a estrutura anatômica macro e microscópica do lenho e dos anéis de crescimento é característica da espécie; (ii) os anéis de crescimento falsos ocorrem nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais devido as variações climáticas; (iii) a análise dos anéis de crescimento demonstrou que as árvores têm 38 anos, comprovada pela data de plantio; (iv) o comprimento e a espessura da parede das traqueídes não diferiram nas três classes de diâmetro do tronco; (v) a largura e o diâmetro do lume das traqueídes mostraram diferenças significativas, com maiores valores na classe de maior diâmetro do tronco; (vi) a densitometria de raios X possibilitou a demarcação dos limites dos anéis de crescimento e a determinação da frequência dos canais de resina axiais; (vii) a densidade aparente média do lenho mostrou diferença significativa entre as árvores da classe de diâmetro alta em relação as das classes média-baixa; (viii) os canais de resina axiais localizam-se em maior frequência no lenho tardio e apresentaram maior diâmetro de menor classe de diâmetro; (ix) 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; Canais de resina; Densitometria de raios X; Anéis de crescimento

## ABSTRACT

### **Characterization of the anatomical structure of the wood, the growth rings and the resin ducts in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf.**

The research on resin tapping trees with pine species have shown the effect of factors that affect the production and quality of resin, related with the species, genetic variability, growth rate, age, forest management, etc.. The gum-resin extraction practices, the concentration, frequency of application of chemical stimulants, the time of year that panels are opening, etc., have been in the same manner, discussed. However, there is need for further research directed to study the formation and structure of the wood and resin canals from the pine trees. Therefore, this work aimed to characterize the anatomical structure of wood, the tree rings and resin canals, 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 diameter of the trunk. The pine trees have been 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, (i) examined and described the macro- and microscopic anatomical structure of wood, (ii) characterized the tree rings and determined the wood apparent density by X-ray densitometry, (iii) characterized and described the ducts for axial and radial resin and its inter-connection. The test results showed that (i) the macro- and microscopic anatomical structure of wood and the tree rings are characteristic of the species, (ii) the false tree rings occur in the early wood and latewood of the tree rings due to climate change (iii) the analysis of tree rings showed that 38 years have proven the date of planting of the trees, (iv) the length and thickness of tracheids wall did not differ in the three diameter classes of the trunk, (v) the tracheids lumen width and diameter showed significant differences, with higher values in the larger diameter class trunk, (vi) the X-ray densitometry allowed the demarcation of the tree rings limits and determination of the axial resin canals frequency (vii) the wood apparent density average was significantly different between the trees in high class diameter from the medium-low, (viii) the axial resin canals can be found more frequently in the latewood and had larger diameter in the lowest diameter class, (ix) the wood and resin canals characteristics from the resin tapped and no resin tapped faces did not show significant differences.

Keywords: *Pinus caribaea*; Wood anatomy; Resin ducts; X-ray Densitometry; Tree ring

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do <i>Pinus caribaea</i> .....	16
Figura 2 - Área e distribuição de florestas plantadas com pinus no Brasil .....	16
Figura 3 - Esquema da constituição do lenho das Gimnospermas .....	17
Figura 5 - Formação do anel de crescimento do lenho de árvores de coníferas.....	18
Figura 6 - Variação radial da densidade do lenho de árvores de <i>Pinus</i> spp. ....	20
Figura 7 - Seção transversal do lenho de <i>Pinus contorta</i> .....	21
Figura 8 - Seção longitudinal tangencial do lenho de <i>Pinus strobus</i> .....	22
Figura 9 - Seção transversal microscópica do lenho com três anéis de crescimento e as respectivas variações de densidade intra e inter-anéis de crescimento do lenho de árvores de <i>Pinus sylvestris</i> .....	30
Figura 10 - Estação Ecológica Experimental de Itirapina .....	32
Figura 11 - Valores mensais médios de precipitação (mm) e de temperatura (°C) no período de 1982 -2003 no município de Itirapina, SP.....	32
Figura 12 - Vista geral do talhão 53 - <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	33
Figura 13 - Extração das amostras do lenho do tronco das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> através de método não destrutivo. ....	35
Figura 14 - A metodologia de densitometria de raios X e a obtenção das imagens radiográficas do lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> ....	40
Figura 15 - Análise dos canais de resina nas amostras do lenho das árvores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .....	41
Figura 16 - (A) Plano transversal macro (10x); (B) Plano transversal microscópico (25x); (C) Plano transversal com canal de resina axial; (D) Plano longitudinal tangencial com raios unisseriados e fusiforme (com canal de resina); (E) Plano longitudinal radial (100x de aumento); (F) Detalhe do raio fusiforme com canal de resina radial. (400x de aumento).....	44

- Figura 17 - (A) Plano longitudinal radial - detalhe seta: traqueídes radiais em parede secundária com formato denteado; (B) Plano transversal - detalhe setas: pontoações na parede das traqueídes ..... 45
- Figura 18 - Morfologia e avaliação das dimensões das traqueídes. (A) avaliação do comprimento (10 X). (B) avaliação da espessura da parede, largura e diâmetro do lume (400 X) ..... 47
- Figura 19 - Dimensões (em  $\mu\text{m}$ ) das traqueídes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas 3 classes de diâmetro do tronco: comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume ..... 48
- Figura 20 - 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 ..... 51
- Figura 21 - 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 ..... 52
- Figura 22 - 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 ..... 53
- Figura 23 - Variação radial da densidade aparente do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classes de diâmetro baixa (A); média (B); alta (C) ..... 54
- Figura 24 - Seção transversal do lenho de árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em 3 diferentes posições radiais (Árvore 35A) evidenciando os canais de resina ..... 57
- Figura 25 - Frequência dos canais de resina em 3 posições radiais dos lenhos inicial, tardio e do anel de crescimento do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ..... 58
- Figura 26 - Estrutura microscópica da seção transversal dos canais axiais ..... 59

- Figura 27 - Diâmetro médio e freqüência dos canais de resina axiais por árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em ordem crescente de DAP ..... 61
- Figura 28 - Largura e altura dos raios fusiformes contendo os canais de resina radiais no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em ordem crescente de DAP ..... 63
- Figura 29 - Intercomunicação dos canais de resina axial (CA) e radial (CF) ..... 65

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1 - Comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das traqueídes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas 3 classes de diâmetro do tronco.....47
- 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.....50
- Tabela 3 - Árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, posição radial, tipos de lenho e do anel de crescimento em relação a maior e menor freqüência de canais de resina axiais (canais/mm<sup>2</sup>).....56
- Tabela 4 - Freqüência dos canais de resina em 3 posições radiais dos lenhos inicial, tardio e do anel de crescimento do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.....57
- Tabela 5 - Diâmetro e freqüência dos canais de resina nos lenhos inicial, transição e tardio do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de 3 classes de diâmetro. ....61
- Tabela 6 - Altura, diâmetro e freqüência média dos raios fusiformes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* das 3 classes de diâmetro.....63

## 1 INTRODUÇÃO

Os resultados de inúmeras e importantes pesquisas sobre a resinagem de árvores de espécies de pinus realizadas, há décadas em nosso país, têm demonstrado o efeito de fatores que afetam a produção e a qualidade da goma-resina. Estes são relacionados com as espécies e variedades de pinus, a sua variabilidade genética, a taxa de crescimento, idade, dimensões e estado fitossanitário das árvores, o manejo florestal, as condições edafo-climáticas, etc. As práticas de extração da goma-resina, como os tipos, concentração, freqüência da aplicação de estimulantes químicos e os tipos, dimensões, freqüência, época de abertura dos painéis no tronco das árvores de pinus, têm sido, da mesma forma, analisadas. (GURGEL e FARIA, 1978; GARRIDO, 1994; SHIMIZU e SPIR, 1999).

No entanto, há necessidade do desenvolvimento de pesquisas direcionadas ao estudo da formação e da estrutura do lenho e dos canais de resina das árvores de pinus e sua relação com a produção e a qualidade da goma-resina. A literatura disponível, referente a estes tópicos é, de modo geral, resultado de pesquisas realizadas por instituições estrangeiras e divulgadas em revistas científicas internacionais (HODGES et al., 1981; YANG et al., 2007; ZHANG et al., 2008).

O lenho das árvores de espécies de pinus é constituído de uma estrutura anatômica relativamente simples, em relação ao das folhosas. De modo geral, mais de 90% do seu lenho é formado pelas traqueídes longitudinais, sendo células longas, fechadas nas extremidades, com inúmeras pontoações na parede e com função de transporte de seiva mineral e sustentação do tronco. As traqueídes formam os lenhos inicial e tardio que, por sua vez, constituem os anéis de crescimento anuais. O lenho das coníferas é, também, constituído pelas células do parênquima radial e, em algumas espécies pelo parênquima longitudinal, sendo curtas, de parede fina e com função de armazenamento de compostos orgânicos. No lenho das espécies de coníferas pode também ocorrer o parênquima epitelial ou resinífero, sendo tubos de 130-150 µm de diâmetro, com células epiteliais agrupadas formando os canais de resina. Estes ocupam cerca de 1% do lenho e desempenham funções fisiológicas importantes, além de vasta

aplicação e importância industrial e comercial (PANSHIN e ZEEUW, 1970; FAHN e ZAMSKI, 1970; CHIMELO, 1986).

A produção de goma-resina das árvores de pinus relaciona-se com a frequência e dimensões dos canais de resina verticais e horizontais, das características das células epiteliais e do padrão de distribuição dos canais de resina nos lenhos inicial e tardio. A formação e a estrutura dos canais de resina no lenho das árvores de pinus são controladas por fatores genéticos e do ambiente, incluindo as condições de clima, solo, manejo florestal, etc. (LARSON, 1994; WIMMER e GRABNER, 1997).

Dessa forma, é importante o estudo dos tecidos e células que compõem a estrutura anatômica do lenho das árvores de pinus, visando relacioná-los com as propriedades e uso da madeira, com a produção e qualidade da goma-resina, etc. Essa avaliação pode, também, constituir-se em parâmetro potencial para a previsão da produção de goma-resina e para a seleção genética de árvores superiores de pinus, bem como no estudo do efeito das práticas de extração de resina, de manejo florestal e das condições climáticas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos Gerais**

Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. e Golf.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Análise e descrição da estrutura anatômica macro e microscópica do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*;

Caracterização dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por densitometria de raios X;

Caracterização dos canais de resina no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

O gênero *Pinus* é constituído por 112 espécies e, dependendo do ponto de vista taxonômico, são divididos em 2 ou 3 subgêneros, sendo os subgêneros *pinus* (com 73 espécies) e *strobis*, os mais conhecidos (CONIFERS, 2008).

Segundo Dvorak e Moura (2001) 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 (Figura 1). Esta variedade é uma das mais estudadas entre os pinus tropicais e importante para as regiões do centro e norte do Brasil. O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tem importância em áreas de Queensland, Austrália, nas Ilhas Fiji e na Venezuela, que conta com a maior área de plantação de cerca de 600.000 ha, com um programa de plantio de 30.000 ha/ano (GOLFARI et al., 1978).

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* atingem até 45 m de altura e acima de 1 m de diâmetro, com copa formada por galhos geralmente retos e sem ramificações. A casca é grossa com fissuras largas de cor marrom avermelhado a marrom cinzento. Os fascículos são normalmente formados por 3 acículas podendo variar de 4-6 acículas (Honduras e Guatemala) e, excepcionalmente, 2 por fascículo (Guatemala). As folhas são aciculares, de 15-25 cm de comprimento e 1,5 mm de largura, serrilhadas, de cor verde escuro a amarelado. Os cones novos têm 1-1,5 cm de comprimento e os maduros têm 6-12 cm de comprimento, oblongos, pêndulos e de base obtusa. As sementes são pequenas, aladas, de 0,5 cm de comprimento, sendo que 1 Kg contém de 50-60 mil sementes. Essa variedade adapta-se a vários tipos de solos, incluindo os degradados, pobres, lixiviados e com boa drenagem, com bom crescimento das árvores em terra arenosa ácida (pH: 4.3-6.5) e, em menor escala, em terra arenosa-argilosa. Nos trópicos, em clima úmido as árvores dessa variedade podem formar “foxtail”, tolerando até 6 meses de seca e inundações esporádicas. As árvores têm bom crescimento a temperatura de 20-27°C e precipitação anual de 1000-1800 mm, existindo plantações com variação de 600-3900 mm. Em sua região de

origem a variedade desenvolve-se do nível de mar até 850m, ocasionalmente atinge 1000 m (MATTOS, 1979; PIEDRA, 1985; NIETO e RODRIGUEZ, 2001). Do lenho do tronco de árvores dessa variedade pode-se extrair goma-resina, sendo muito utilizadas para a arborização de parques e jardins (LORENZI et al., 2003).



Figura 1 - Distribuição do *Pinus caribaea* variedade *caribaea* (vermelho), *bahamensis* (roxo) e *hondurensis* (azul) (FARJON e STYLES, 1997)

No Brasil, até os anos 80, mais de 50.000 hectares foram plantados, no período de incentivo fiscal, muitos em área de Cerrado. Dados de 2000 da SBS (SBS, 2008) reportam 1.840.050 ha de pinus (várias espécies) plantados no Brasil, sendo o Paraná o estado com maior área plantada (605.130 ha), seguido por Santa Catarina (318.120 ha), Bahia (238.390 ha) e São Paulo (202.010 ha). Segundo a ABRAF (ANUARIO, 2008) no período de 2005 - 2007 houve uma diminuição da área plantada total de pinus no Brasil (Figura 2).

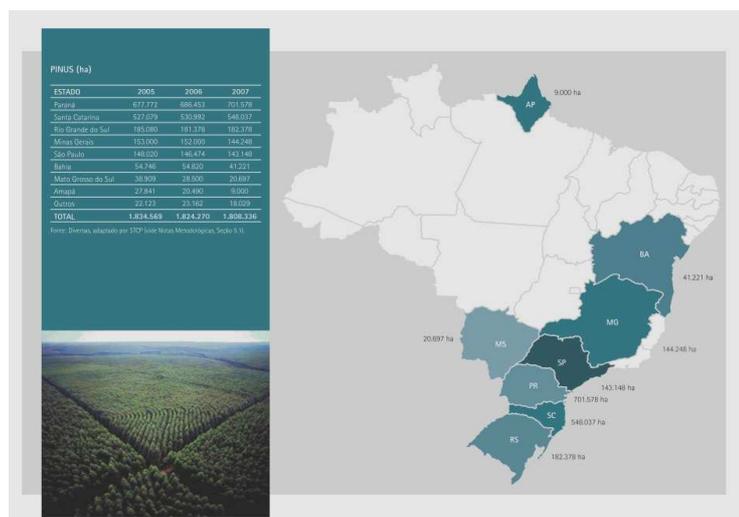


Figura 2 - Área e distribuição de florestas plantadas com pinus no Brasil (2005-2007) (ABRAF, 2008)

### 3.2 Caracterização do lenho de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

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).

O lenho das coníferas, denominadas também de não porosas (ausência de vasos) ou “softwoods” são, de modo geral, de menor densidade, dureza e resistência em comparação com a madeira das folhosas. A estrutura anatômica celular é relativamente simples, composta principalmente, de células semelhantes a tubos longos (2-6 mm comprimento), estreitos e de extremidades fechadas (traqueídes). A composição volumétrica do seu lenho é de 93 % de traqueídes, 1%, de canais de resina e 6 % de raios lenhosos (CHIMELO, 1986) (Figuras 3, 4).

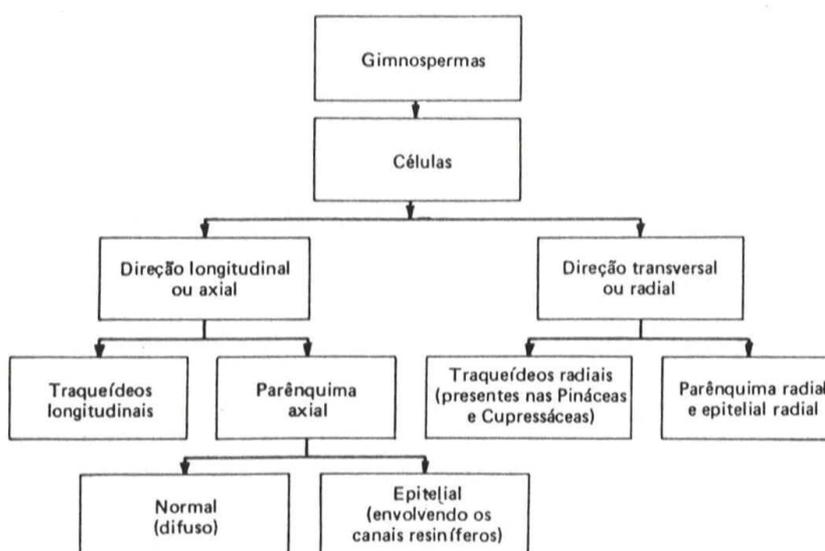


Figura 3 - Esquema da constituição do lenho das Gimnospermas (CHIMELO, 1986)

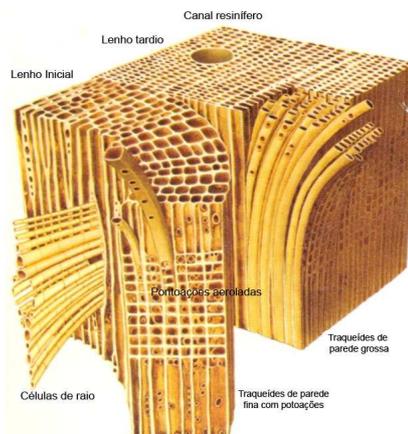


Figura 4 - Estrutura celular do lenho das coníferas (ESTEBAN et al., 2003)

Nos anéis de crescimento (Figura 5), o lenho inicial corresponde ao incremento do tronco das árvores de pinus no período vegetativo, quando a atividade cambial é intensa, com as traqueídes apresentando parede fina e lume largo e, desta forma, o seu conjunto tem coloração clara e menor massa específica. O lenho tardio é formado no final do período vegetativo, quando as árvores de pinus diminuem suas atividades vitais, e as traqueídes têm parede espessa e lume reduzido, de coloração mais escura e maior massa específica. Na seção transversal do tronco das árvores de *Pinus caribaea* os anéis de crescimento são formados por lenhos inicial e tardio de espessura variada e de transição gradual e de anéis de crescimento falsos (PANSHIN e DE ZEEUW, 1970; PLUMPTRE, 1984; CHIES, 2005).

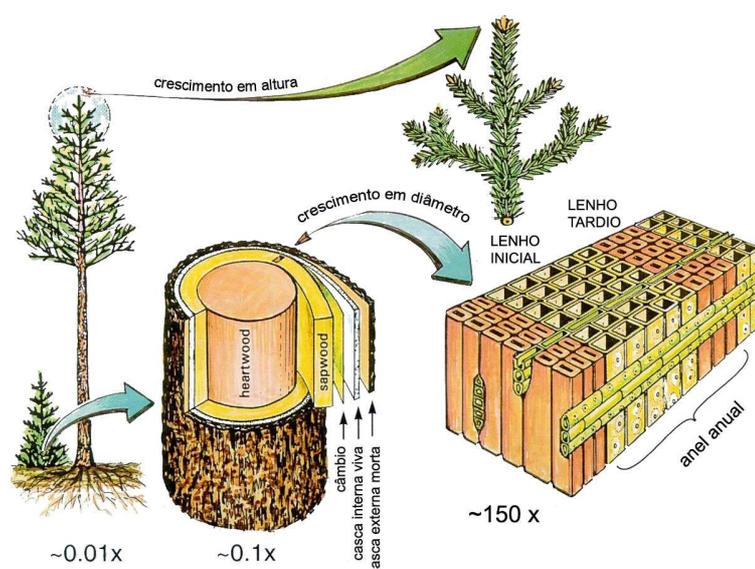


Figura 5 - Formação do anel de crescimento anual do lenho de árvores de coníferas (JOZSA, 1994)

As pontoações do campo de cruzamento são do tipo pinóide e a presença dos canais de resina epiteliais de paredes finas no lenho das árvores de espécies de pinus separam-nas das dos gêneros *Abies*, *Tsuga*, *Larix* e *Cedrus*; outras características importantes são ausência de espessamento espiralado na parede das traqueídes e traqueídes radiais de parede denteada, ou seja, com projeções na parede similares a ‘dentes’ e associadas com as espécies de pinus com 1-6 pontoações pinóides no campo de cruzamento (KUKACHKA, 1960; PHILLIPS, 1963; HEINZ, 2005).

Anatomicamente o lenho das árvores de *Pinus caribaea* é indistinguível de outros “pitch pine” (*P. oocarpa*, *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. rigida*). O *Pinus caribaea* se diferencia de outros pinus pelas traqueídes radiais denteadas, pelos canais de resina longitudinais grandes e numerosos e se intercomunicando com os canais de resina verticais. Os canais de resina ocorrem no lenho inicial e tardio apresentando maior freqüência no lenho tardio dos anéis de crescimento da madeira adulta (KOCH, 1972). Os canais de resina são formados por células epiteliais de parede fina e que secretam óleo-resina para o seu interior. A prática de resinagem parece aumentar a freqüência dos canais de resina na região do lenho acima do ferimento, bem como o rápido crescimento das árvores pode, também, aumentar o número de canais de resina (PLUMPTRE, 1984).

Com relação ao parênquima radial, no lenho das árvores de *Pinus caribaea* são formados 2 tipos, denominados de raios unisseriados e fusiformes, estes contendo canais de resina radiais no seu interior. Alguns autores indicam que quanto mais próximas da linha do Equador se localizam as árvores de pinus, maior é a freqüência de parênquima radial formado no seu lenho (KOCH, 1972).

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam um desenvolvimento inicial do seu lenho, formando a madeira juvenil, nos 5-8 anos iniciais, com vigoroso crescimento nessa fase, em relação a outras variedades de pinus. Na Figura 6 é possível visualizar o aumento da densidade no sentido medula-casca, e o desenvolvimento da madeira juvenil e adulta. A madeira juvenil é constituída de anéis de crescimento largos, como o seu lenho inicial em maior proporção do que o tardio; 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/cm<sup>3</sup> (ONG, 1978; PLUMPTRE, 1984).

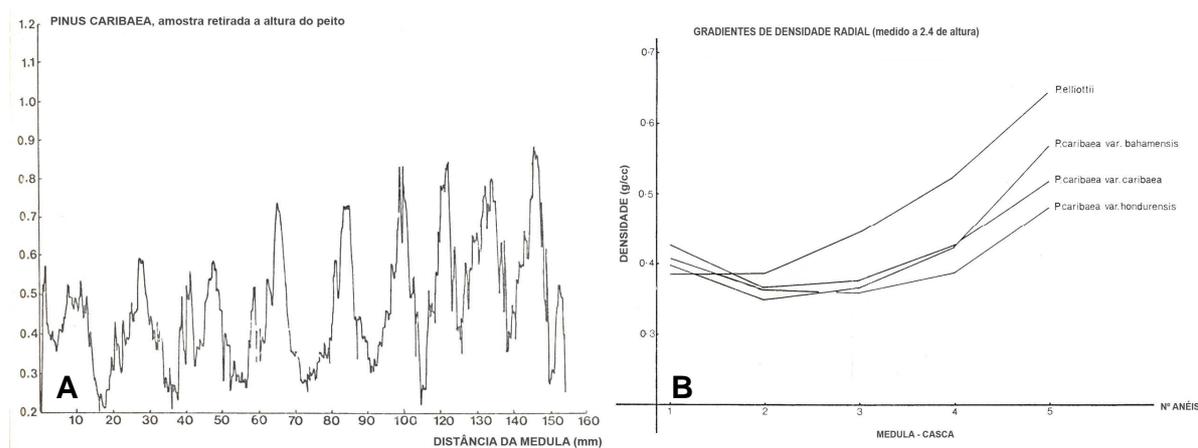


Figura 6 - Variação radial da densidade do lenho de árvores de *Pinus* spp. (A) Perfil de densidade intra e inter anéis de crescimento do lenho de *Pinus caribaea* por densitometria de raios X. (B) Variação da densidade no sentido medula-casca do lenho de árvores de *Pinus* spp (PLUMPTRE, 1984)

A densidade do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pode variar dentro e entre árvores, locais e condições da população, se natural ou plantada. Na Nicarágua, Belize, Guatemala, compreendendo as regiões de origem da variedade, a densidade do lenho variou de 0,59-0,65 g/cm<sup>3</sup>; em plantações da África do Sul, Malásia, Ilhas Fiji, Austrália, Jamaica a densidade foi de 0,33-0,50 g/cm<sup>3</sup> e nas plantações com árvores de até 17 anos, no Brasil, de 0,36-0,44 g/cm<sup>3</sup> (LONGWOOD, 1962; LEE E CHU, 1965; LAVERS, 1969, BOLZA E KLOOT, 1972; BANKS, 1979; RESCH E BASTENDORFF, 1978 apud PLUMPTRE, 1984).

Nas Ilhas Fiji, as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* formam lenho de densidade média-alta, podendo variar de 0,46-0,52 g/cm<sup>3</sup>, aos 15 anos, atingindo 0,54 g/cm<sup>3</sup>, aos 25 anos, comprovando o aumento da densidade com a idade das árvores (COWN et al., 1981).

### 3.3 Canais de resina no lenho das coníferas

Os canais de resina são canais intercelulares presentes no lenho das árvores de coníferas e que contêm resina (IAWA, 1964), constituindo o “complexo axial de canal de resina”, compondo a estrutura, o canal, as células do epitélio e as células subsidiárias (parênquima subsidiário e traqueídes, se presentes), derivadas de uma ou mais células fusiformes iniciais que sofreram divisão mitótica (KIBBLEWHITE e THOMPSON, 1973) (Figura 7).

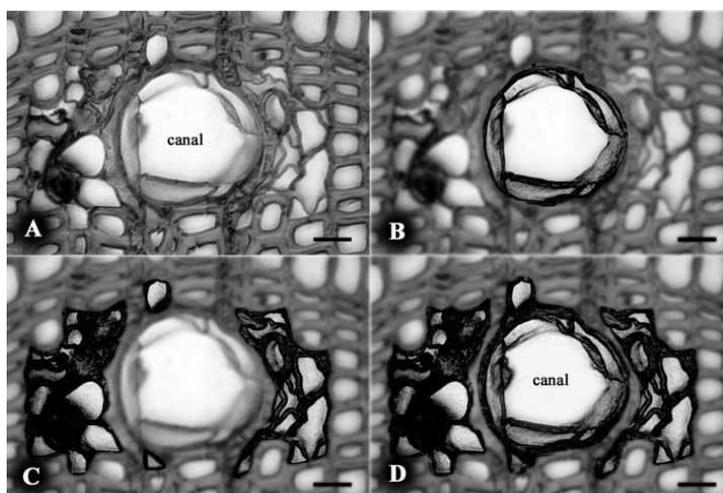


Figura 7 - Seção transversal do lenho de *Pinus contorta*. (A) Canal de resina; (B) Células epiteliais com contraste escuro; (C) Células subsidiárias com contraste escuro; (D) Complexo de canal de resina com contraste escuro. As células do parênquima radial não estão incluídas. Barra escala= 25  $\mu$ m (WIEDENHOEFT e MILLER, 2002)

Os canais de resina radiais estão localizados nos raios fusiformes do lenho das árvores, constituídos por células de parênquima radial dispostas nas regiões superior e inferior dos dutos de resina. As células epiteliais (3 ou 4 células) de forma triangular ou retangular alinham-se em cada duto radial de resina, sendo facilmente distinguidas do parênquima radial (menores e arredondadas). Os canais de resina radiais encontram-se, normalmente, localizados próximos dos dutos de resina longitudinais, possibilitando a sua intercomunicação (HODGES et al., 1981; WIEDENHOEFT e MILLER, 2002) Segundo Koch (1972) menos de 20% dos raios presentes no lenho de árvores de pinus são do tipo fusiformes e possuem canais de resina radiais. Os canais de resina estão, normalmente, isolados no lenho inicial e tardio dos anéis de crescimento, podendo, porém, ser observados pares de canais de resina (HEINZ, 2005), apresentando diâmetro variando de 60-300  $\mu$ m (WIMMER et al., 1999). No lenho de árvores de *Pinus*

*halepensis* os canais de resina longitudinais têm aproximadamente 4-10 cm de comprimento, sendo mais curtos nos ramos, podendo ter maior diâmetro no lenho de árvores de idade avançada (MUNCH, 1919; BANNAN, 1936; REIZ e WATSON, 1966) (Figura 08).

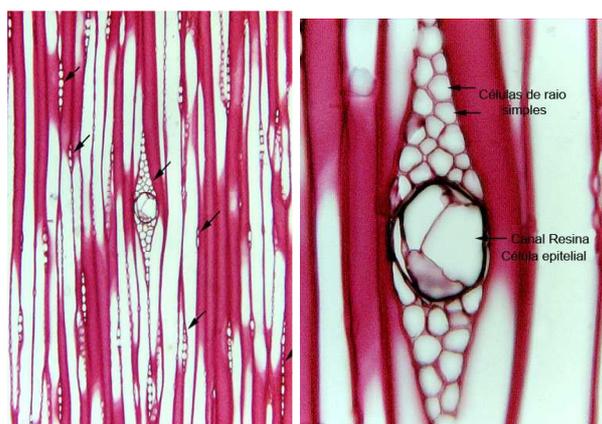


Figura 8 - Seção longitudinal tangencial do lenho de *Pinus strobus* evidenciando os raios unisseriados e os raios fusiformes com canais de resina (MAUSETH, 2008)

Na seção tangencial do lenho de árvores de *Pinus densiflora* determinou-se uma freqüência de 0,76 canais de resina radiais/mm<sup>2</sup>, as variações no diâmetro de 120-340 e de 260-340  $\mu$ m, no floema e no xilema, respectivamente e a intercomunicação entre os canais de resina radiais e longitudinais (ZHANG et al., 2008). Segundo Wu e Hu (1997) a freqüência de canais de resina no lenho de pinus pode variar de 0,50-2,0 canais de resina/mm<sup>2</sup>. Segundo Werker e Fahn (1970) e Fahn (1982), os canais de resina longitudinais estão interconectados com os canais de resina de cada plano radial, formando uma incrível estrutura em rede.

No lenho de *Pinus elliottii*, Mergen et al. (1955) encontraram uma correlação entre a idade das árvores, representada pelo número de anéis de crescimento a partir da medula, com a freqüência e tamanho dos canais de resina: a freqüência dos canais de resina decresce de forma curva até os 20 anos e o tamanho dos canais dos canais de resina diminui linearmente até os 30 anos de idade das árvores.

Os canais de resina são comuns no lenho das árvores de gimnospermas coníferas, sendo uma característica comum no corpo primário desse grupo de plantas (HANES, 1927). No corpo secundário os canais de resina são mais susceptíveis de ser

influenciados por fatores externos. Nas pináceas, menciona-se que os canais de resina são formados em resposta de ferimentos ou injúrias nas árvores dos gêneros *Abies*, *Tsuga*, *Cedrus* e *Pseudolarix*. Nas árvores dos gêneros *Pinus*, *Picea*, *Larix* e *Pseudotsuga* são estruturas normais do lenho. De acordo com as características dos canais de resina, Jeffrey classificou as pináceas, em 1905 (BANNAN, 1936).

No 1º grupo de árvores de espécies de pináceas, os canais de resina traumáticos estão dispostos de forma agrupada no seu lenho e estão confinados às áreas de injúrias, formando séries tangenciais. No 2º grupo, os canais de resina normais, são mais largos e distribuídos nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento, distantes dos tecidos lesionados ou de injúrias. O gênero *Pinus*, dentre as coníferas, é considerado como o que possui canais de resina mais fortemente controlados por fatores internos (THOMPSON e SIFTON, 1925; BANNAN, 1933, 1936; MIROV, 1967).

No lenho das árvores de *Pinus halepensis* os canais de resina longitudinais não são formados no início da atividade cambial (na primavera) e somente estação de crescimento próxima à formação do lenho tardio do anel de crescimento anual. As auxinas induzem a formação dos canais de resina longitudinais no lenho das árvores, bem como um maior crescimento radial do seu tronco. Os canais de resina formados no lenho por indução com auxinas não são formados imediatamente após o tratamento, mas, somente, um mês mais tarde, como no processo fisiológico de formação do canal de resina natural (diferença de tempo do início da atividade cambial e a formação dos canais de resina). As injúrias também estimulam a formação dos canais de resina traumáticos, mas somente em considerável região de lenho sem canais de resina naturais (FAHN e ZAMSKI, 1970).

Os canais de resina longitudinais ocorrem, normalmente, na região mais externa do lenho inicial e no lenho tardio dos anéis de crescimento, desenvolvendo-se a partir da atividade do câmbio, pouco depois de formadas as camadas iniciais de traqueídes. O canal de resina longitudinal conecta-se com o canal de resina radial formando uma conexão no lenho das árvores. O canal de resina radial do xilema se estende através do câmbio, tendo continuidade com um canal de resina correspondente no floema; na extremidade exterior do canal de resina longitudinal do floema encontra-se uma

vesícula de aspecto “quístico” e na região cambial o lume do canal de resina se encontra fechado (REID e WATSON, 1966; LARSON, 1994). A ausência de conexões tangenciais entre os canais de resina do lenho, o comprimento limitado dos canais de resina longitudinais e a falta de conexão entre os canais de resina dos órgãos distintos da planta podem explicar as diferenças na composição da fração terpênica da goma-resina a diferentes alturas do tronco das árvores de coníferas e entre os seus diferentes tecidos (ZAVARIN, 1968a, 1968b; ROBERTS, 1970).

A formação dos canais de resina longitudinais pode ser influenciada por condições externas (LARSON, 1994) como, por exemplo, as altas temperaturas (verão) e alterações do fotoperíodo; a alta temperatura é um dos fatores que mais afetam a frequência dos canais de resina no lenho das coníferas (WIMMER e GRABNER, 1997). Em árvores de *Pinus sylvestris* nos Alpes Suíços demonstrou-se uma correlação entre a frequência dos canais de resina e a temperatura do ambiente, independente das características do local (RIGLING et al., 2003). A frequência e a distribuição dos canais de resina nos anéis de crescimento, a variação radial e longitudinal no lenho das árvores e a influência exercida pelos fatores externos (solo, clima, temperatura, etc.) são temas escassamente estudados (WIMMER et al., 1999).

Em árvores de *Pinus echinata*, *P. elliotii*, *P. palustris* e *P. taeda* não foram observadas correlações entre a taxa de fluxo de goma-resina com o número de canais de resina, indicando que o fluxo de resina relaciona-se com outras prováveis características, como a viscosidade, o volume de resina no sistema, a taxa de cristalização, a pressão de exsudação, etc. (HODGES et al., 1981).

Estudo recente realizado por YANG et al. (2007) em árvores de *Pinus radiata* demonstrou uma alta correlação entre a frequência dos canais de resina com a temperatura do ambiente e com a largura do anel de crescimento e baixa correlação com o tamanho dos canais de resina; número e o tamanho dos canais de resina aumentam da medula para a casca. Muitos pesquisadores têm estudado os canais de resina no lenho das árvores de coníferas pela sua importância na tecnologia e uso da madeira e para a extração comercial da goma-resina (FAHN e ZAMSKI, 1970).

### 3.4 Processo de síntese e secreção de resina

A secreção é um fenômeno comum em muitos grupos de plantas. A formação da parede celular e da cutícula, a suberização, a deposição de cera e a migração de substâncias específicas do citoplasma para os vacúolos representam processos de secreção. Alguns destes tipos de secreção ocorrem em quase todos os tecidos vivos das plantas, enquanto alguns são comuns a determinados tecidos da maioria das plantas. Além da secreção dos tipos de substâncias mencionadas, existem células ou grupos de células ou estruturas mais complexas que secretam substâncias específicas. Estas estruturas secretoras se encontram em muitas espécies de plantas e em específicos órgãos ou tecidos. Analisando os processos de secreção e equiparando-os com os que ocorrem no reino animal podem ser verificadas diferenças. Desta maneira, têm-se utilizado normalmente os termos excreção (eliminação dos produtos finais do metabolismo) e secreção (eliminação de substâncias que podem tomar parte dos processos metabólicos) (ESAU, 1965; APPEZZATO-DA-GLÓRIA e GUERREIRO, 2003).

São muitas as estruturas secretoras existentes no corpo das plantas, como os idioblastos, tricomas glandulares e nectários, além dos canais de resina que são estruturas anatômicas complexas e que formam sistemas organizados dentro dos órgãos das plantas. No lenho das árvores a resina é localizada nas células do parênquima ou nos tecidos de secreção (canais de resina, células de óleo e laticíferos). A goma-resina tem componentes não polares, lipolíticos (óleo-fílicos) com “dielectricity” menor do que 3.0 o que a distingue dos outros extrativos da madeira (fenóis, carboidratos, etc.). Os grupos químicos que definem as resinas são 4, sendo que 3 estão presentes nas células do parênquima (ésteres, gorduras e álcoois) e o 4º grupo, os terpenos e terpenóides, com baixa massa molecular, ocorrem como polímeros e são normalmente biossintetizados no câmbio (BACK, 2002).

Discute-se, no entanto, na literatura especializada sobre as organelas de síntese da resina nas células epiteliais e nas células da bainha das árvores de pinus. Wooding e Northcote (1965) propõem que, inicialmente, a síntese ocorre nos plastídios e, posteriormente, no retículo endoplasmático. Para Weker e Fahn (1968) a síntese ocorre

nos esferosomas e assinalam que estes se desenvolvem a partir o retículo endoplasmático. Novas informações científicas têm sido relatadas com o estudo da natureza da secreção, observando o processo de secreção de segmentos isolados do xilema secundário “in vitro” (ZAMSKI e FAHN, 1972). Yanamoto e Kozlowski (1987) relataram que o ethrel - um composto que promove a liberação de etileno - estimula e aumenta o número de canais de resina no lenho das mudas de *Pinus halepensis*.

### 3.5 Processo de resinagem

A goma resina, ou a resina propriamente dita, é um termo aplicado ao líquido viscoso segregado pelas células epiteliais dos canais de resina, especialmente ativos na parte exterior do alburno. Por meio da resinagem, são feitas incisões no lenho do tronco das árvores de coníferas, expondo-se os canais de resina por onde exsuda a resina (BRITO e STAPE, 1984).

O processo de resinagem teve início no Brasil na década de 70 evoluindo, de tal forma, que no final da década de 80, o país passou da condição de importador para exportador. Esta atividade é responsável por milhares de empregos diretos e indiretos no setor florestal-rural, em função das inúmeras aplicações da goma resina na indústria química (FIGUEREDO FILHO et al., 1992).

O processo de resinagem das árvores de pinus consiste na (i) raspa de tronco (limpeza da casca a altura de aprox. de 60 cm); (ii) estria de instalação (incisão na casca para fixação do saco plástico); (iii) instalação do saco plástico (amarração do saco, com arame ao redor do tronco); (iv) abertura da estria (corte com aparelho retirando uma secção de casca mais o câmbio, com 2,5 cm de largura e comprimento máximo igual ao DAP); (v) aplicação de pasta ácida; (vi) coleta da goma resina e da raspa (resina impregnada no painel após a 2-3ª safra) (BAENA, 1994).

Normalmente, utilizam-se árvores de pinus para a resinagem pela possibilidade de produção de madeira e de resina. Por destilação, a resina fornece uma fração volátil, a terebintina e uma fixa, o breu. A terebintina é utilizada como solvente de tintas especiais e, principalmente, nas indústrias química e farmacêutica. O breu é aplicado na fabricação de tintas, vernizes, plásticos, lubrificantes, adesivos, inseticidas,

germicidas e bactericidas. Seu principal emprego, todavia, está na fabricação de cola de breu de uso generalizado na indústria de papel. São conhecidas ao menos 30 aplicações para o breu (colofônia) e 40 para a terebintina, movimentando um grande mercado mundial de resina, com destaque para a China (AUGUSTO FILHO, 1994).

A previsão da safra de resina no Brasil no período de 2007/2008, a partir de árvores de *Pinus elliottii* e de pinus tropicais foi de 67.898 e 38.468 ton., respectivamente. O estado de São Paulo é responsável por cerca de 50% da produção, sendo que a China tem uma produção de 61% de breu do mundo e o Brasil de 7% (ASSOCIAÇÃO, 2008; SBS, 2008).

Em 2002, a produção brasileira de resina foi de cerca de 100.000 ton., representando uma movimentação financeira de US\$ 25 milhões. As árvores de *Pinus elliottii* destacam-se como as da espécie mais importante para a produção de madeira e resina, sendo plantadas com sucesso nas regiões sul e sudeste. As árvores de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, var. *bahamensis* e var. *hondurensis* são, também, importantes no segmento de produção de resina no país (SHIMIZU, 2004). O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foi a variedade com maior rendimento em breu e, conseqüentemente, menor rendimento em terebintina. O resultado foi diferente da resina produzida pelas árvores das demais espécies de pinus, com rendimentos superiores em terebintina e destaque em rendimento de breu (CAPITANI et al., 1980). Segundo Plumptre (1984) a resina de *Pinus caribaea* possui 70 % de breu e 10-20 % de terebintina e a variedade *hondurensis* produz duas vezes mais resina do que as outras variedades.

### **3.6 Fatores que afetam a produção de resina**

Os fatores de natureza externa ou físicos e intrínsecos, ou genéticos podem afetar a produção de resina das árvores de coníferas. Dentre estes citam-se a (i) fertilidade do solo (afeta o crescimento das árvores e, conseqüentemente, o seu metabolismo); (ii) o ambiente (a temperatura, umidade relativa e a precipitação têm marcada influência sobre a produção da resina, sendo que baixas temperaturas tornam menos líquida a resina impedindo o seu escoamento pelos canais); (iii) idade da árvore (componente importante da produção de resina pois o desenvolvimento vegetal está

ligado ao conceito da idade); (iv) dimensão das árvores (a produção de resina correlaciona-se às dimensões da árvore, podendo-se afirmar que para árvores semelhantes, a produção de resina é proporcional ao diâmetro do tronco, sendo que a copa da árvore deve ser bem constituída e ampla); (v) sanidade (relaciona-se com o vigor das árvores e com a produção de resina); (vi) constituição genética (a produção de resina sendo fator hereditário, está diretamente relacionada a constituição ou carga genética da árvore); (vii) operações mecânicas (manejo da plantação florestal e da resinagem) (GURGEL e FARIA, 1978).

### **3.7 Aplicação da densitometria de raios X no lenho de *Pinus* spp**

Basicamente, a densidade representa a medida da quantidade de material da parede celular de um dado volume de uma peça de madeira, ou seja, a massa do material lenhoso por unidade de volume. A densidade está ligada diretamente com as propriedades físicas da madeira, tais como dureza e resistência mecânica (AMARAL, 1994).

A densidade da madeira é um indicador da quantidade total de material de parede celular por unidade de volume e, quando referenciada a largura do anel de crescimento, um dos mais importantes parâmetros de avaliação da qualidade da madeira sólida e produtos da madeira (WIMMER, 1995).

As variações da densidade de uma amostra de madeira são resultados da disposição e das dimensões dos seus elementos anatômicos. A análise microdensitométrica da madeira indica, desta forma, a cronologia da produção anual de massa lenhosa de uma árvore, importante informação e relacionada com a estrutura anatômica da amostra de madeira (MOTHE et al., 1998).

Os fundamentos metodológicos da microdensitometria de raios X em madeiras, para a observação dos anéis de crescimento das árvores, foram estabelecidos por Polge, na França, em 1963. Entre as diversas utilizações da densitometria de raios X, são citadas, a avaliação da qualidade da madeira, de madeira de reação, comparação de perfis densitométricos do lenho de procedências de árvores de uma espécie, etc. Estabeleceu-se que a forma dos perfis densitométricos radiais de amostras do lenho

das árvores é característica do ano de formação dos anéis de crescimento, com os valores de densidade (máxima, mínima e média) permitindo distinguir os anos e sua posição no lenho (POLGE, 1966). Parker e Henoch (1971) relataram a primeira aplicação quantitativa da microdensitometria de raios X para os anéis de crescimento do lenho de árvores de coníferas para a dendrocronologia (VAGANOV et al., 2006).

Nicholls (1984) detectou uma forte correlação entre a densidade da madeira determinada por densitometria de raios X e a proporção de parede celular dos tecidos do lenho avaliado nas seções transversais. As densidades máximas e mínimas do lenho estão ligadas as dimensões transversais das traqueídes, sendo que a densidade mínima relaciona-se com a largura das traqueídes e a máxima com a espessura da sua parede (NICHOLLS, 1984 apud ALTEYRAC, 2005).

Durante décadas, a densitometria de raios X em madeiras foi um método importante na determinação da sua densidade e variações em amostras de madeira de diferentes espécies (DOWNES et al. 2002). As pesquisas têm sido direcionadas para a robustez dos resultados do método, incluindo o efeito da orientação da amostra de lenho, o seu teor de umidade e a presença de substâncias resinosas, como contribuições não-estruturais da amostra de madeira maciça (LENZ et al. 1976). As substâncias resinosas do lenho devem ser extraídas antes da aplicação da sua análise por densitometria de raios X, utilizando solventes orgânicos (ex.: acetona): a resina afeta a densidade e até mesmo a nitidez e contraste dos limites dos anéis de crescimento nas imagens radiográficas (THOMAS, 1972; FENGEL e WEGENER, 1989; GRABNER et al. 2005).

A técnica de densitometria de raios X consiste, basicamente, na obtenção de imagens radiográficas do lenho através de um filme radiográfico, revelando o contraste das zonas dos anéis de crescimento de diferentes massas específicas. Pode, também, ser explicada pela determinação da variação da densidade dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais do lenho das árvores pela medição da absorção dos raios X “moles” ou de longo comprimento de onda e que atravessam as seções finas da madeira (POLGE, 1966; FERRAZ e TOMAZELLO FILHO, 1978). Segundo Schweingruber (1996) apud Vaganov et al. (2006), através dos gráficos densitométricos

do lenho de *Pinus sylvestris* (Figura 9) e a comparação com sua madeira, é possível caracterizar as variações de densidade intra e inter-anéis de crescimento em cada ano da árvore e observar as variáveis que afetam a mesma.

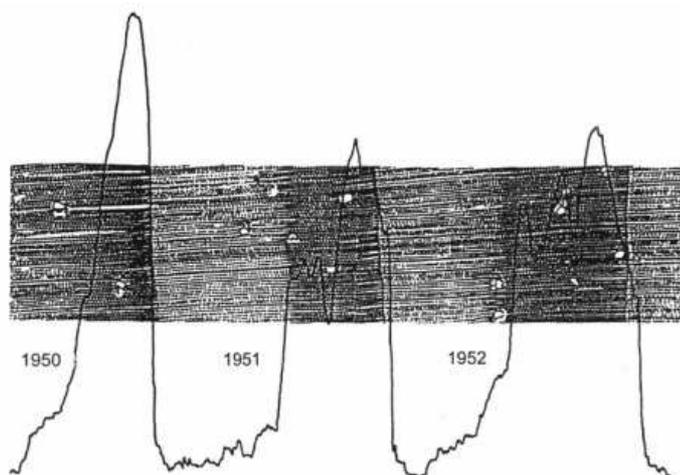


Figura 9 - Seção transversal microscópica do lenho com três anéis de crescimento e as respectivas variações de densidade intra e inter-anéis de crescimento do lenho de árvores de *Pinus sylvestris* (SCHWEINGRUBER, 1996 apud VAGANOV et al., 2006)

A partir dos resultados das pesquisas realizadas por Polge no INRA, Nancy, França, foram realizados inúmeros trabalhos nas diferentes áreas da densitometria de raios X relacionados com as variáveis inter e intra-anuais de densidade e os fatores ambientais, sendo obtidas correlações significativas entre os valores de densidade e da largura do anel de crescimento anual com a temperatura, precipitação, vazão dos rios, etc. (AMARAL, 1994). Os estudos de densitometria de raios X intra-anéis de crescimento do lenho de árvores de coníferas demonstraram que a densidade aparente do lenho aumenta com o desenvolvimento do anel de crescimento em consequência de modificações anatômicas (espessura e geometria das traqueídes) e químicas, com a densidade do lenho tardio sendo aproximadamente três vezes maior do que a do lenho inicial (DECOUX et al., 2004).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Espécie florestal e caracterização da área experimental

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 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, localizada no município de Itirapina, SP, nas coordenadas 22° 11' N a 22° 15' Sul e 47° 45' L a 47° 51' Oeste.

Na fase de implantação, foram utilizadas 53.000 mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantadas em uma área de 28,22 ha, denominada de Talhão 53 (22° 12' 42" S - 47° 50' 47" W.). A plantação de pinus foi submetida a um regime de manejo silvicultural através de sucessivos desbastes, a saber: o 1º desbaste em 1981, com o corte de 47% das árvores; o 2º desbaste em 1985, com o corte de 34% das árvores; o 3º desbaste em 1994 com o corte de 29% das árvores. Atualmente, a Área Experimental (Talhão 53) é constituída por 6.259 árvores, sendo 222 árvores/ha. (Figura 10).

A resinagem nesse talhão ocorre desde 2004 com 2 painéis simultâneos, opostos um ao outro, localizados na face leste e oeste das árvores. No primeiro ciclo de resinagem, de agosto de 2004 a julho de 2005 foram feitas 3 coletas totalizando 3,240kg de resina; no 2º ciclo (2005/2006), foram 4 coletas, 3822 kg; no 3º ciclo (2006/2007), 4 coletas, 3900 kg; no 4º ciclo (2007/2008), 4 coletas, 3600 kg. A produção mensal é em média de 305,64 g/ árvore (152,82 g/estria).

A região é caracterizada por uma vegetação original denominada de bioma de cerrado "strictu sensu" e constituída de solos classificados como Latossolo vermelho (LE-1); Latossolo vermelho-amarelo (LV-2); Neossolo, Quartzarênico (AQ) e Gleissolo (Or). A altitude média é de 740 m, com precipitação anual média de 1459 mm e período chuvoso nos meses de outubro-março com média de 1128 mm (77% do total) e período seco nos meses de abril-setembro com média de 331 mm (23% do total). Os meses de dezembro-janeiro-fevereiro são os mais chuvosos (precipitação de 215, 275 e 208 mm, respectivamente) e os de julho-agosto os menos chuvosos (precipitação de 24-42 mm).

A temperatura média anual é de 21,9° C, sendo janeiro-fevereiro os meses mais quentes (24,9-24,8° C) e junho-julho os mais frios (17,8-17,9° C) (Figura 11).

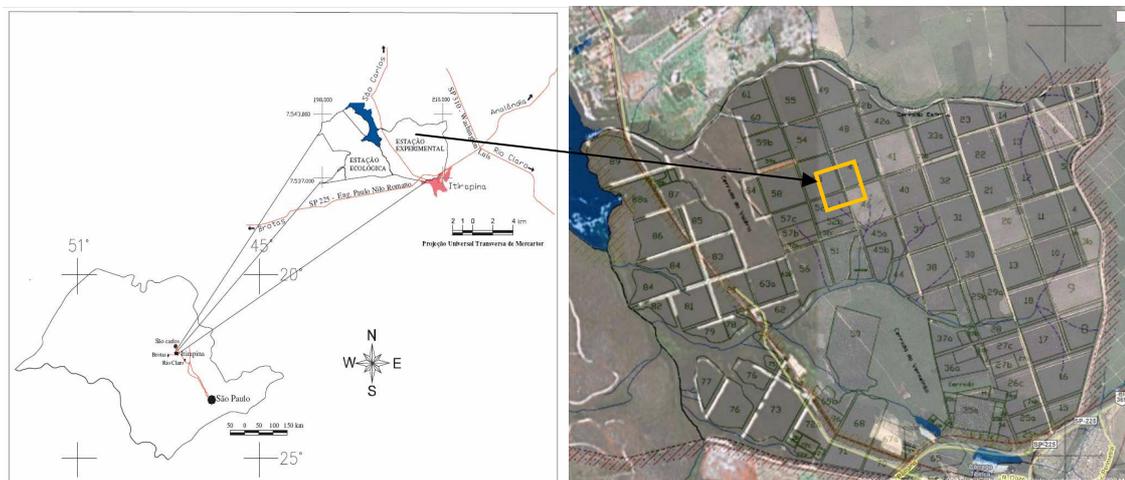


Figura 10 - Estação Ecológica Experimental de Itirapina. (A) mapa de localização no estado de São Paulo; (B) indicação do Talhão 53 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (ZANCHETTA e DINIZ, 2006; GOOGLE EARTH, 2008)

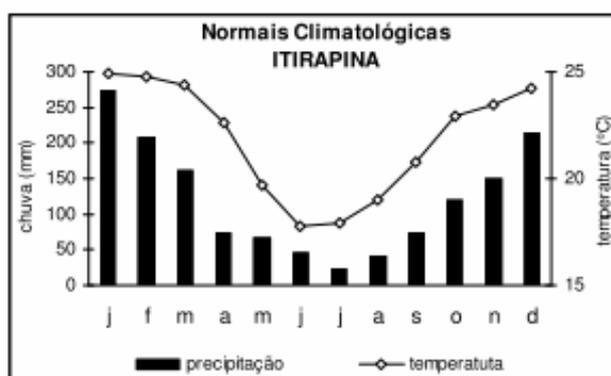


Figura 11 - Valores mensais médios de precipitação (mm) e de temperatura (°C) no período de 1982 - 2003 no município de Itirapina, SP (ZANCHETTA e DINIZ, 2006)

#### 4.2 Seleção das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Com os resultados do inventário das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* do Talhão Experimental 53 foram selecionadas 42 árvores, de acordo com a distribuição de diâmetro, descartando-se as de bordadura. As árvores de pinus foram identificadas com fitas plásticas e, posteriormente, com placas de zinco com os respectivos numeração e spray de tinta vermelha para localização à distância. O DAP

do tronco das árvores de pinus selecionadas foi, novamente, mensurado e estas distribuídas em 3 classes diamétricas: 32,0 - 41,3; 41,3 - 50,7; 50,7 - 60,0 cm.

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* do Talhão Experimental 53 (Figura 12) encontram-se em processo de resinagem de 2 faces do seu tronco (faces leste e oeste), com a retirada da casca, confecção de estrias e aplicação da pasta ácida realizada a cada 15 dias e retirada da resina depositada no saco plástico quando se encontrar completo. O processo de resinagem das árvores ocorre praticamente durante todos os meses do ano, com pausa somente nos meses mais frios (junho-julho) quando procede-se a raspagem do tronco para a retirada da resina residual e a renovação do saco plástico coletor. Cada estria da casca + lenho produz, em média, 150 g de resina, com a produção anual média de cerca de 3-4 kg de resina/painel/ano. A altura e a largura média dos painéis de resinagem no tronco das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é de 115 -144 e de 20 cm, respectivamente.



Figura 12 - Vista geral do talhão 53 - *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

### **4.3 Extração das amostras do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por métodos não destrutivos**

**Caracterização da estrutura anatômica microscópica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina:** amostras do lenho do tronco de 15 árvores de pinus selecionadas, nas 3 diferentes classes de diâmetro, foram extraídas com extrator motorizado Tanaka TED 262R acoplado a uma sonda metálica, de 20 mm de diâmetro, em 23 de outubro de 2007. Foi extraída 1 amostra de lenho + casca (2 x 5 cm, diâmetro x comprimento) por árvore de pinus no DAP, em face não resinada (Figura 13) (TOMAZELLO FILHO et al., 2004).

**Determinação da densidade e largura dos anéis de crescimento e frequência dos canais de resina por densitometria de raios X:** amostras do lenho do tronco de 30 árvores de pinus selecionadas, nas diferentes classes de diâmetro, foram extraídas com sonda de Pressler, de 6 mm de diâmetro, em novembro de 2007. Foram extraídas 4 amostras de lenho radiais por árvore de pinus, sendo 2 amostras do lenho na orientação dos painéis de resina (referentes às amostras A e C, das faces leste e oeste) e 2 amostras de lenho na orientação “testemunha” (referentes às amostras B e D, das faces norte e sul), em um total de 120 amostras do lenho. Na face das árvores resinadas as amostras do lenho + casca foram extraídas na posição central e a 1-2 cm acima do painel de resinagem, sendo adotada a mesma altura para as amostras do lenho “testemunha”. As amostras do lenho das árvores de pinus foram acondicionadas em tubos plásticos, identificadas e transportadas para o Laboratório de Anatomia, Anéis de Crescimento e Densitometria de Raios X em Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.



Figura 13 - Extração das amostras do lenho do tronco das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* através de método não destrutivo. (A, B) extração com sonda de Pressler com 6 mm de diâmetro; (C, D) extração com sonda metálica e extrator motorizado, com 25 mm de diâmetro

#### 4.4 Análise macro e microscópica do lenho e dos canais de resina das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

##### 4.4.1 Árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* selecionadas

As 15 árvores de pinus selecionadas para a análise macro e microscópica do lenho e dos anéis de crescimento foram as de número 01, 04, 05, 08, 11, 18, 21, 24, 28, 30, 33, 36, 37, 41 e 43 (Anexo A).

#### 4.4.2 Análise macroscópica do lenho e dos anéis de crescimento

As amostras do lenho das árvores de pinus foram fixadas em suporte com adesivo e suas superfícies transversais foram polidas com navalha. A seção transversal das amostras do lenho foi analisada em microscópio estereoscópico para a caracterização macroscópica da madeira (cor do cerne e dos anéis de crescimento, visualização dos lenhos inicial e tardio, falsos anéis de crescimento, bolsas de resina, etc.).

#### 4.4.3 Análise microscópica do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

**Confecção de lâminas histológicas do lenho:** para a caracterização anatômica microscópica do lenho e análise e caracterização dos canais de resina foram demarcados e cortados corpos de prova (1 x 1 x 1,5 cm) orientados nos 3 planos de estudo da madeira na região cambial próxima da casca (2 cm) das amostras do lenho (1 cm de diâmetro). Os corpos de prova do lenho foram imersos em solução de água+glicerina e levados a ebulição para o amolecimento (3 h). Em seguida, os corpos de prova foram fixados no micrótomo de deslize e, na sua superfície, foi aplicada uma mistura de resina plástica para PVC e acetato de butila (proporção 2:1); após a secagem da solução (5 min) e procedeu-se a retirada dos cortes histológicos (20 µm de espessura), dos 3 planos de estudo da madeira, com solução de álcool. Os cortes histológicos 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). As lâminas histológicas permanentes das seções do lenho de pinus foram examinadas sob microscópio estereoscópico para as seguintes análises: (i) analisar a estrutura anatômica dos canais de resina, (ii) determinar os padrões de distribuição e as diferenças estruturais dos canais de resina radiais e longitudinais, em programa de análise de imagens. A estrutura anatômica do lenho das árvores e dos anéis de crescimento foi descrita de acordo com as “Normas e Procedimentos aplicados na Anatomia da Madeira” do IBAMA (1991) e da “List of Microscopic Features for Softwood Identification”

da IAWA (IAWA COMMITTEE, 2004), sendo que os canais de resina foram medidos de acordo com o Método A (IAWA COMMITTEE, 2004).

**Confecção de lâminas com lenho macerado:** amostras do lenho das árvores de pinus próximas às utilizadas no preparo das lâminas histológicas foram cortadas e transferidas para tubos de ensaio (capacidade de 20 ml) com 10 ml de ácido acético + peróxido de hidrogênio (1:1); os tubos de ensaio foram fechados e transferidos para uma estufa (60°C, 48 h), por um período de 15-20 h, para a dissociação dos elementos celulares (FRANKLIN, 1937). Os elementos celulares dissociados do lenho foram lavados por 4 vezes com água destilada, sendo a solução macerante e extrativos retirados com pipeta de transferência. Nos tubos de ensaio com as células do lenho de pinus e água foi adicionado o corante safranina (1%), por 20 min. Em seguida, as células do lenho foram transferidas para lâminas de vidro com 2 gotas de glicerina e cobertas com lamínula de vidro. As lâminas histológicas com as células do lenho de pinus foram examinadas sob microscopia de luz onde foram tomadas imagens dos traqueídes em diferentes ampliações (10x e 400x), para a posterior medição em programa de imagem (Image Tool), onde foi feita a medição do comprimento da traqueíde (ampliação de 10x), medição da largura e espessura da parede da célula (ampliação de 400x). A quantidade de elementos medidos seguiu a norma da IAWA "List of Microscopic Features for Softwood Identification" (IAWA COMMITTEE, 2004).

#### **4.5 Caracterização dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* por densitometria de raios X.**

##### **4.5.1 Árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* selecionadas**

As 30 árvores de pinus selecionadas para a análise do lenho por densitometria de raios X foram as de número 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44 e 45 (Anexo B) com um total de 120 amostras do lenho, sendo 2 amostras do lenho radiais das faces resinadas e 2

amostras radiais do lenho das faces testemunha do tronco. Em condições de laboratório todas as amostras do lenho foram examinadas e selecionadas 2 amostras (1 + 1 amostra radial do lenho resinado e testemunha, respectivamente), em um total de 60 amostras de lenho (Anexo D).

#### 4.5.2 Preparo das amostras do lenho

As amostras do lenho das árvores de pinus foram identificadas com tinta nanquim e procedeu-se a extração da resina em equipamento Soxhlet (8 h solução álcool-tolueno 1:1, 8 h em álcool, 6 h água morna). As amostras do lenho foram secas a temperatura ambiente; fixadas em suportes de madeira e cortadas seções transversais (2 mm de espessura) em equipamento de dupla serra paralela; as seções transversais do lenho foram acondicionadas em câmara de climatização (12 h, 20°C, 50% UR) até atingir 12% de umidade (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998).

#### 4.5.3 Caracterização dos anéis de crescimento por densitometria de raios X

**Obtenção dos filmes radiográficos:** as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose (densidade: 1,48 g/cm<sup>3</sup>) foram dispostas sobre suporte com filme de raios X (Kodak, Diagnostic Film T-Mat, 240x180 mm), em condições de câmara escura. Em seguida, as amostras do lenho e a cunha de calibração de acetato de celulose foram transferidas para equipamento de raios X (Hewlett Packard, Faxitron 43805 N; 1,20 m distância da fonte de raios X-filme). E radiografadas (5 min de exposição, 16 Kv de tensão aceleradora no tubo, 3 mA de corrente de aquecimento do cátodo). Os filmes radiográficos das amostras de madeira + cunha de calibração foram revelados em aparelho Macrotec MX-2 (AMARAL e TOMAZELLO FILHO, 1998) (Figura 14).

**Análise dos filmes radiográficos:** os filmes radiográficos das amostras do lenho 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.

**Montagem do perfil radial de densidade aparente do lenho:** as análises diametraais das amostras originam um arquivo tipo TXT contendo os valores pontuais de densidade e os respectivos gráficos dos perfis de densidade aparente do lenho das árvores de pinus. (MOTHE et al., 1998).

**Parâmetros de densidade aparente do lenho:** a partir dos perfis radiais de densidade aparente do lenho os seguintes dados densitométricos foram analisados: (i) densidade máxima, mínima e média dos anéis anuais de crescimento, (ii) densidade média dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento.

#### **4.6 Determinação da freqüência dos canais de resina no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***

##### **4.6.1 Árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* selecionadas**

As 9 árvores de pinus (e respectivos raios) selecionadas para a determinação da freqüência dos canais de resina foram as de número 03D, 04A, 17D, 20D, 28C 29D, 34A, 35A e 43D (Anexo E).

##### **4.6.2 Preparo das amostras do lenho**

Foram selecionadas nas imagens radiográficas as amostras do lenho, com seus respectivos raios, procedendo-se, em seguida a aplicação de programas de edição de imagens e de mensuração (Adobe Photoshop CS3 e Image Tool).

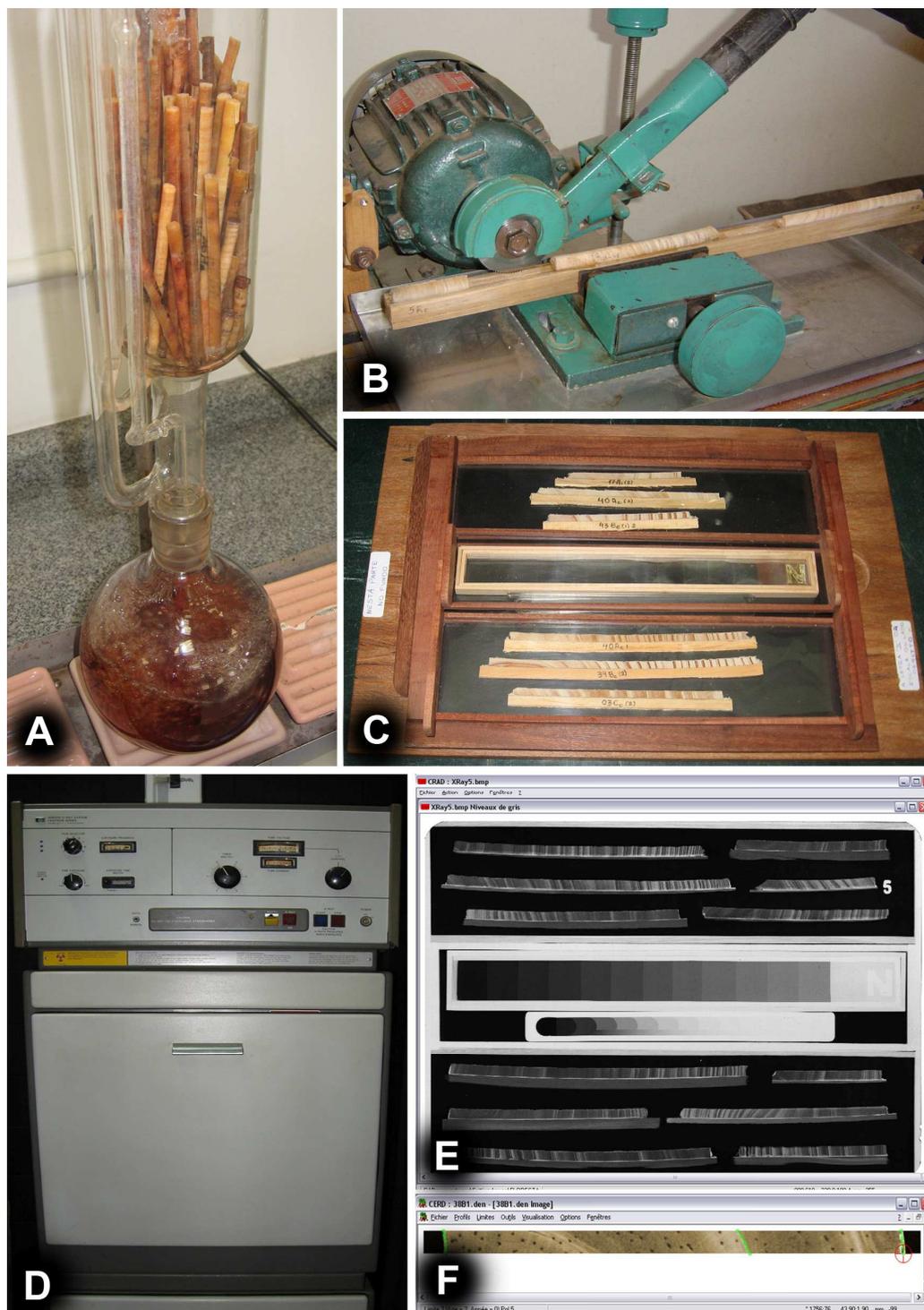


Figura 14 - A metodologia de densitometria de raios X e a obtenção das imagens radiográficas do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*: (A) extração da resina do lenho em aparelho soxhlet; (B) corte das amostras do lenho em equipamento de dupla serra; (C) seções transversais das amostras 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

### 4.6.3 Determinação da frequência dos canais de resina no lenho das árvores

A frequência dos canais de resina nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento das amostras de pinus foi determinada pela utilização dos programas de edição de imagens e de mensuração Adobe Photoshop CS3 e Image Tool. As amostras do lenho das 9 árvores de pinus foram divididas em 3 regiões (áreas) em função do seu comprimento radial, sendo a 1ª área, de 0-33 (próxima a medula), a 2ª área de 33-63 (central), a 3ª área de 63-100 % (próxima a casca). Em cada uma das 3 áreas foram contados e medidos 3 anéis de crescimento anuais (lenho inicial + tardio), sendo feita a contagem e a medição da sua área, seguindo-se a determinação da frequência dos canais de resina (Figura 15).

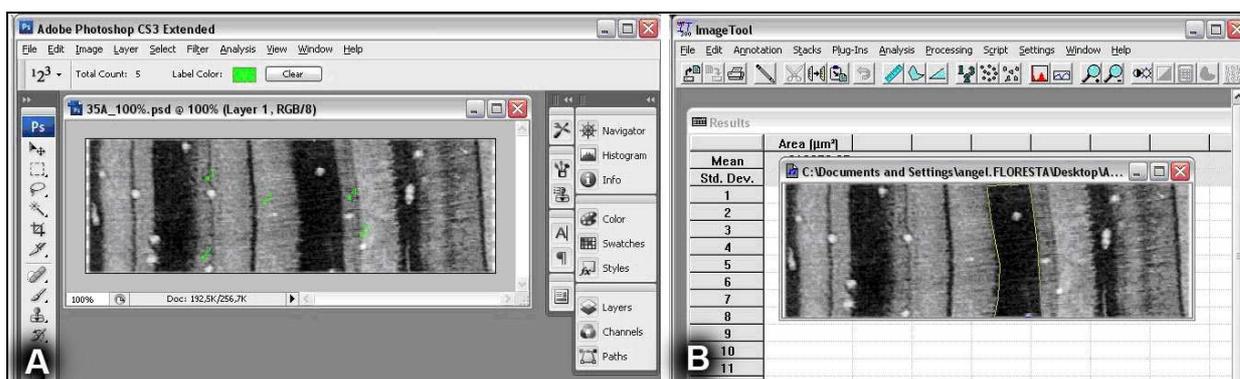


Figura 15 - Análise dos canais de resina nas amostras do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. (A) contagem dos canais de resina no Adobe Photoshop CS3; (B) determinação da área dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento no Image Tool

## 4.7 Análises estatísticas

Foram aplicadas várias análises utilizando o programa SAS (SAS Institute Inc, 1997). Em todos os dados foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para verificar o efeito das classes de diâmetro. Sempre que a ANOVA indicasse efeito significativo de classe de diâmetro era aplicado o teste de Tukey, LSD e Duncan com nível descritivo ajustado a 95% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização da estrutura anatômica do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

#### 5.1.1 Descrição macroscópica do lenho

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* possuem cerne e albarno indistintos, cor branco-amarelado ou amarelo-alaranjado, cheiro e gosto característicos (resina), grã direita, brilho moderado, textura fina a média, moderadamente leve a pesada (0,45-0,80 g/cm<sup>3</sup>). Anéis de crescimento distintos, formando faixas de cor marrom escura, com transição brusca entre os lenhos tardio e inicial da estação de crescimento seguinte, lenho inicial variando de estreito a largo, de maior largura próximo a medula e de menor largura próximo a casca; alta freqüência de anéis de crescimento falsos. Parênquima axial indistinto sob lente. Raios visíveis sob lente no topo e na face tangencial somente quando associados a um canal de resina radial (raio fusiforme). Canais de resina presentes, visíveis sob lente, sendo canais longitudinais, aparecendo como pequenos pontos marrons, mais evidentes no lenho inicial e também radiais associados aos raios fusiformes.

#### 5.1.2 Descrição microscópica do lenho

*Traqueídes* longitudinais do lenho inicial apresentam na seção transversal um formato prismático hexagonal ou quadrangular e paredes celulares finas, do lenho tardio têm retangular, achatamento da parede radial e com paredes celulares espessas (Figura 16); nos lenhos inicial e tardio o seu diâmetro médio é de 48,1 µm (35,4-65,1 µm) e 14,3 µm (9,6-20,1 µm); diâmetro médio tangencial é 41,9 µm e de 21,3 µm nos lenhos inicial e tardio; no campo de cruzamento as células do parênquima radial apresentam pontuações do tipo pinóide, sendo 1-5 por campo. As pontuações areoladas nas paredes radiais das traqueídes são normalmente unisseriadas, ocasionalmente bisseriadas; com diâmetro médio de 22,8 µm (18,2-25,8 µm); pontuações areoladas foram observadas na parede tangencial das traqueídes de lenho inicial (Figura 17). *Parênquima axial* ausente. *Parênquima radial* ou raios são

*unisseriados*, com altura média de 5,6 células (1-26 células) e de 33,9-800,9  $\mu\text{m}$ , com média de 2,4 raios/ $\text{mm}^2$  e *fusiformes*, com canal de resina radial, com células de parênquima de diâmetro médio de 58,6  $\mu\text{m}$  (34,6-112,8  $\mu\text{m}$ ) e traqueídes radiais curtas e de parede de formato denteado (Figura 17); frequência média de 0,3 canais de resina radiais/ $\text{mm}^2$ . *Canais de resina* axiais presentes nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento, em menor proporção no lenho inicial; envolvidos por 6-8 células epiteliais de parede fina e células subsidiárias de forma aliforme e confluentes quando em contato com o canal de resina; quanto mais distante do canal de resina maior é o grau de lignificação da parede secundária das células epiteliais e subsidiárias; células parenquimáticas subsidiárias agrupadas são freqüentes nas seções transversais do lenho e comunicam-se com as traqueídes adjacentes através de pontoações semi-aeroladas, menores do que as encontradas nos campos de cruzamento radiais; canais de resina com diâmetro médio de 137,45  $\mu\text{m}$  (52,62-278,13  $\mu\text{m}$ ) e frequência média 0,4 canais/ $\text{mm}^2$  (0,3-0,7 canais/ $\text{mm}^2$ ).

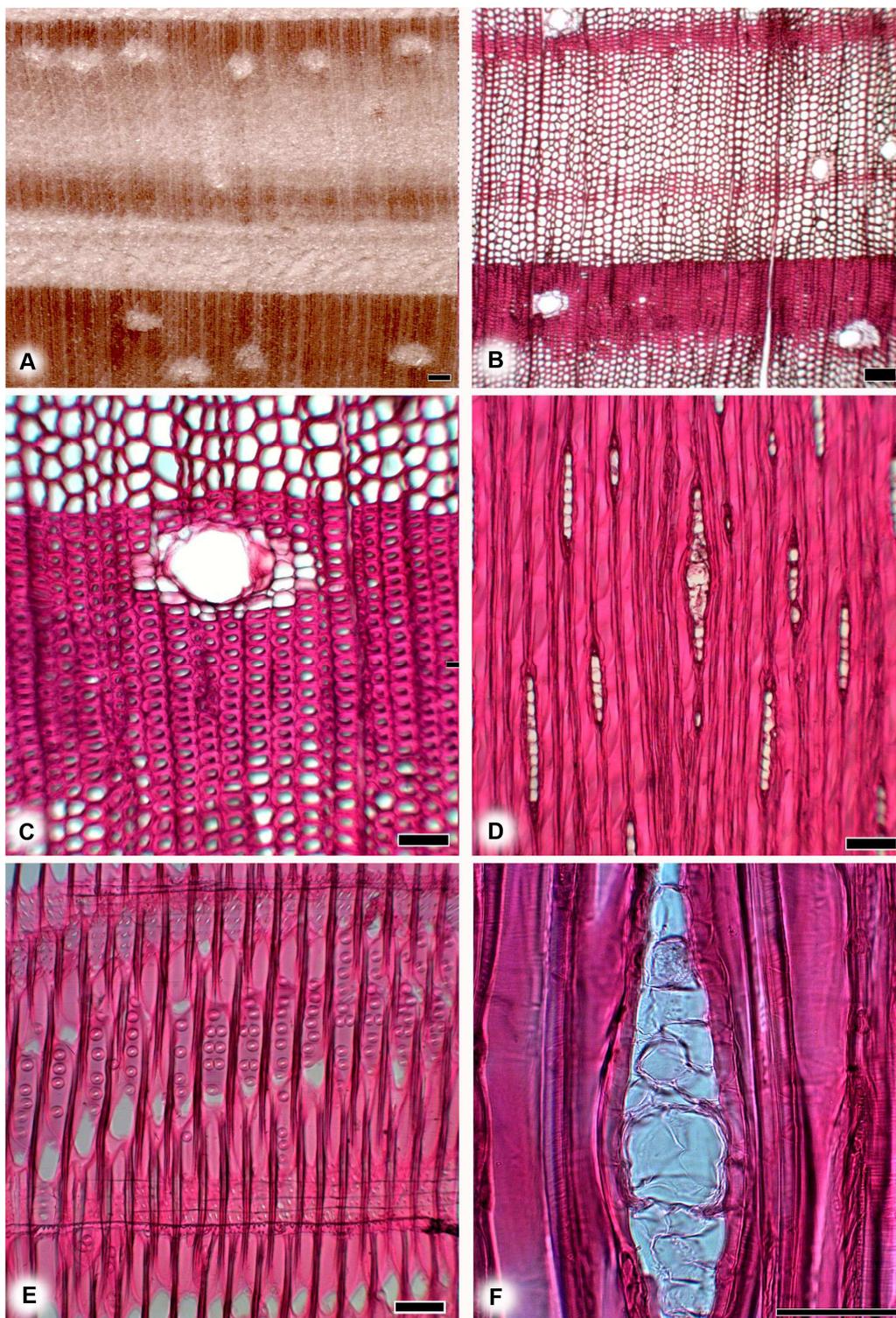


Figura 16 - (A) Plano transversal macro (10x); (B) Plano transversal microscópico (25x); (C) Plano transversal com canal de resina axial; (D) Plano longitudinal tangencial com raios unisseriados e fusiforme (com canal de resina); (E) Plano longitudinal radial (100x de aumento); (F) Detalhe do raio fusiforme com canal de resina radial. (400x de aumento). Barra de escala = 100 $\mu$ m

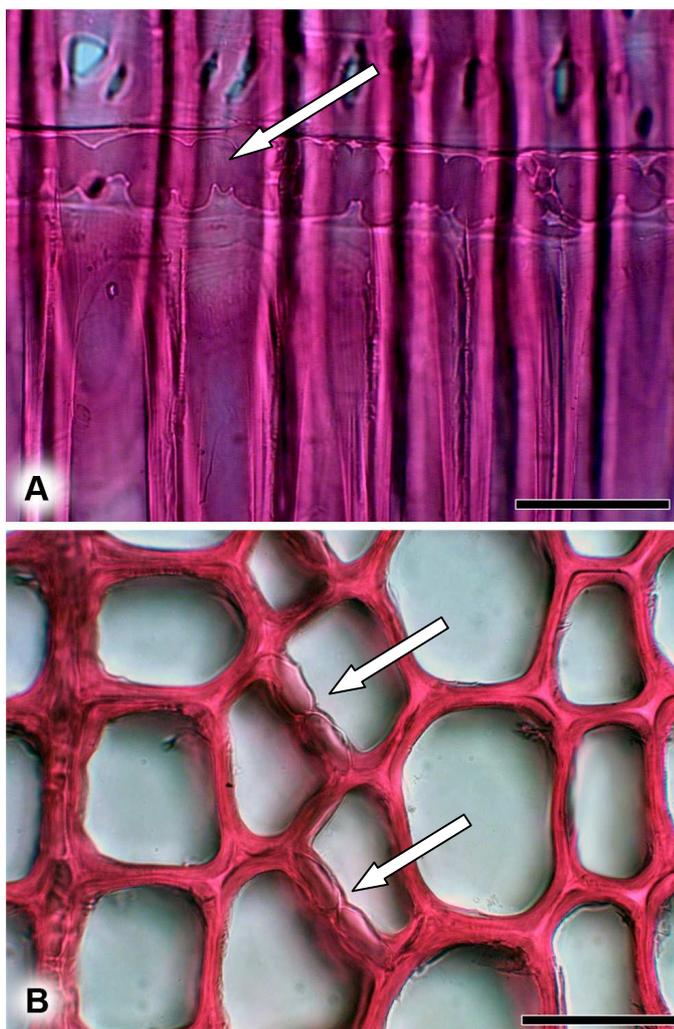


Figura 17 - (A) Plano longitudinal radial - detalhe seta: traqueídes radiais em parede secundária com formato denteado; (B) Plano transversal - detalhe setas: pontoações na parede das traqueídes (400x de aumento - Barra de escala = 100 $\mu$ m)

As características anatômicas macro e microscópicas descritas para o lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são corroboradas com as apresentadas por vários autores, como, Koch (1972), Barrichelo (1979), Berni et al. (1979), Plumptre (1984), Castro (1991), Vasquez Correa (1994), Ilvessalo-Pfaffli (1995), Lorenzi et al. (2003), Esteban et al. (2004), Heinz (2005).

### 5.1.3 Dimensões das traqueídes

O comprimento, diâmetro do lume e a espessura da parede das traqueídes (Figura 18) do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* das 3 classes de diâmetro são apresentados no Anexo A.

Os resultados da análise estatística evidenciaram que as dimensões comprimento e a espessura da parede das traqueídes não diferem nas 3 classes de diâmetro do tronco das árvores. No entanto, a largura e o diâmetro do lume das traqueídes mostraram diferenças significativas, atingindo maiores valores no lenho das árvores da classe de diâmetro alta (50,7-60,0 cm) (Tabela 1, Figura 19).

A literatura relata que o comprimento das traqueídes no lenho de muitas espécies de coníferas varia de 2,5-5,0 mm, com valor médio de 4,6 mm, incluindo-se o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (BARRICHELO e BRITO, 1979; PANSHIN e DE ZEEUW, 1980; ILVESSALO-PFAFFLI, 1995).

Os valores de comprimento e de espessura da parede das traqueídes obtidos relacionam-se com a amostragem dos corpos de prova, ao longo do raio, próximo a região da casca, na seção transversal do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. A variação radial do comprimento das traqueídes do lenho de árvores de *Pinus tecunumanii* e de *P. caribaea* var. *hondurensis* nas regiões próximas a medula e a casca foi de 2,55 a 4,7 mm, respectivamente, indicativa da madeira juvenil (interna) e adulta (externa) (SOUZA et al., 2005).

A caracterização do lenho como juvenil e adulto foi demonstrada por inúmeros pesquisadores, sendo que em árvores de *Pinus taeda* a madeira juvenil, de transição e adulta compreendem os 1-14<sup>o</sup>, 14-18<sup>o</sup> e 18-37<sup>o</sup> anéis de crescimento, respectivamente (BALLARIN e PALMA, 2003). Em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a madeira juvenil, de transição e adulta foram caracterizadas no 1-7<sup>o</sup>, 8-15<sup>o</sup> e 20-25<sup>o</sup> anéis de crescimento, respectivamente (OLUWAFEMI, 2007).

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* analisadas tinham 38 anos, demonstrando que, na posição de coleta das amostras do lenho para a análise das traqueídes, era característica da madeira adulta, com traqueídes de maiores dimensões. Essa variedade de pinus é reconhecida pelas traqueídes de maior comprimento, largura, paredes espessas e que influenciam as propriedades dos papéis

(PLUMPTRE, 1984). De acordo com Palmer e Tabb (1973) apud Barrichelo e Brito (1979), o lenho de maior densidade deve ser constituído por traqueídes de parede mais espessa, demonstrado pelos valores da Tabela 1, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Os menores valores de comprimento e maiores de espessura da parede das traqueídes foram obtidos no lenho das árvores da menor classe diamétrica, apesar de não haver diferença estatística. Os menores valores da espessura da parede das traqueídes foram observados nas árvores 08, 11 e 14 (menor valor, maior classe de DAP) e para o diâmetro do lume nas árvores 5 e 41 (classe de menor DAP) e 24 (classe de DAP médio). Os maiores valores de comprimento das traqueídes são das árvores 33, 21 e 1 e os menores das 11, 4 e 43, sem mostrar relação com o DAP (Anexo A).

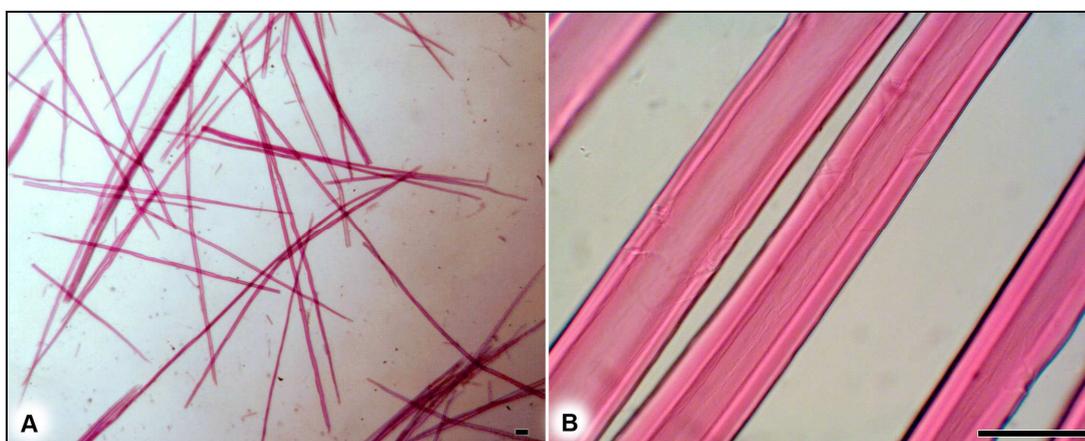


Figura 18 - Morfologia e avaliação das dimensões das traqueídes. (A) avaliação do comprimento (10 X). (B) avaliação da espessura da parede, largura e diâmetro do lume (400 X) (barra da escala = 100 µm)

Tabela 1 - Comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das traqueídes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas 3 classes de diâmetro do tronco

Classes de Diâmetro	DAP (cm)	Dimensões Traqueídes (µm)			
		Comprimento	Largura	Espessura da parede	Diâmetro do Lume
Baixa	36,0	4340,03 (a)	49,76 (b)	20,54 (a)	28,60 (b)
		(3583,30 - 5287,13)	(40,51 - 60,15)	(16,63 - 26,46)	(15,25 - 41,56)
Média	45,5	5002,15 (a)	48,71 (b)	21,04 (a)	27,40 (b)
		(3579,59 - 6219,04)	(42,20 - 54,45)	(18,25 - 26,04)	(16,15 - 36,20)
Alta	59,1	5239,09 (a)	63,36 (a)	18,22 (a)	45,01 (a)
		(4741,66 - 5879,14)	(49,46 - 71,57)	(14,24 - 21,66)	(27,80 - 57,33)

Letras (a) e (b) indicam diferença estatística entre médias de uma característica das traqueídes nas 3 classes de diâmetro do tronco. Letras iguais não diferem entre si significativamente a 5% de acordo com o Teste de Tukey.

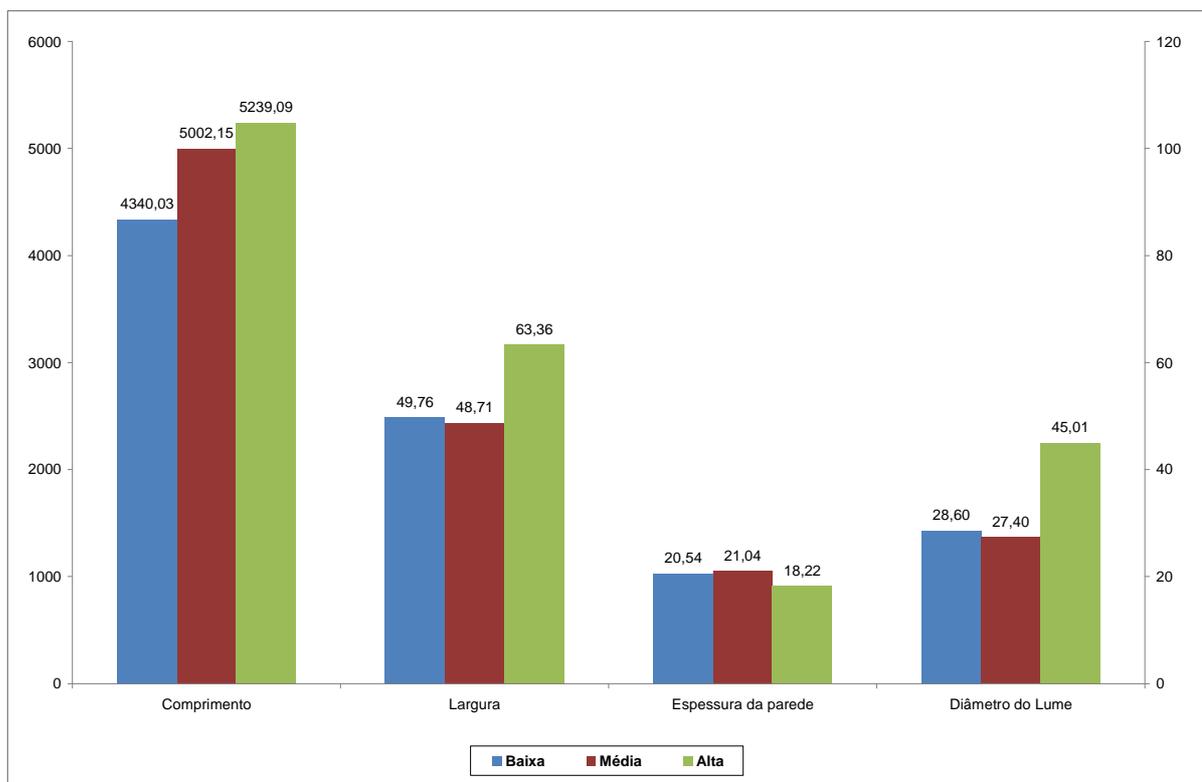


Figura 19 - Dimensões (em  $\mu\text{m}$ ) das traqueídes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas 3 classes de diâmetro do tronco: comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume

## 5.2 Caracterização dos anéis de crescimento por densitometria de raios X

Os resultados da caracterização dos anéis de crescimento de 2 amostras radiais do lenho das 30 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (total de 60 amostras do lenho), por densitometria de raios X, são apresentados no Anexo D. Os perfis radiais de densidade aparente do lenho de 3 árvores representativas das classes de diâmetro do tronco baixo, médio e alto - árvores de nº 17, 43 e 03 - nas faces testemunha e de painel de resinagem são apresentados nas Figuras 20, 21 e 22.

O perfil radial de densidade aparente do lenho da face resinada da árvore 17, caracterizada como de menor diâmetro do tronco, indica valores de densidade média, máxima e mínima de 0,67, 1,21 e de 0,45  $\text{g}/\text{cm}^3$ , respectivamente, mostrando tendência linear crescente, no sentido medula-casca. Na face testemunha desta árvore, os valores de densidade média, máxima e mínima do lenho foram de 0,69, 1,40 e de 0,44  $\text{g}/\text{cm}^3$ , respectivamente, com a mesma tendência e valores determinados para a face do tronco resinada. Nas posições radiais de 5-4 cm (correspondentes aos 12-14 anéis de

crescimento) ocorreu uma redução dos valores de densidade do lenho, caracterizada como uma reação do crescimento do tronco das árvores em função do desbaste aplicado nas árvores da plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

O perfil radial de densidade aparente do lenho da face resinada da árvore 43, caracterizada como de diâmetro do tronco médio, mostra valores de densidade média, máxima e mínima de 0,68; 1,22 e de 0,31 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com tendência de queda da densidade no sentido medula-casca. Na face testemunha desta árvore, os valores de densidade aparente do lenho média, máxima e mínima foram de 0,77; 1,32 e de 0,37 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente, com a uma tendência de estabilização da densidade após o 9-10<sup>o</sup> cm de raio. Anéis de crescimento falsos são comumente observados nas amostras radiais do lenho desta árvore.

O perfil radial de densidade aparente do lenho da face resinada da árvore 03, caracterizada como de diâmetro do tronco alto, mostra valores de densidade média, máxima e mínima de 0,67; 1,28 e de 0,39 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Na face testemunha desta árvore, os valores de densidade média, máxima e mínima foram de 0,60; 1,19 g/cm<sup>3</sup> e de 0,39 g/cm<sup>3</sup>. As 2 amostras radiais do lenho mostram tendência linear de aumento da densidade aparente, caracterizando as regiões de madeira juvenil, transição e adulta. Anéis de crescimento falsos são, da mesma forma, comumente observados nas amostras radiais do lenho desta árvore.

Os valores de densidade aparente média do lenho mostram diferença significativa entre as árvores da classe de diâmetro alta em relação as das classes média-baixa. Nas árvores de maior classe diamétrica ocorre uma diminuição significativa da densidade média do lenho, resultado da variação radial da espessura dos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais e dos limites e volumes da madeira juvenil, de transição e adulta. No entanto, os valores de densidade aparente máximo e mínimo do lenho não mostraram diferença significativa entre as 3 classes de diâmetro do tronco, embora, com tendência de maior valor de densidade máxima e mínima do lenho para as árvores de menor diâmetro (Figura 23).

Com relação às amostras de lenho em diferentes posições do tronco das árvores (resinado e testemunha), não há diferença significativa, seja nos valores médios, máximo ou mínimo, demonstrando que a densidade aparente do lenho de *Pinus*

*caribaea* var. *hondurensis* é pouco influenciada pela resinagem da árvore. Deve ser apontado, que o processo de resinagem iniciou-se em 2004, havendo, portanto, um curto período de extração de resina, ainda não perceptível na influência da resinagem nas características físicas do lenho.

Conforme estudos de Figueredo Filho et al. (1992) com árvores de pinus resinadas e não resinadas, houve pouca diferença no crescimento das árvores nos dois tratamentos até o 15<sup>o</sup> ano, concluindo-se que somente depois de longo período de resinagem ocorre uma diferenciação no desenvolvimento das árvores seja no diâmetro e altura ou nas outras características do lenho.

Os valores médios de densidade do lenho encontrados para as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Tabela 2) confirmam os valores encontrados na literatura. Bendtsen (1978) encontrou em *Pinus caribaea* densidades do lenho em torno de 0,36 e 0,68 g/cm<sup>3</sup> para os lenhos juvenil e adulto. A densidade média do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no seu local de origem, em Honduras, é cerca de 0,53 g/cm<sup>3</sup> (ONG, 1978). A grande quantidade de anéis de crescimento falsos encontrados no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pode ser explicada pelas variações climáticas, especialmente, da precipitação pluviométrica (veranicos), no período primavera-verão, além das características do solo do bioma cerrado, de elevada drenagem e profundidade (PLUMPTRE, 1984).

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

Classes de			Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		
Diâmetro	DAP (cm)	Painéis	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)
<b>média</b>			<b>0,70 (a)</b>	<b>1,35 (a)</b>	<b>0,37 (a)</b>
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)
<b>média</b>			<b>0,66 (a)</b>	<b>1,25 (a)</b>	<b>0,35 (a)</b>
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)
<b>média</b>			<b>0,59 (b)</b>	<b>1,22 (a)</b>	<b>0,34 (a)</b>

Letras (a) e (b) indicam a diferença estatística entre médias de uma mesma característica nas 3 classes de diâmetro do tronco. Letras iguais não diferem entre si significativamente a 5% de acordo com o Teste de Tukey.

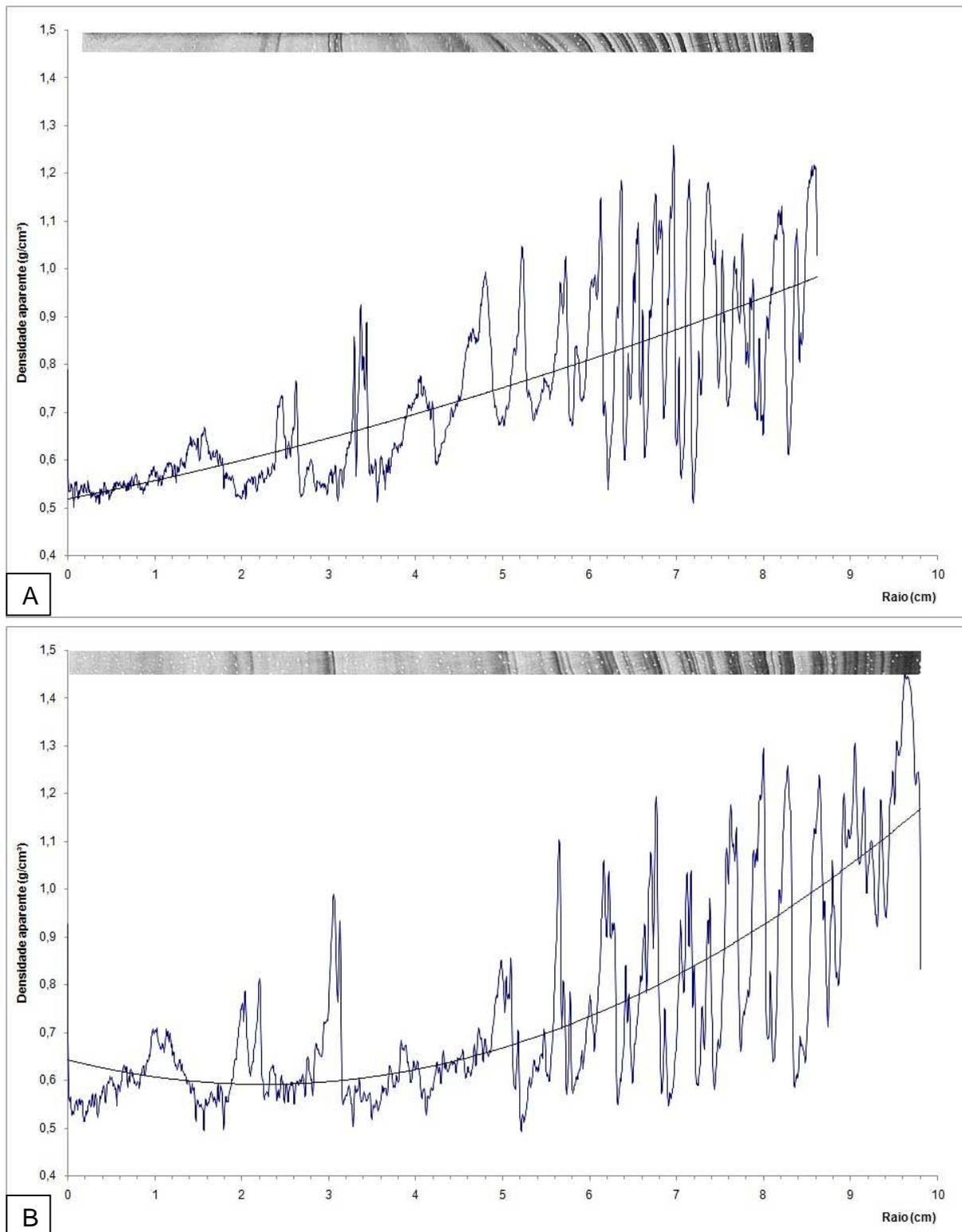


Figura 20 - Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 17, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro baixo - (A) lenho resinado; (B) testemunha

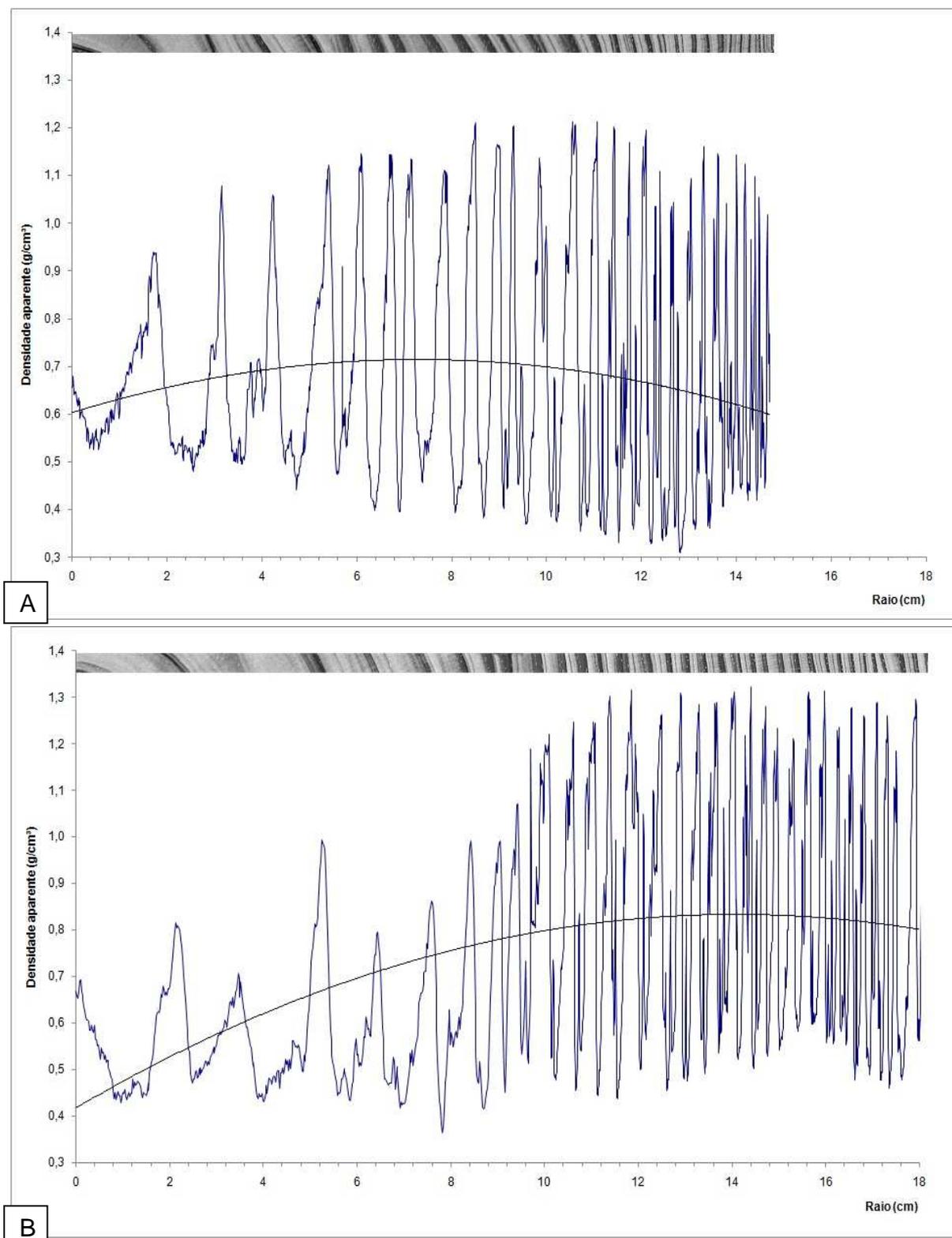


Figura 21 - Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 43, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro médio - (A) lenho resinado; (B) testemunha

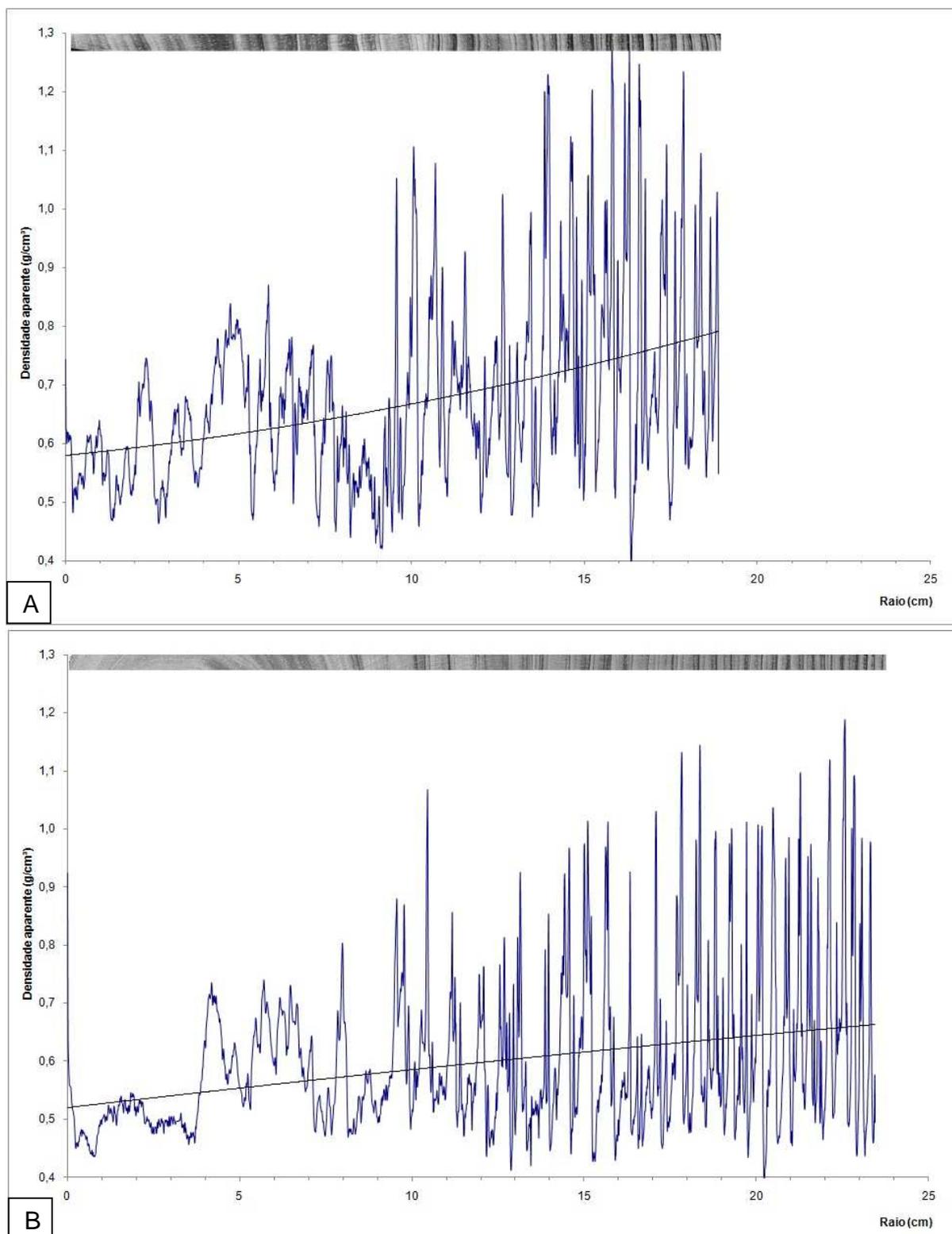


Figura 22 - Perfil radial de densidade aparente do lenho de árvore nº 03, de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classe de diâmetro alto - (A) lenho resinado; (B) testemunha

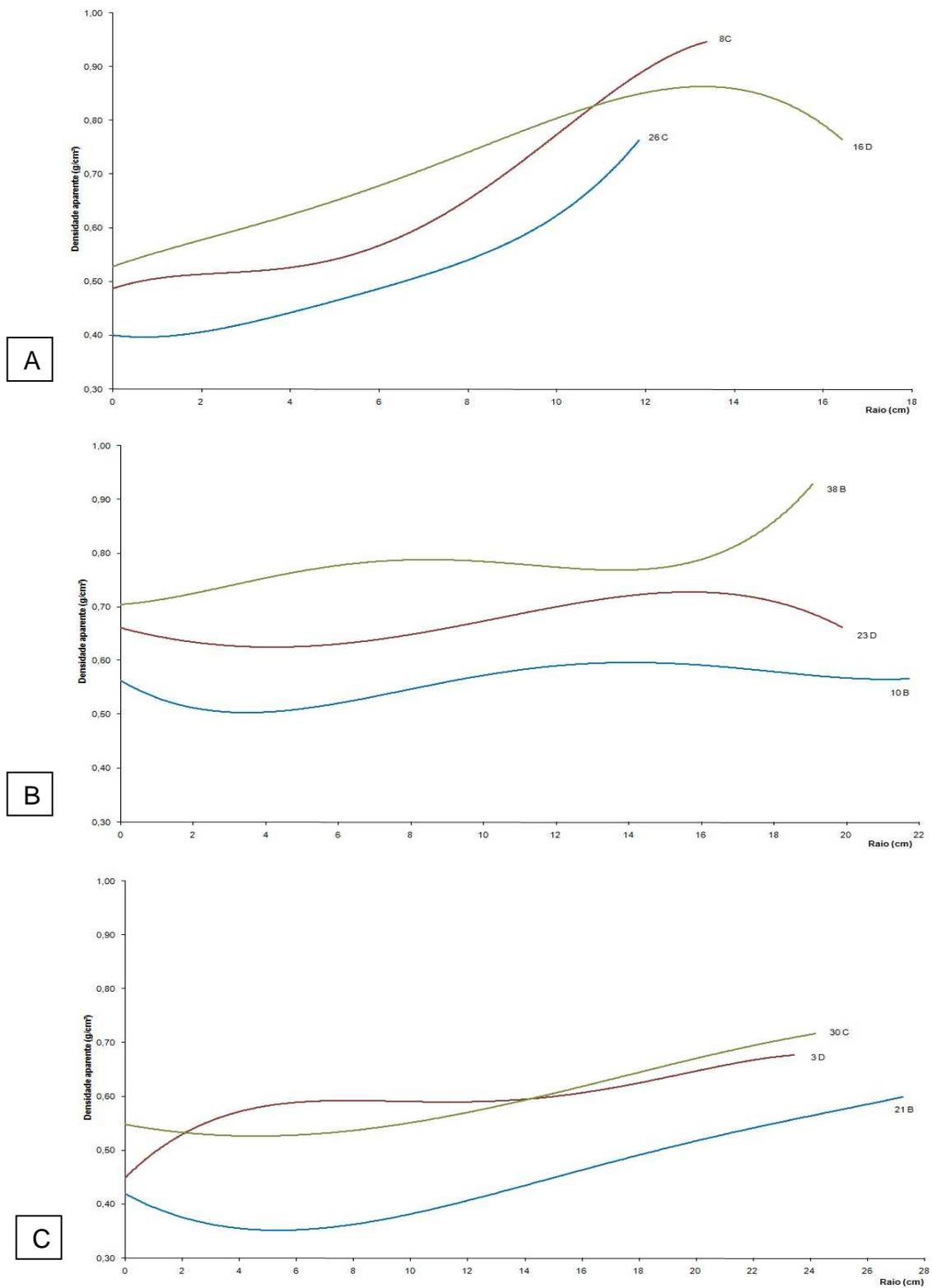


Figura 23 - Variação radial da densidade aparente do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de classes de diâmetro baixa (A); média (B); alta (C)

### **5.3 Caracterização dos canais de resina no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.**

#### **5.3.1 Distribuição e frequência dos canais de resina**

No lenho das árvores de coníferas, os canais de resina podem ser analisados (i) sob microscopia estereoscópica, (ii) em lâminas histológicas e (iii) na sua imagem radiográfica (com programas de edição de imagem, determina-se o número de canais de resina, a área de lenho inicial e tardio dos anéis de crescimento e a respectiva frequência dos canais de resina). Através da aplicação das imagens de raios X das seções transversais do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, das 3 classes de diâmetro, foi determinada a frequência dos canais de resina (Figuras 24 e 25; Tabelas 3 e 4).

Verifica-se, inicialmente, que os anéis de crescimento são largos na região próxima a medula (Posição 1), com maior porcentagem de lenho inicial em relação ao tardio; na posição intermediária (Posição 2) as porcentagens de lenho são semelhantes; na região próxima a casca (Posição 3) o lenho tardio ocorre em maior porcentagem e os anéis de crescimento anuais são estreitos. Os anéis de crescimento falsos ocorrem ao longo da amostra do lenho, com maior frequência nas faixas de lenho inicial, conforme discutido no item 5.2.

Os valores de frequência dos canais de resina do lenho tardio são significativamente superiores aos do lenho inicial dos anéis de crescimento anuais nas 3 posições radiais do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* analisadas. No entanto, em termos de posição radial, verifica-se uma maior frequência dos canais de resina nos lenhos inicial do anel de crescimento da posição intermediária e no lenho tardio do anel de crescimento da posição próxima a casca (Tabela 4, Figura 24).

O lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é caracterizado pela presença de numerosos canais de resina verticais nos lenhos inicial/tardio dos anéis de crescimento, interconectados com os canais radiais (presentes nos raios fusiformes). Ainda, os canais de resina ocorrem nos lenhos inicial e tardio dos 12 anéis de crescimento iniciais, em frequência similar, aumentando com a idade das árvores.

(PLUMPTRE, 1984). Os valores médios da freqüência dos canais de resina nos anéis de crescimento do lenho de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são comumente citados para outras espécies, como o *P. canariensis*, com 0,25 - 0,60 canais/mm<sup>2</sup> (ESTEBAN, 2005).

Conforme pode ser observado na Tabela 3, a amostra do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de nº 29D apresenta os maiores valores de freqüência de canais de resina no lenho tardio (LT), de 1,42 e 1,10 canais/mm<sup>2</sup>; enquanto que a amostra 20D possui o maior valor no lenho inicial (LI) (0,97 canais/mm<sup>2</sup>) e no anel de crescimento (0,90 canais/mm<sup>2</sup>). Os menores valores de freqüência de canais de resina no lenho tardio (LT) podem ser encontrados na amostra nº 20 (0,22 canais/mm<sup>2</sup>); para o lenho inicial (LI) está na amostra nº 3D (0,09 canais/mm<sup>2</sup>) e para o anel de crescimento na amostra 43D (0,30 canais/mm<sup>2</sup>) (Tabela 3, vide Anexo E).

Tabela 3 - Árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, posição radial, tipos de lenho e do anel de crescimento em relação a maior e menor freqüência de canais de resina axiais (canais/mm<sup>2</sup>)

Árvore	Posição	Lenho	Freqüência
03D	3	LI	0,089
04A	3	ANEL	0,412
17D	2	ANEL	<b>0,868</b>
	3	LI	<b>0,773</b>
	1	LI	<b>0,496</b>
20D	2	LI	<b>0,965</b>
	2	LT	0,221
	3	LT	0,366
	1	ANEL	<b>0,902</b>
	1	LT	0,374
	29D	2	LT
3		LT	<b>1,415</b>
3		ANEL	<b>0,741</b>
34A	1	LT	<b>1,118</b>
43D	1	LI	0,284
	2	LI	0,173
	1	ANEL	0,302
	2	ANEL	0,350

Freqüência com valores destacados em negrito: maiores freqüências nas posições e lenhos

Na Tabela 4 pode-se verificar, também, que não há diferença entre as freqüências de canais de resina em diferentes posições do anel de crescimento; enquanto que se compararmos as freqüências entre os lenhos inicial e tardio, observa-se que na posição 3 há grande diferença de valores, tanto entre posições quanto entre

lenhos. A maior freqüência de canais de resina no lenho tardio em relação ao lenho inicial de um mesmo anel de crescimento pode ser devido às condições climáticas ocorrentes no período de formação desse lenho, que atua no balanço hormonal e na atividade cambial das árvores de pinus.

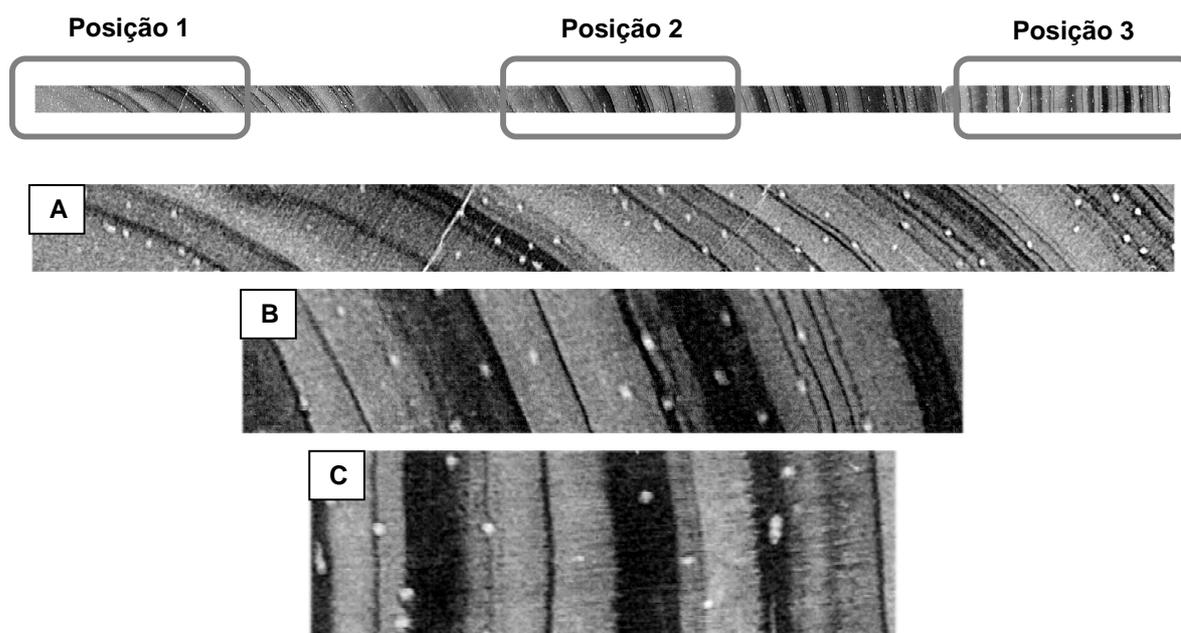


Figura 24 - Seção transversal do lenho de árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em 3 diferentes posições radiais (Árvore 35A) evidenciando os canais de resina. (A) Próxima à medula (1); 0-33% do raio; (B) Intermediária (2); 33-63% do raio; (C) Próxima à casca; (3): 63-100% do raio

Tabela 4 - Freqüência média dos canais de resina em 3 posições radiais dos lenhos inicial, tardio e do anel de crescimento do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Posição	Freqüência (canais/mm <sup>2</sup> )		
	LI	LT	Anel
1	0,39 (a) (B) (0,28 - 0,50)	0,61 (a) (AB) (0,37 - 1,12)	0,46 (a) (0,30 - 0,90)
2	0,52 (a) (AB) (0,173 - 0,97)	0,68 (a) (AB) (0,22 - 1,10)	0,55 (a) (0,35 - 0,87)
3	0,43 (a) (B) (0,009 - 0,77)	0,80 (b) (A) (0,37 - 1,42)	0,54 (a) (0,41 - 0,74)
<b>Média</b>	<b>0,45 (b)</b>	<b>0,70 (a)</b>	<b>0,52 (b)</b>

Letras (a), (b) e (A), (B) indicam a diferença estatística entre médias de uma mesma característica. As letras minúsculas (a, b) comparam características em diferentes colunas; as maiúsculas (A, B) em diferentes linhas. Letras iguais não diferem entre si significativamente a 5% de acordo com o Teste de Tukey.

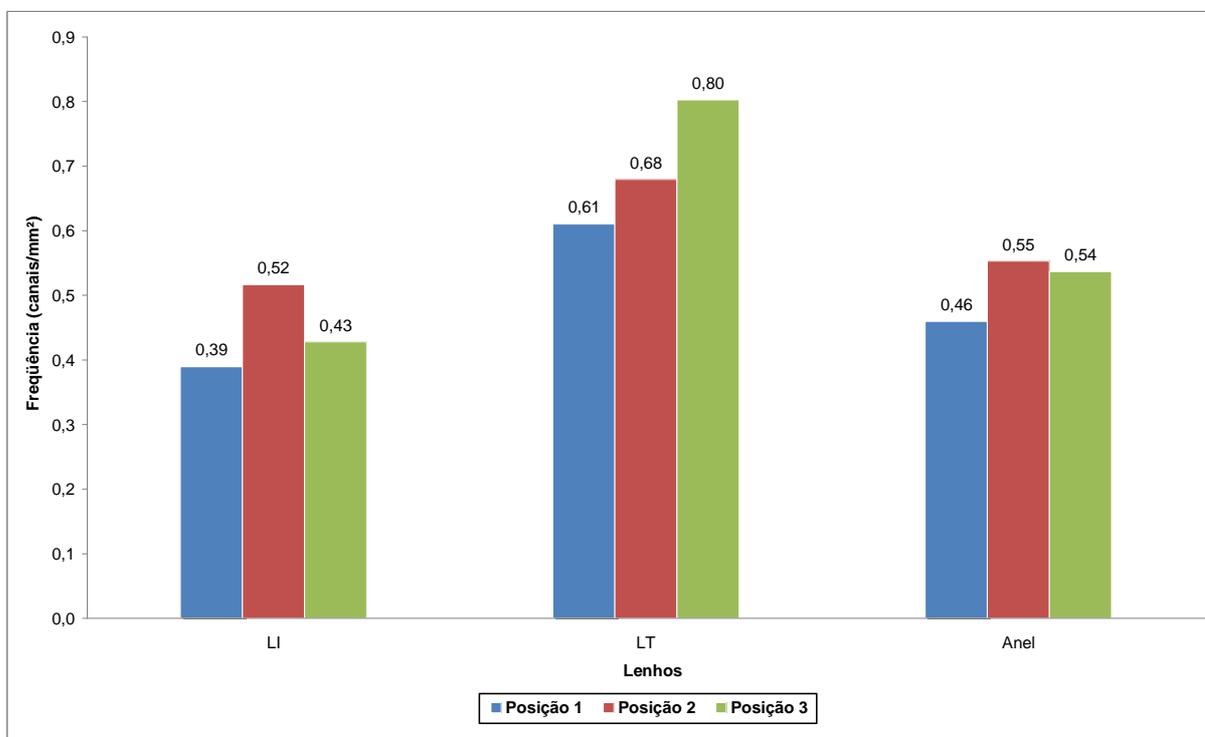


Figura 25 - Frequência dos canais de resina em 3 posições radiais dos lenhos inicial, tardio e do anel de crescimento do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

### 5.3.2 Caracterização dos canais de resina

A análise macro e microscópica do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* mostra a presença de dois tipos de canais de resina, de disposição axial e radial nos raios fusiformes, descritos a seguir:

#### 5.3.2.1 Canais de resina axiais

Os canais de resina axiais estão presentes nos lenhos inicial, de transição e tardio dos anéis de crescimento das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Os canais de resina são envolvidos por células epiteliais (6-8 células), de parede fina e por camadas de células parenquimáticas subsidiárias, constituindo um tecido denominado aliforme (com expansão lateral, em forma de asa), sendo confluentes quando em contato direto com o canal de resina; as células subsidiárias comunicam-se com as

traqueídes adjacentes por pontoações semi-areoladas, menores do que dos campos de cruzamento (Figura 26).

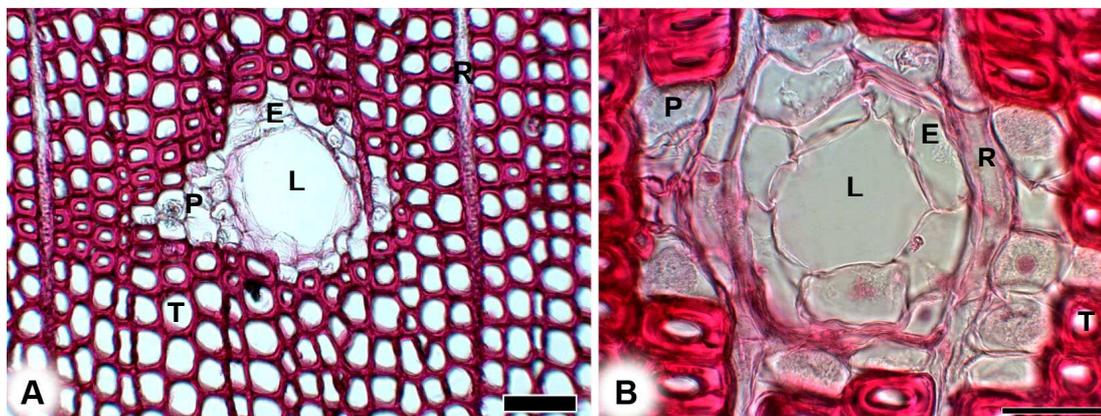


Figura 26 - Estrutura microscópica da seção transversal dos canais de resina axiais. L = Lume; E = células epiteliais; R = Raio; P = células parenquimáticas (subsidiárias); T = traqueídes (Barra = 50, 100  $\mu\text{m}$ )

Os canais de resina axiais apresentam diâmetro médio radial de 137,45  $\mu\text{m}$  (52,62 - 278,13  $\mu\text{m}$ ) e freqüência média de 0,39 canais/ $\text{mm}^2$  (0,27-0,66 canais/ $\text{mm}^2$ ), com variações entre as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, sendo as de nº 05 e 41 com a maior e a menor freqüência, com 0,66 e 0,27 canais/ $\text{mm}^2$  (Anexo F).

Em relação aos tipos de lenho (inicial, transição e tardio) dos anéis de crescimento, os canais de resina no lenho inicial têm maior diâmetro nas árvores da classe de diâmetro baixa, com diferença significativa em relação às de maior diâmetro; no lenho de transição do anel de crescimento o diâmetro dos canais de resina é maior nas árvores da classe média, sem diferença significativa entre as das demais classes; no lenho tardio os canais de resina têm maior diâmetro nas árvores da classe de diâmetro mais baixa e sem diferença significativa, em relação às das demais classes. Em valores médios, os canais de resina têm maior diâmetro nas árvores de pinus da menor classe de diâmetro, seguindo-se as das classes média e alta, sem diferença estatística (Tabela 5, Figura 27).

Quanto às variações observadas entre árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e por tipo de lenho dos anéis de crescimento anuais: a árvore de nº 08 mostra canais de resina de maior diâmetro médio (272,51  $\mu\text{m}$ ) no lenho tardio; segue-se a de nº 11 com o valor de 206,72  $\mu\text{m}$ , no lenho inicial; a de nº 1 com o valor de 201,74  $\mu\text{m}$  no lenho de transição. Os menores diâmetros médios dos canais de resina

estão presentes no lenho tardio da árvore nº 21, com 52,62 µm. Na literatura especializada, Esteban (2005) indica que os valores médios de diâmetro dos canais de resina axiais no lenho de árvores de *Pinus canariensis* têm 221 µm (168-293 µm) de diâmetro, acima do encontrado para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Os canais de resina axiais podem, da mesma forma, ocorrer em disposição dupla (exemplo: árvores de nº 28 e 36, com 3 pares; às de nº 05 e 37 com 2 pares; às de nº 18, 21, 30 com 1 par). Os canais de resina axiais podem estar localizados na faixa de células de traqueídes que formam os falsos anéis de crescimento (exemplos: árvores de nº 08, 11 e 43 com vários canais de resina no lenho tardio dos falsos anéis de crescimento; à de nº 18, com canais de resina nos lenhos tardios e iniciais dos falsos anéis de crescimento).

Os canais de resina em gimnospermas são mais freqüentes nos anéis de crescimento formados em anos com condições mais quentes e mais secas. Em *Pinus radiata* eles ocorrem predominantemente no lenho tardio e na zona de transição do lenho inicial - tardio. Também, há evidências, de uma correlação positiva entre a largura do anel de crescimento e o número de canais de resina. A irrigação geralmente diminui a formação de canais de resina em *Picea abies*, aumentando a proporção de canais de resina localizados no lenho inicial. Da mesma forma, há pesquisas que indicam que os canais e as bolsas de resina são formados no lenho em maior freqüência com aumento da intensidade dos tratamentos silviculturais. O tamanho e freqüência dos canais de resina parecem ser afetados por variáveis climáticas, de manejo, silvicultural e genéticas. É consenso que em condições climáticas (ex, sítios quentes e secos da região de Canterbury, Nova Zelândia) ocorre um efeito importante na formação dos canais de resina e nas bolsas de resina, para o lenho das madeiras com bolsas de resina e falhas internas. Há também evidências de fortes controles genéticos para essas características (KUMAR, 2005; COWN et al., 2009).

Tabela 5 - Diâmetro e freqüência média dos canais de resina nos lenhos inicial, transição e tardio do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de 3 classes de diâmetro.

Classes de Diâmetro	DAP (cm)	Diâmetro Canal de Resina Axial ( $\mu\text{m}$ )			Média do Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )	Freqüência dos canais de resina (nr./mm <sup>2</sup> )
		LI	T	LT		
Baixa	36,0	167,24 (a)	148,51 (a)	166,68 (a)	150,19 (a)	0,43 (a)
		(118,41 - 206,72)	(109,02 - 181,92)	(111,69 - 272,51)	(117,37 - 198,21)	(0,27 - 0,66)
Média	45,5	140,67 (ab)	154,34 (a)	132,58 (a)	137,07 (a)	0,36 (a)
		(109,00 - 174,17)	(122,17 - 201,74)	(116,83 - 142,04)	(115,78 - 166,45)	(0,30 - 0,48)
Alta	59,1	108,84 (b)	117,69 (a)	124,82 (a)	122,11 (a)	0,40 (a)
		(83,53 - 133,82)	(67,65 - 162,57)	(52,62 - 156,62)	(79,28 - 140,64)	(0,33 - 0,45)

Letras (a) e (b) demonstram a diferença estatística entre médias de uma mesma característica quando comparadas as classes de diâmetro. Letras iguais não diferem entre si significativamente a 5% de acordo com o Teste de Tukey.

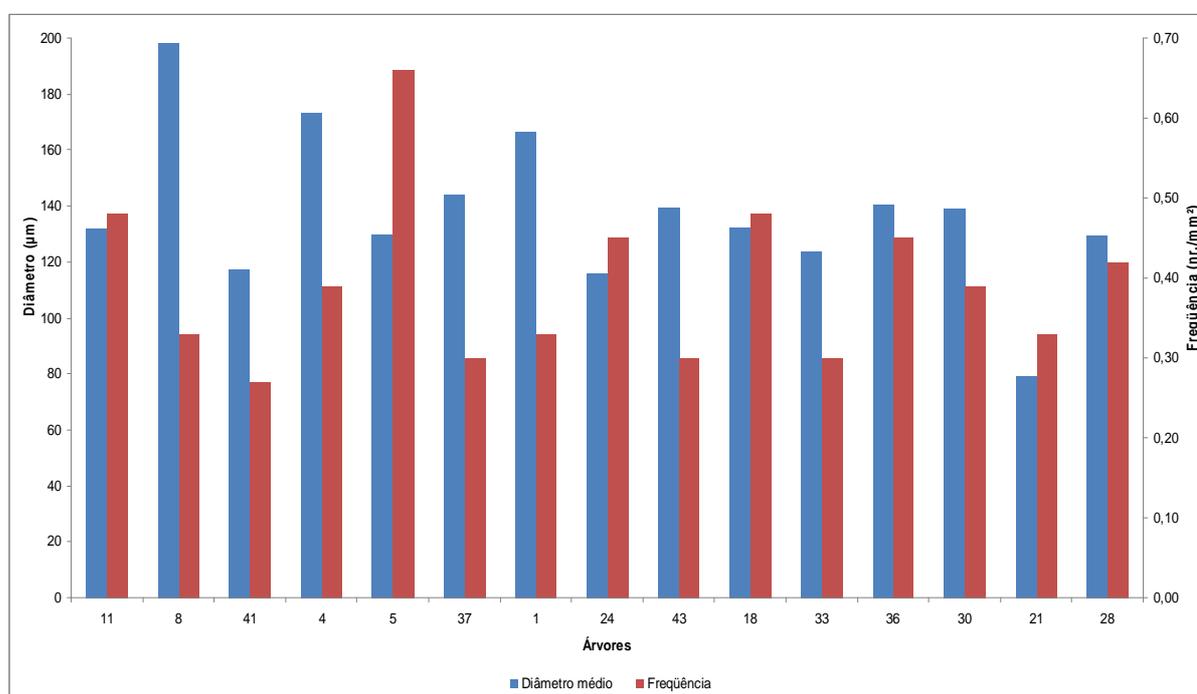


Figura 27 - Diâmetro médio e freqüência dos canais de resina axiais por árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em ordem crescente de DAP

### 5.3.2.2 Canais de resina radiais

Os raios fusiformes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* são formados pelo canal de resina radial, pelas células do parênquima radial e células das traqueídes radiais. Os raios fusiformes apresentam largura e frequência média de 58,45  $\mu\text{m}$  (34,65-112,82  $\mu\text{m}$ ) e de 0,32 (0,18-0,57)/ $\text{mm}^2$ , respectivamente. A análise estatística de comparação de médias comprovou que a altura, a largura e a frequência dos raios fusiformes não são influenciados pelas classes de diâmetro das árvores de pinus. (Tabela 6, Anexo G).

A mensuração da altura e da largura dos raios fusiformes no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Figura 28) indica que as maiores alturas médias ocorrem nas árvores de nº 28 e 30 (719,79 e 549,42  $\mu\text{m}$ , respectivamente), da maior classe diâmetro; as menores alturas ocorrem no lenho das árvores nº 18 e 21 (378,34 e 380,59  $\mu\text{m}$ , respectivamente) das classes média e alta de DAP. As maiores larguras dos raios fusiformes foram observada nas árvores de nº 30 e 01 (73,96 e 68,42  $\mu\text{m}$ , respectivamente) e os menores valores nas de nº 18 e 43 (49,66 e 49,85  $\mu\text{m}$ , respectivamente) (Anexo G). Na literatura especializada, Esteban (2005) mensurou no lenho de árvores de *Pinus canariensis*, raios fusiformes com largura média de 36  $\mu\text{m}$  (24-48  $\mu\text{m}$ ), abaixo das observadas para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

A frequência dos raios fusiformes foi de 0,32 raios/ $\text{mm}^2$ , sendo que, no lenho das árvores de nº 33, 04 e 24 foram observados os maiores valores (0,57, 0,45 e 0,42 raios fusiformes/ $\text{mm}^2$ , respectivamente); as menores frequências foram encontradas nas árvores de nº 28, 11 e 18 (0,18, 0,21 e 0,24 raios fusiformes/ $\text{mm}^2$ , respectivamente) (Anexo G). A literatura relata valores de frequência no lenho de árvores de *Pinus densiflora* de 0,76 raios fusiformes/ $\text{mm}^2$  (ZHANG et al., 2008) e em *Pinus* sp de 0,5 - 2,0 raios/ $\text{mm}^2$  (WU e HU, 1997), nos limites dos obtidos para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Tabela 6 - Altura, diâmetro e frequência média dos raios fusiformes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* das 3 classes de diâmetro

Classes de Diâmetro	DAP (cm)	Altura ( $\mu\text{m}$ )	Largura ( $\mu\text{m}$ )	Frequência (raios/ $\text{mm}^2$ )
<b>Baixa</b>	36,0	460,21 (a) (418,70 - 519,90)	59,05 (a) (52,96 - 66,16)	0,32 (a) (0,21 - 0,45)
<b>Média</b>	45,5	460,83 (a) (378,37 - 532,37)	57,46 (a) (49,66 - 73,96)	0,36 (a) (0,24 - 0,57)
<b>Alta</b>	59,1	529,84 (a) (380,59 - 719,79)	59,19 (a) (50,84 - 68,42)	0,26 (a) (0,18 - 0,30)

Letras (a) e (b) demonstram a diferença estatística entre médias de uma mesma característica quando comparadas as classes de diâmetro. Letras iguais não diferem entre si significativamente a 5% de acordo com o Teste de Tukey.

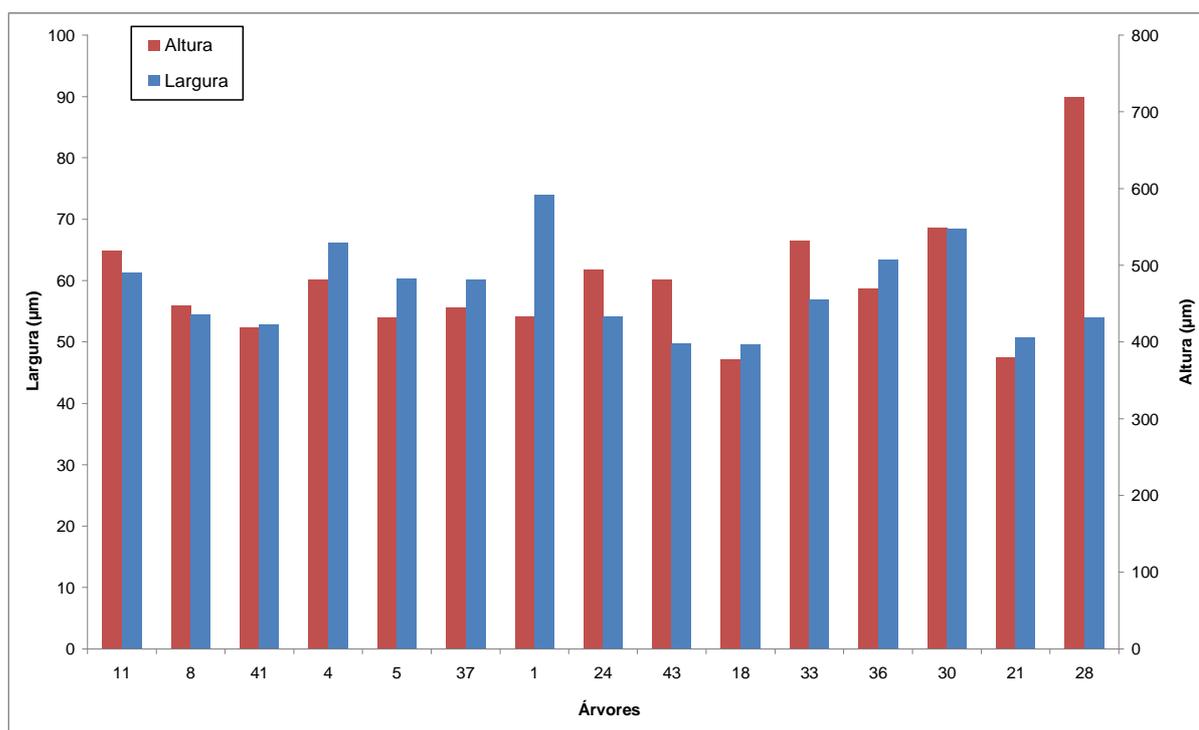


Figura 28 - Largura e altura dos raios fusiformes contendo os canais de resina radiais no lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em ordem crescente de DAP

### 5.3.2.3 Intercomunicação dos canais de resina axiais e radiais

Os canais de resina axiais comunicam-se com os canais de resina dos raios fusiformes, constituindo no lenho das árvores de coníferas, um complexo sistema de intercomunicação. A análise dos plano longitudinal tangencial e radial do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* evidencia a inter-comunicação dos 2 sistemas de canais axiais (Figura 29).

Os canais de resina radiais se desenvolvem em conjunção com os canais de resina axiais, e uma vez formados, os canais radiais são contínuos tanto no floema quanto no xilema (CHATTAWAY, 1951 apud ZHANG et al., 2008).

Segundo os estudos Zhang et al. (2008) com árvores de *Pinus densiflora*, dois ou mais canais radiais situados próximos se comunicam através de canais de resina axiais. A conexão entre esses canais foi confirmada por estudos das seções tangencial e radial do lenho, sendo possível visualizar os canais radiais, localizados nos raios fusiformes, comunicando-se com os canais (axiais). Esta rede de canais de resina axiais-radiais está relacionada com o deslocamento da resina no interior dos troncos das árvores, protegendo-as dos insetos e das injúrias externas, assim como no fluxo da resina para o exterior quando no processo de resinagem.

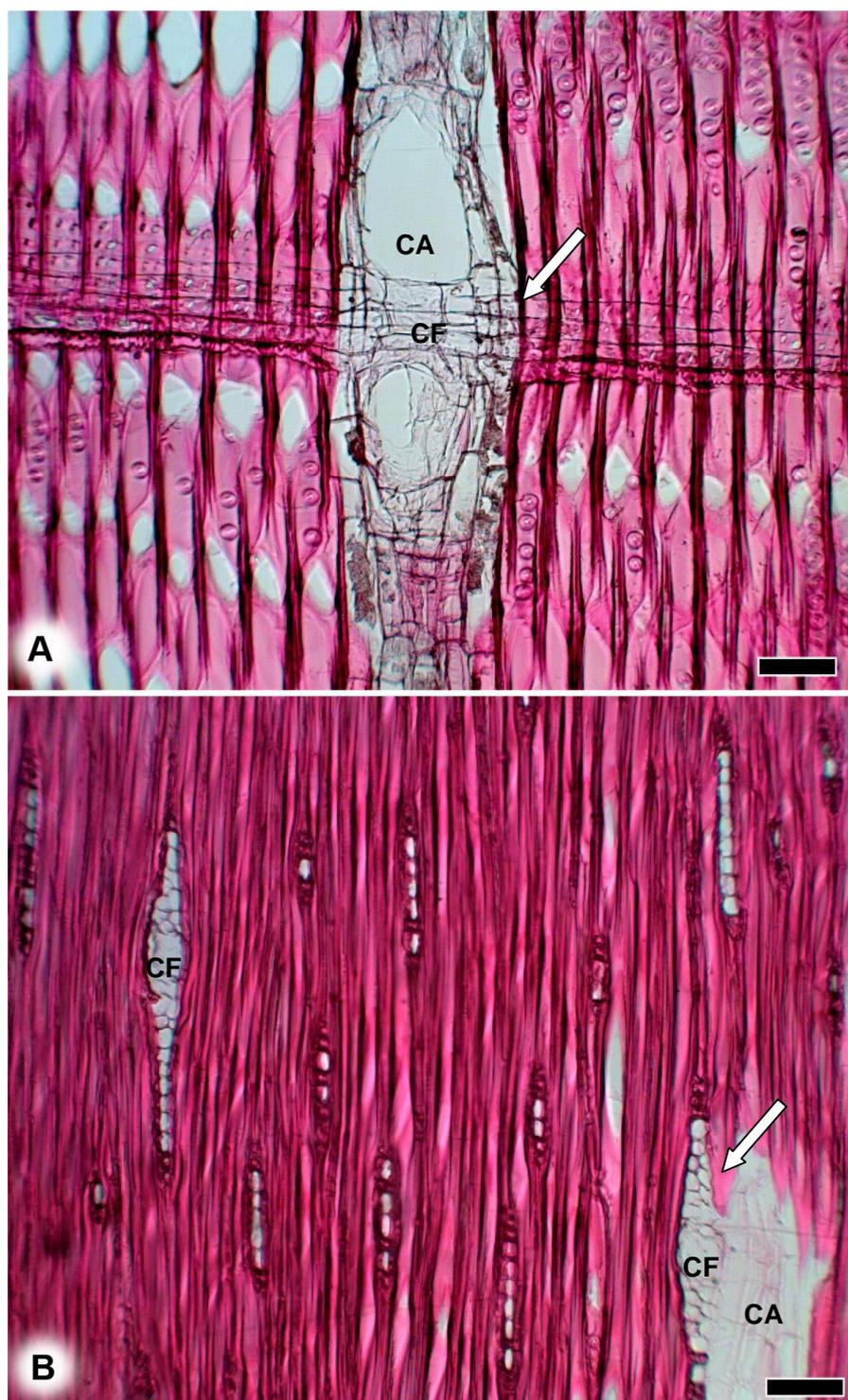


Figura 29 - Intercomunicação dos canais de resina axial (CA) e radial (CF). (A) Plano longitudinal radial, com campo de cruzamento e canal de resina axial cruzando com o canal de resina radial do raio fusiforme; (B) Plano longitudinal tangencial, com canal de resina axial conectado com o canal de resina radial do raio fusiforme. (Barra = 100  $\mu$ m)

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho obtidos permitem concluir, para as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de plantações florestais da região de Itirapina, SP :

- A estrutura anatômica macro e microscópica do lenho e dos anéis de crescimento das árvores de pinus é similar a descrita na literatura para a espécie.
- Os anéis de crescimento falsos ocorrem nos lenhos inicial e tardio dos anéis de crescimento anuais face as variações climáticas, principalmente “veranicos”, no período de maior precipitação.
- As análises dos anéis de crescimento demonstraram que as árvores de pinus apresentam a idade de 38 anos, comprovada pela data de plantio.
- O comprimento e a espessura da parede das traqueídes não diferiram nas 3 classes de diâmetro do tronco das árvores de pinus; a largura e o diâmetro do lume das traqueídes mostraram diferenças significativas, com maiores valores no lenho das árvores de pinus da classe de diâmetro alta.
- A densitometria de raios X possibilitou a identificação e a demarcação exata dos limites dos anéis de crescimento; as imagens radiográficas permitiram a determinação da frequência dos canais de resina axiais.
- A densidade aparente média do lenho mostrou diferença significativa entre as árvores de pinus da classe de diâmetro alta em relação as das classes média-baixa, resultado da espessura dos lenhos inicial/tardio dos anéis de crescimento.
- Os canais de resina axiais localizam-se em maior frequência no lenho tardio, em relação ao lenho inicial das árvores de pinus, sem diferença significativa em relação à orientação medula-casca. Canais de resina axiais ocorrem, da mesma forma, nas linhas de traqueídes de lenho tardio, considerados como anéis de crescimento falsos incluídos no lenho inicial.

- Os canais de resina apresentaram maior diâmetro nas árvores de pinus da menor classe de diâmetro, seguindo-se os das classes média e alta, sem diferença estatística.
- As características do lenho e dos canais de resina nas faces testemunha e resinada das árvores de pinus não mostraram diferenças significativas, face a data de abertura dos painéis e do início do processo de resinagem.
- Os canais de resina radiais formados nos raios parenquimáticos fusiformes se interconectam com os canais de resina axiais, formando uma rede de comunicação no lenho das árvores de pinus.

## REFERÊNCIAS

ALTEYRAC, J. **Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.)).** 2005. 154 p. Tese de (Ph.D. Ciência da Madeira) - Faculté de foresterie et de géomatique Université Laval, Québec, 2005.

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.

AMARAL, A.C.B. **Implantação da metodologia de densitometria de raios X em madeira.** 1994. 143 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2008** - Ano base 2007. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF08-BR.pdf>> Acesso em 01 nov. 2008.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; GUERREIRO, S. M.C. **Anatomia Vegetal.** Viçosa: UFV, 2003. 438 p.

ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL - ARESB. **Estatísticas.** Disponível em <<http://www.aresb.com.br/estatisticas/index.htm>>. Acessado em: 15 out. 2008.

AUGUSTO FILHO, J. Resinas, em busca de alternativas. **Revista SBS**, São Paulo, v.15, n. 53, p. 16-18, jan-fev. 1994.

BACK, E. L. Pattern of parenchyma and canal resin composition in softwoods and hardwoods. **The Japan Wood Research Society**, Springer Japan, v. 48, n. 3, p. 167-170, jun. 2002.

BAENA, E. S. **Análise da viabilidade econômica da resinagem em *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* nas regiões sul do estado do Paraná e sul e sudoeste do estado de São Paulo.** 1994. 94 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L. Propriedades de resistência e rigidez da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 371 - 380, maio - jun. 2003.

BANNAN, M.W. Factors influencing the distribution of vertical resin canals in the wood of larch, *Larix laricina*. **Transactions of the Royal Society of Canada**, Ottawa, Ontario, v.5, p. 203-218, 1933.

BANNAN, M.W. Vertical resin ducts in the secondary woods of the Abietineae. **New Phytologist**, Sheffield, v. 35, n. 1, p.11 - 46. 1936.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O.; GUTIERREZ, L.E.; TREVISAN, J.F. Resinagem e Qualidade de Resinas de Pinheiros Tropicais: I. Comparação entre espécies e época de resinagem. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 35, p.1 - 13, maio 1978.

BARRICHELO, L.E. G; BRITO, J.O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis IPEF**, Piracicaba, n.18, p.81-102, jun. 1979.

BARRICHELO, L. E. G. **Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. e Golf. para a produção e celulose kraft**. 1979. 167 p. Tese (Livre-Docência em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

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**. Commonwealth scientific and industrial research organization Division of building research, CSIRO, Melbourne, Australia, 1979. 241 p.

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

BRITO, J.O. ; STAPE, J.L. Ethephon: Resultados do 1ºano de resinagem em *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Boletim Informativo Projeto Pinheiros Tropicais**, Piracicaba, v. 3, n. 14, p. 113 - 120, maio 1984.

CAPITANI, L.R.; SPELTZ, G.E.; BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. A potencialidade de resinagem de quatro espécies de *Pinus* tropicais na região de Sacramento, MG. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 110, p. 1-15, ago. 1980.

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.

CHATTAWAY, M. M. The development of horizontal canals in rays. **Australian Journal Science Resources** , Sidney, n. 4, p. 1 - 11, 1951.

CHEN, F.F.; YANG, J.L; DOWNES, G. A visual information assessment tool for resin canal identification and property measurement. **IAWA Journal**, Leiden, Netherlands v. 29, n. 4, p. 397- 408, 2008.

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

CHIMELO, J.P. **Manual de Preservação de Madeiras** . São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Madeiras, 1986. v.1 cap.3 p. 41 – 67, Anatomia da madeira.

CONIFERS. **Conifers**. Disponível em <<http://www.conifers.org/pi/pin/index.htm>>, Acessado em: 12 nov. 2008.

CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angiospermae, II – Gimnospermae**. Série Técnica, Brasília, IBAMA, DIRPED, LPF, n. 15, 1992. 17 p.

COWN, D. J.; McCONCHIE, D. L.; YOUNG, G. D. Wood Properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* grown in Fiji. **New Zealand journal of forestry science**, Rotorua, v. 3, n.11 , p. 244 - 53, mar. 1981.

COWN, D; DOWNES, G.; DONALDSON, L. Variation in Resin Features in Radiata Pine. In Press. **New Zealand journal of forestry science**, Rotorua, p. 1 - 31, 2009. In press.

DECOUX, V.; VARCIN, E.; LEBAN, J. M. Relationships between the intra-ring wood density assessed by X-ray densitometry and optical anatomical measurements in conifers. Consequences for the cell wall apparent density determination. **Annals of Forest Science**. - INRA, Nancy, v. 3, n. 61, p. 251 - 262, abr - maio 2004.

DOWNES, G.M.; WIMMER, R.; EVANS, R. Understanding wood formation: gains to commercial forestry through tree-ring research. **Dendrochronologia**, Berlin, v. 20, n. 1/2, p. 37 - 51, 2002.

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, fev. 2001.

ESAU, K. **Plant Anatomy**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1965. 767p.

ESTEBAN, L.G.; CASASÚS, A.G.; ORAMAS, C.P.; PALACIOS, P. de P. **La Madera y su anatomía** : anomalías y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar - Mundi-Prensa, 2003. 327 p.

ESTEBAN, L. G.; PALACIOS, P. de P., CASASÚS, A. G.; Fernández, F. G. Characterisation of the xylem of 352 conifers. **Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales**, Madri, v. 13 n. 3, p. 452 - 478, 2004.

ESTEBAN, L. G., GASSON, P., CLIMENT, J. M.; PALACIOS P. GUINDEO, A. The wood of *Pinus canariensis* and its resinous heartwood. **IAWA Journal**, Leiden, Netherlands, v. 26, n.1, p. 69 - 77, 2005.

FAHN, A. **Plant anatomy**. Oxford: Pergamon Press, 1982. p. 128 - 143.

FAHN, A.; ZAMSKI, E. The influence of pressure, wind, wounding and growth substances on the rate of resin duct formation in *Pinus halepensis* wood. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v.19, p. 429 – 446, 1970.

FARJON, A.; STYLES, B. T. *Pinus* (Pinaceae). **Flora Neotropica Monography**, New York: The New York Botanical Garden, n. 75, p 1 - 291, 1997.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood - chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 613 p.

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

FIGUEREDO FILHO, A.; MACHADO, S. do A.; HOSOKAWA, R. T.; KIKUTE, P. Avaliação econômica da resinagem em florestas de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 48-63, 1992.

FIGUEREDO FILHO, A.; MACHADO, S. do 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*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 22, n. 12, p. 13 - 24, 1992.

FRANKLIN, G.L. Permanent preparations of macerated wood fibers. **Tropical Woods**, Yale, n. 49, p. 21-2, 1937.

GARRIDO, M. A; RIBAS, C. Variabilidade da produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, p. 113-128, 1994.

GOOGLE EARTH. **Google Earth 4.2**. Mountain View, 2009. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 21 de nov. 2008.

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).

GURGEL, O. A.; FARIA, A. J. Fatores que influem na resinagem de Pinus. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 37, p. 1 - 12, 1978.

HARRINGTON, T.A. Production of oleoresin from Southern pine trees. **Forest Products journal**, Madison, v. 6, n. 19, p. 31-6, 1969.

HANES, C.S. Resin canals in conifer seedlings. **Journal Linnean Society Botanical**, London, v. 47, p. 613 - 636, 1927.

HEINZ, I. **Systematische Erfassung und Dokumentation der mikroanatomischen Merkmale der Nadelhölzer aus der Klasse der Pinatae**. 2005. 210 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Technische Universität München, München, 2005.

HODGES, J. D.; ELAM, W. W.; BLUHM, D. R. Influence of resin duct size and number on oleoresin flow in the southern pines. New Orleans: Southern Forest Experiment Station, 1981. p. 1 - 3. (Research Note, 266.)

IAWA Committee. IAWA List of microscopic feature for softwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 25, n.1., p. 219 - 332, 2004.

IAWA Committee. **Multilingual glossary of terms used in wood anatomy**. Winterthur: Konkordia. 1964. 185 p.

ILVESSALO-PFAFFLI, Marja-Sisko. **Fiber Atlas**: identification of papermaking fibers. Birkhäuser: Springer Verlag, 1995. 400 p.

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

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. Nova York: McGraw Hill. 523 p. 1940.

JOZSA, L. A.; MIDDLETON, G. R. **A discussion of wood quality attributes and their practical implications..** Vancouver: Forintek Canada Corp. 1994. 42p. (Research Note, 266.)

KIBBLEWHITE, R.P.; N.S. THOMPSON. The ultrastructure of the middle lamella region in resin canal tissue isolated from slash pine holocellulose. **Wood Science and Technology**, Springer Berlin / Heidelberg, v.7, n. 2, p 112 - 126, jun. 1973.

KOCH, P. **Utilization of the southern pines**. Washington: Agriculture Handbook, , 1972. 1663 p. (US Department of Agriculture, 420)

KUKACHKA, F. Identification of Coniferous Woods. **TAPPI**, Madison, Forest Products Laboratory, Forest Service, U. S. Department of Agriculture, v. 43, n. 11, p. 887 - 896, 1960.

KUMAR, S. Genetic parameter estimates for wood stiffness, strength, internal checking, and resin bleeding for radiata pine. **Canadian Journal of Forest Research**, Ontario, v. 34, p. 2601 - 2610, 2004.

LARSON, P.R. **The vascular cambium, development and structure**. Springer Verlag Berlin /Heidelberg/ New York., 1994. 725p.

LENZ, O.; SCHÄR, E.; SCHWEINGRUBER, F.H. Methodische Probleme bei der radiographisch-densitometrischen Bestimmung der Dichte und der Jahrringbreiten von Holz. **Holzforschung**, Berlin, v. 30, n. 4, p. 114 -123, jun. - jul. 1976.

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

MATTOS, J. R. **Espécies de Pinus cultivados no Brasil**. São Paulo: Grupo Editorial Chácara Quintais, 1979. 133p.

MAUSETH, J. D. **Plant Anatomy Laboratory Micrographs of plant cells and tissues, with explanatory text**. Integrative Biology, University of Texas. Disponível em: <<http://www.sbs.utexas.edu/mauserth/weblab/webchap15wood/15.2-2.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2008.

MERGEN, F.; HOEKSTRA, P.E.; ECHOLS, R. M. Genetic control of oleoresin yield and viscosity in slash pine. **Forest Science**, Lake City, n.1, p. 19 - 30, mar. 1955.

MIROV, N.T. **The genus Pinus**. New York: Ronald Press,1967. 602 p.

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**, Champenoux, Institut national de la recherche agronomique, équipe de recherches sur la qualité des bois, 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**, Sidney, v. 2, n.14, p. 85 -98, 1984.

NIETO, V.M.; RODRIGUEZ, J. **Tropical tree seed manual. Part II - Species descriptions**. Santa Fé de Bogotá, jan. 2003. p. 609 – 61.

OLUWAFEMI, O.A. Wood Properties and Selection for Rotation Length in Caribbean Pine (*Pinus caribaea* Morelet) Grown in Afaka, Nigeria. **American-Eurasian Journal Agricultural & Environment Science**, Ibadan, v. 2, n. 4, p. 359 - 363, 2007.

ONG, S.H. **A study in the variation in some structural features and some wood properties of *Pinus caribaea***. 1978. 286 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Department of Forest, University of Oxford, Oxford, 1978.

PALMER, E.R.; GIBBS, J.A. Pulping characteristics of three trees of *Pinus caribaea* with different densities grown in Jamaica. **Tropical Products Institute Report**, London, n. 30, p. 1 - 24, 1973.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Text book of wood technology**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1970. 705 p.

PARDOS, J.A. Influencia del 2,4-D en la formación de canales resiníferos y en el crecimiento radial del xilema en plantitas de *Pinus pinaster* Ait. **Annales del INIA - Serie: Recursos Naturales**, Madrid, v.4, p. 157 - 63, 1980.

PHILLIPS, E.W.J. Identification of Softwoods by their Microscopic Structure. **Forest Products Research**, London, Bulletin n. 22, p. 1- 50, 1963.

PIEDRA, T.E. **Descripcion botanica de los pinos mexicanos**. Chapingo - México: Division de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, 1985. 45 p.

PLUMPTRE, R. A. *Pinus caribaea*. v. 2: Wood properties. **Tropical Forestry Papers**, Oxford, 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.

POLGE, H. Fifteen years of wood radiation densitometry. **Wood Science and Technology**, Springer Berlin / Heidelberg, v.12, p.187 - 196, 1978.

REID, R.W.; WATSON, J.A. Sizes, distribution and numbers of vertical resin ducts in lodgepole pine. **Canadian Journal of Botany**, Ontario, v.44, p. 519 - 525, 1966.

RICHARDSON, D. **Ecology and biogeography of pinus**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 527 p.

RIGLING, A.; BRÜHLHART, H.; BRÄKER, O. U.; FORSTER, T.; SCHWEINGRUBER, F. H. Effects of irrigation on diameter growth and vertical resin duct production in *Pinus sylvestris* L. on dry sites in the central Alps, Switzerland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 175, p. 285 - 296, 2003.

ROBERTS, D.R. Within-tee variation of monoterpene hydrocarbon composition of slash pine oleoresin. **Phytochemistry**, Amsterdam, Netherlands, v.9, p. 809 - 815, 1970.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide**: version 6.08. Carrey, v.2. 1997. 846p.

SASS, J.E. **Botanical microtechnique**. 3<sup>rd</sup> ed. Iowa: State Press, 1951. 228 p.

SBS ESTATÍSTICAS. **Área plantada com pinus e eucaliptos no brasil (ha) - 2000**. Disponível em: Estatísticas: <[http://www.sbs.org.br/area\\_plantada.htm](http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm)>. Acesso em: 10 out. 2008.

SCHAITZA, E. G.; MATTOS, P. P.; PEREIRA, J. C. D. Metodologías sencillas y baratas para análisis de imagem en laboratorios de calidad de madera. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO IUFRO, 1., 1998, Valdivia. **El manejo sustentable de los recursos forestales, desafio del siglo XXI**: acta. Valdivia: 1998. CD-ROM.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree rings and environment**: Dendroecology. Berna: Paul Haupt Publishers, 1996. 609 p.

SHIMIZU, J.Y. Pinus na silvicultura brasileira. **Revista da Madeira**, ago. 2004. Disponível em <[http://www.remade.com.br/pt/revista\\_materia.php?edicao=83&id=593](http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=83&id=593)> . Acesso em: 23 nov. 2008.

SHIMIZU, J.Y ; SPIR, I. H. Z. Seleção de *Pinus elliottii* pelo valor genético para alta produção de resina. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 103 - 117, jan./jun, 1999.

SOUZA, M.R.; VICENTE, A.T.V.; MOURA, V.P.G.; FIORENTINI, E.A. Análise de parâmetros anatômicos de traqueóides axiais das madeiras de quatro procedências de Pinus. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, ISSN 1676-1340, n. 97, p. 1 - 21, 2005.

- THOMSON, R.B.; SIFTON, H.B. Resin canals in the Canadian spruce, *Picea canadensis*. **Philadelphia Transactions Society B.**, London, v. 214, p. 63 - 111, 1925.
- 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, dez. 2004.
- VAGANOV, E.A.; HUGHES, M.K. ;SHASHKIN, A.V. **Growth Dynamics of Conifer Tree Rings. Images of Past and Future Environments**. Germany: Springer-Verlag Berlin/Heidelberg, 2006. 354 p.
- VASQUEZ CORREA ,A.M. **Variação das características anatômicas e 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.
- WERKER, E. The secretory cells of *Pinus halepensis*. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 19, p. 542 - 557, 1970.
- WERKER, E. ;FAHN, A. Site of resin synthesis in cells of *Pinus halepensis*. **Nature**, London, v. 218, p. 388 - 389, abr. 1968.
- WERKER, E.; FAHN, A. Resin ducts of *Pinus halepensis*: their structure, development and pattern of arrangement. **Journal Linnean Society Botany**, London, v. 62, p. 379 - 411, 1969.
- WIEDENHOEFT, A. C.; MILLER, R. B. Brief comments on the nomenclature of softwood axial resin canals and their associated cells. **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n.3, p. 299 - 303, 2002.
- WIMMER, R. Intra-annual cellular characteristics and their implications for modelling softwood density. **Wood Fiber Science**, Madison, v. 27, n. 4, p. 413 - 420, 1995.
- WIMMER, R.; GRABNER, M. Effects of climate on vertical resin duct density and radial growth of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. **Trees - Structure and Function**, Berlin, v.11, n. 5, p. 271 - 276, abr. 1997.
- WIMMER, R.; GRABNER, M.; STRUMIA, G.; SHEPPARD, P.R. Significance of vertical resin ducts in tree rings of spruce. In: WIMMER, R.; VETTER, R. (Ed.). **Tree Ring Analysis. Biological, methodological and environmental aspects**. Wallingford, New York, U.S.A: CABI International, 1999. Seção B, p. 107 - 118

WOODING, F.B.P.; NORTHCOTE, D.H. The fine structure of mature resin canal cells of *Pinus pinea*. **Journal Ultrastructure Research**, San Diego, v.13, n. 3, p. 233 - 244, out. 1965.

WU, H.; HU, Z. Comparative anatomy of resin ducts in the woods of Pinaceae. **Trees - structure and function**, Springer Berlin / Heidelberg, v. 11, n. 03, p. 135 -143, jan. 1997.

YAMAMOTO, F.; KOZLOWSKI, T. T. Effect of ethrel application on growth and stem anatomy of *Pinus halepensis* seedlings. **IAWA Bull**, Leiden, v.8, p. 11-19, 1987.

YANG, J. L.; DOWNES, G.; CHEN, F.; COWN, D. Investigation of Within-tree and Between-site Resin Canal Variation in Radiata Pine. In: IUFRO - ALL DIVISION 5 CONFERENCE - FOREST PRODUCTS AND ENVIRONMENT: A PRODUCTIVE SYMBIOSIS, D5, 2007, Taipei, Taiwan. Resumos...Taipei: **IUFRO**, 2007, p. 179.

ZHANG, C.; FUJII, T.; ABE, H.; FUJIWARA, T.; FUJITA, M.; TAKABE, K. Anatomical features of radial resin canals in *Pinus densiflora*. **IAWA Journal**, Leiden, n. 29, v.2, p.179-187, 2008.

ZAMSKI, E. Temperature and photoperiodic effects on xylem and vertical resin duct formation in *Pinus halepensis* Mill. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 21, p. 99 – 107, 1972.

ZAMSKI, E.; FAHN, A. Observations on resin secretion from isolated portions of resin ducts of *Pinus halepensis*. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 21, p. 35 - 38, 1972.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na estação ecológica de Itirapina (SP, Brasil). **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 1 - 14, dez. 2006.

ZAVARIN, E. Monoterpenoids of Coniferales. **IAWA Bull Intern**, Leiden, v.1, p. 3 -12, 1968a.

ZAVARIN, E. Chemotaxonomy of the genus *Abies*. II. Within a tree variation of terpenes in cortical oleoresin. **Phytochemistry**, Amsterdam, v.7, p. 99 - 107, 1968b.

**ANEXOS**

Anexo A - Comprimento, largura, espessura da parede e diâmetro do lume das traqueídes do lenho das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas classes de DAP (15 árvores)

Classes de Diâmetro	DAP (cm)	Árvores	Dimensões Traqueídes (µm)			
			Comprimento	Largura	Espessura da parede	Diâmetro do Lume
<b>Baixa</b>	32,0	<b>11</b>	3807,67	49,71	16,63	33,08
	32,8	<b>8</b>	4638,56	60,15	16,63	41,56
	35,8	<b>41</b>	5287,13	41,71	26,46	15,25
	39,0	<b>4</b>	3583,30	56,74	24,38	36,99
	40,5	<b>5</b>	4383,49	40,51	18,59	16,13
<b>média</b>	<b>36,0</b>		<b>4340,03</b>	<b>49,76</b>	<b>20,54</b>	<b>28,60</b>
<b>Média</b>	42,5	<b>37</b>	4862,50	49,45	19,21	30,24
	43,3	<b>1</b>	6219,04	49,32	19,75	27,96
	43,3	<b>24</b>	4749,69	42,2	26,04	16,15
	45,0	<b>43</b>	3579,59	50,68	20,44	30,23
	49,3	<b>18</b>	5131,37	46,14	22,53	23,61
	49,5	<b>33</b>	5470,68	54,45	18,25	36,20
<b>média</b>	<b>45,5</b>		<b>5002,15</b>	<b>48,71</b>	<b>21,04</b>	<b>27,40</b>
<b>Alta</b>	57,5	<b>36</b>	4741,66	49,46	21,66	27,80
	58,8	<b>30</b>	5151,30	64,84	18,16	46,14
	60,0	<b>21</b>	5879,14	71,57	14,24	57,33
	60,0	<b>28</b>	5184,27	67,58	18,83	48,76
<b>média</b>	<b>59,1</b>		<b>5239,09</b>	<b>63,36</b>	<b>18,22</b>	<b>45,01</b>

Anexo B - Características gerais árvores *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para densitometria de raios X

Classes de			Raios (cm)				Produção
Diâmetro	Árvores	DAP (cm)	Painel	Face resinada	Painel	Face testemunha	Resina
	11	32,0	A	11,41	B	13,00	baixa
	8	32,8	C	13,38	D	14,59	baixa
	6	33,5	C	7,43	B	11,87	baixa
	17	34,5	C	8,61	D	9,80	média
	41	35,8	C	13,46	B	13,25	alta
	20	36,0	C	11,44	D	11,88	média
	16	36,5	A	15,95	D	16,44	média
<b>Baixa</b>	22	37,0	A	16,08	B	19,38	média
	26	37,8	C	11,87	D	13,71	média
	29	38,5	C	14,43	D	12,60	média
	45	38,5	A	15,74	B	13,11	alta
	4	39,0	A	21,19	B	15,47	baixa
	44	39,8	A	18,31	D	17,39	alta
	5	40,5	C	9,54	B	13,64	baixa
	34	40,8	A	25,44	B	16,48	alta
	35	41,0	A	21,05	B	14,16	alta
<b>média</b>		<b>37,1</b>					
	10	41,5	C	13,03	B	21,73	baixa
	9	42,0	C	12,48	D	13,64	baixa
	12	42,5	C	10,00	D	17,64	baixa
	37	42,5	C	16,99	B	23,56	alta
<b>Média</b>	7	43,3	C	15,46	D	19,23	baixa
	23	44,0	C	12,03	D	19,89	média
	38	44,5	C	17,07	B	19,08	alta
	43	45,0	C	17,23	D	20,11	alta
	40	47,8	C	19,41	B	15,12	alta
	39	48,0	C	21,19	D	31,30	alta
<b>média</b>		<b>44,1</b>					
	3	52,8	C	18,86	D	23,44	baixa
<b>Alta</b>	30	58,8	C	24,20	D	27,40	média
	21	60,0	C	27,26	D	26,17	média
	28	60,0	C	23,35	B	24,12	média
<b>média</b>		<b>57,9</b>					

## Anexo C - Frequência de árvores para densitometria de raios X nas diferentes classes de diâmetro

Nr. Classes	Classes de Diâmetro (cm)	Frequência
1	32,0 - 41,3	16
2	41,3 - 50,7	10
3	50,7 - 60,0	4
<b>Total</b>		<b>42</b>

Anexo D - Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>) por raio, por árvore, por painel (média, máxima e mínima)

Árvores	DAP (cm)	Painéis	Raio (cm)	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
<b>Média</b>		<b>Resinado</b>	<b>16,13</b>	<b>0,67</b>	<b>1,30</b>	<b>0,34</b>
		<b>Testemunha</b>	<b>17,64</b>	<b>0,68</b>	<b>1,30</b>	<b>0,37</b>
<b>Máximo</b>		<b>Resinado</b>	<b>27,26</b>	<b>0,83</b>	<b>1,73</b>	<b>0,50</b>
		<b>Testemunha</b>	<b>31,30</b>	<b>0,82</b>	<b>1,75</b>	<b>0,48</b>
<b>Mínimo</b>		<b>Resinado</b>	<b>7,43</b>	<b>0,45</b>	<b>0,95</b>	<b>0,19</b>
		<b>Testemunha</b>	<b>9,80</b>	<b>0,50</b>	<b>1,01</b>	<b>0,22</b>

Anexo E – Frequência média (nr./mm<sup>2</sup>) dos canais de resina axiais nos lenhos inicial, tardio e no anel em diferentes posições das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Árvore	Posição	Frequência		
		LI	LT	Anel
03D	1	0,407	0,395	0,423
	2	0,428	0,842	0,521
	3	0,089	1,122	0,452
04A	1	0,342	0,457	0,354
	2	0,386	0,624	0,429
	3	0,382	0,422	0,412
17D	1	0,428	0,422	0,425
	2	0,935	0,823	0,868
	3	0,773	0,488	0,649
20D	1	0,496	1,053	0,902
	2	0,965	0,221	0,660
	3	0,474	0,366	0,419
28C	1	0,416	0,831	0,445
	2	0,350	0,708	0,451
	3	0,412	1,032	0,589
29D	1	0,345	0,374	0,361
	2	0,635	1,104	0,790
	3	0,526	1,415	0,741
34A	1	0,396	1,118	0,522
	2	0,344	0,701	0,503
	3	0,435	0,938	0,544
35A	1	0,389	0,464	0,400
	2	0,432	0,336	0,406
	3	0,408	0,498	0,454
43D	1	0,284	0,381	0,302
	2	0,173	0,758	0,350
	3	0,354	0,945	0,574

Anexo F - Diâmetro e frequência dos canais de resina nos lenhos inicial, transição e tardio do lenho de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de 3 classes de diâmetro. (Lâminas histológicas)

Classes de Diâmetro	Árvore	DAP (cm)	Diâmetro (µm)			Frequência			
			LI	T	LT	Média	Mínimo	Máximo	(nr./mm <sup>2</sup> )
Baixa	11	32,0	206,72	140,50	111,69	132,04	90,21	206,72	0,48
	8	32,8	184,73	171,09	272,51	198,21	112,76	278,13	0,33
	41	35,8	-	109,02	121,55	117,37	90,21	165,38	0,27
	4	39,0	159,11	181,92	195,44	173,47	135,31	225,51	0,39
	5	40,5	118,41	140,01	132,18	129,85	60,14	165,38	0,66
<b>média</b>		<b>36,0</b>	<b>167,2</b>	<b>148,51</b>	<b>166,68</b>	<b>150,19</b>	<b>97,72</b>	<b>208,22</b>	<b>0,43</b>
Média	37	42,5	161,62	-	142,04	144,00	93,96	233,03	0,30
	1	43,3	174,17	201,74	140,64	166,45	127,85	251,85	0,33
	24	43,3	109,00	-	116,83	115,78	71,41	173,06	0,45
	43	45,0	140,70	-	137,83	139,84	120,27	165,38	0,30
	18	49,3	133,20	139,11	125,57	132,29	97,72	165,38	0,48
	33	49,5	125,34	122,17	-	124,07	82,69	169,13	0,30
<b>média</b>		<b>45,5</b>	<b>140,7</b>	<b>154,34</b>	<b>132,58</b>	<b>137,07</b>	<b>98,98</b>	<b>192,97</b>	<b>0,36</b>
Alta	36	57,5	104,01	162,57	143,42	140,64	71,41	180,41	0,45
	30	58,8	133,82	-	156,62	139,09	60,14	176,65	0,39
	21	60,0	83,53	67,65	52,62	79,28	52,62	105,24	0,33
	28	60,0	114,01	122,83	146,62	129,44	82,69	172,89	0,42
<b>média</b>		<b>59,1</b>	<b>108,8</b>	<b>117,69</b>	<b>124,82</b>	<b>122,11</b>	<b>66,71</b>	<b>158,80</b>	<b>0,40</b>

Anexo G – Diâmetro, altura, largura e frequência dos canais de resina fusiformes (crescente por DAP)

Árvore	DAP (cm)	Altura (µm)	Largura (µm)	Freq. (nr./mm <sup>2</sup> )
11	32,0	519,90	61,24	0,21
8	32,8	447,90	54,45	0,33
41	35,8	418,70	52,96	0,36
4	39,0	481,54	66,16	0,45
5	40,5	432,99	60,41	0,27
37	42,5	445,10	60,16	0,30
1	43,3	433,28	73,96	0,30
24	43,3	494,40	54,19	0,42
43	45,0	481,51	49,85	0,33
18	49,3	378,34	49,66	0,24
33	49,5	532,37	56,94	0,57
36	57,5	469,57	63,53	0,27
30	58,8	549,42	68,42	0,27
21	60,0	380,59	50,84	0,30
28	60,0	719,79	53,99	0,18
<b>Média</b>	<b>45,93</b>	<b>479,03</b>	<b>58,45</b>	<b>0,32</b>
<b>Máximo</b>	<b>60,00</b>	<b>719,79</b>	<b>73,96</b>	<b>0,57</b>
<b>Mínimo</b>	<b>32,00</b>	<b>378,34</b>	<b>49,66</b>	<b>0,18</b>