

PPT



# **BOLETIM INFORMATIVO**

**Nº 9**

PESQUISA TECNOLÓGICA PARA MELHORIA DA QUALIDADE DO PINHO

CONTRATO: USP-BNDE/FUNTEC Nº 305/76

ESALQ - DEPTO.SILVICULTURA

1980

“PESQUISA TECNOLÓGICA PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DO PINHO”

CONTRATO: USP-BNDE/FUNTEC Nº 305/76  
ESALQ-DEP. SILVICULTURA

BOLETIM INFORMATIVO Nº 9

Piracicaba (SP) – Dezembro/1980

---

Volume 1

nº 9

Dezembro/80

Circ. Interna

---

CONTRATO: USP-BNDE/FUNTEC N° 305/76 - ESALQ - DEP. SILVICULTURA  
“Pesquisa Tecnológica para a Melhoria da Qualidade do Pinho”

Responsável: Dr. João Walter Simões

Coordenador: Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto

Tec. Assist. Adm.: Flávio Rodrigues Salgueiro

### SUB-PROJETOS E SEUS RESPONSÁVEIS

SUB-PROJETO 01 – Adaptação Ecológica, Crescimento e Desenvolvimento dos Pinheiros Tropicais: Dr. Fábio Poggiani.

SUB-PROJETO 02 – Produção e Qualidade da Água em Povoamentos de Pinheiros Tropicais : Dr. Walter de Paula Lima.

SUB-PROJETO 03 – Produção de Sementes Melhoradas de Pinheiros Tropicais : Dr. Paulo Yoshio Kageyama e Dr. Mário Ferreira.

SUB-PROJETO 04 – Técnicas de Manejo e seu Relacionamento com a Produção e Qualidade da Madeira de Pinheiros Tropicais: Dr. João Walter Simões.

SUB-PROJETO 05 – Técnicas de Exploração Mecanizada em Povoamentos Implantados de Pinheiros Tropicais: Professor Arnaldo Salmeron.

SUB-PROJETO 06 – Estudos Básicos para Controle de Insetos em Povoamentos de Pinheiros Tropicais: Dr. Evoneo Berti Filho.

SUB-PROJETO 07 – Influência dos Fungos Micorrízicos no Desenvolvimento dos Pinheiros Tropicais: Dr. Tasso Leo Krugner e Prof. Mário Tomazello Filho.

SUB-PROJETO 08 – Características Anatômicas da Madeira de Diferentes Espécies de Pinheiros Tropicais: Prof. Mário Tomazello Filho e Dr. Epaminondas S. de Barros Ferraz.

SUB-PROJETO 09 – Relação entre Propriedades Físico-Mecânicas da Madeira de Pinheiros Tropicais e Possibilidades de sua Utilização Industrial em Embalagens e Estruturas: Professor José Nivaldo Garcia.

SUB-PROJETO 10 – Equipamentos e Métodos para o Desdobro e Processamento Mecânico da Madeira de Pinheiros Tropicais: Professor José Nivaldo Garcia.

SUB-PROJETO 11 – Secagem Acelerada da Madeira de Pinheiros Tropicais em Estufas Industriais: Professor Ivaldo Pontes Jankowsky.

SUB-PROJETO 12 – Produção de Lâminas e Painéis Compensados de Madeira de Pinheiros Tropicais: Professor Ivaldo Pontes Jankowsky.

SUB-PROJETO 13 – Celulose Kraft de Madeiras de Pinheiros Tropicais para Fabricação de Papel: Dr. Luiz Ernesto George Barrichelo.

SUB-PROJETO 14 – Resinagem e Qualidade de Resina de Pinheiros Tropicais: Prof. José Otávio Brito.

SUB-PROJETO 15 – Avaliação Econômica de Resultados do Projeto: Prof. Ricardo Berger.

## SUMÁRIO

### PESSOAL DO PROJETO DE PINHEIROS TROPICAIS

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA VARIAÇÃO INTRA-ÁRVORES, DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS EM DIFERENTES CLASSES SOCIAIS DA POPULAÇÃO DE *PINUS CARIBAEA* VAR. *BAHAMENSIS* - José Nivaldo Garcia

1. Introdução
2. Objetivos
3. Material e Métodos
  - 3.1. Material
    - 3.1.1. Matéria Prima
    - 3.1.2. Equipamentos
  - 3.2. Métodos
4. Resultados
5. Discussão dos Resultados
6. Conclusões

### PRODUÇÃO DE LÂMINAS E PAINÉIS COMPENSADOS DE MADEIRA DE PINHEIROS TROPICAIS

#### I. APRESENTAÇÃO

II. VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA DO COMPENSADO DE *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS*, EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DE EXTENSOR E DO TEMPO DE MONTAGEM – Ivaldo Pontes Jankowsky

1. Introdução
2. Material e Métodos
3. Resultados e Discussão
4. Conclusão
5. Agradecimentos
6. Bibliografia citada

QUALIDADE DO BREU E TEREBINTINA DE PINHEIROS TROPICAIS – José Otávio Brito, Luiz E. G. Barrichelo, e Luiz E. Gutierrez

## 1. Introdução

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Material

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Obtenção de Resina

#### 2.2.2. Destilação da Resina

#### 2.2.3. Análise do Breu

#### 2.2.4. Análise da Terebintina

## 3. Resultados e Discussões

### 3.1. Rendimento das Destilações

### 3.2. Análise do Breu

#### 3.2.1. Número de Saponização

#### 3.2.2. Teor de Materiais Insaponificáveis

#### 3.2.3. Número de Acidez

#### 3.2.4. Cor

### 3.3. Análises da Terebintina

## 4. Conclusões

## 5. Bibliografia

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA VARIAÇÃO INTRA-ÁRVORES, DAS  
PROPRIEDADES MECÂNICAS EM DIFERENTES CLASSES SOCIAIS DA  
POPULAÇÃO DE *PINUS CARIBAEA* VAR. *BAHAMENSIS*

José Nivaldo Garcia<sup>\* \*</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Pinus* produz madeira de excelente qualidade visual, especialmente quando obtida a partir das árvores de grande diâmetro desramada artificialmente durante os seus estágios de crescimento. Este fato, associado à possibilidade de grande produção de madeira em curto espaço de tempo, gera interesse em estudar as suas qualidades físico-mecânicas que visam determinar suas adequadas utilizações.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho é estudar a variação intra-árvore (transversal e longitudinal), do *Pinus caribaea* var. *bahamensis* no que se refere ao seu limite de resistência à compressão paralela às fibras e flexão simples, que são juntamente com os respectivos módulos de elasticidade, os parâmetros mais importantes no dimensionamento de estrutura de madeira. Sendo assim, está se tentando diretamente, introduzir o *Pinus* em construção civil com vistas à substituição do pinheiro do Paraná. Adiante são analisados alguns exemplos bastante simples, baseado nos resultados obtidos do experimento em questão, que poderão dar idéia das possibilidades e perspectivas deste gênero.

## 3. MATERIAL E MÉTODO

### 3.1. MATERIAL

#### 3.1.1. Matéria Prima

Com matéria prima para o desenvolvimento do referido trabalho foram utilizadas árvores de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, de um povoamento localizado no campus da ESALQ, da idade de 12 anos, implantado sob espaçamento inicial de 3 x 2 m, tendo sido executados 2 desbastes e não desramado artificialmente.

#### 3.1.2. Equipamentos

Para produção dos corpos de provas a partir do desdobro das toras foram utilizados os equipamentos do setor de processamento mecânico do Departamento de Silvicultura (serra de fita e circular, desempenadeira, desengrossadeira, etc.). Para os ensaios dos corpos de provas foi utilizada uma máquina universal Losenhausenwerk, de capacidade para 6000 kg.

### 3.2. MÉTODO

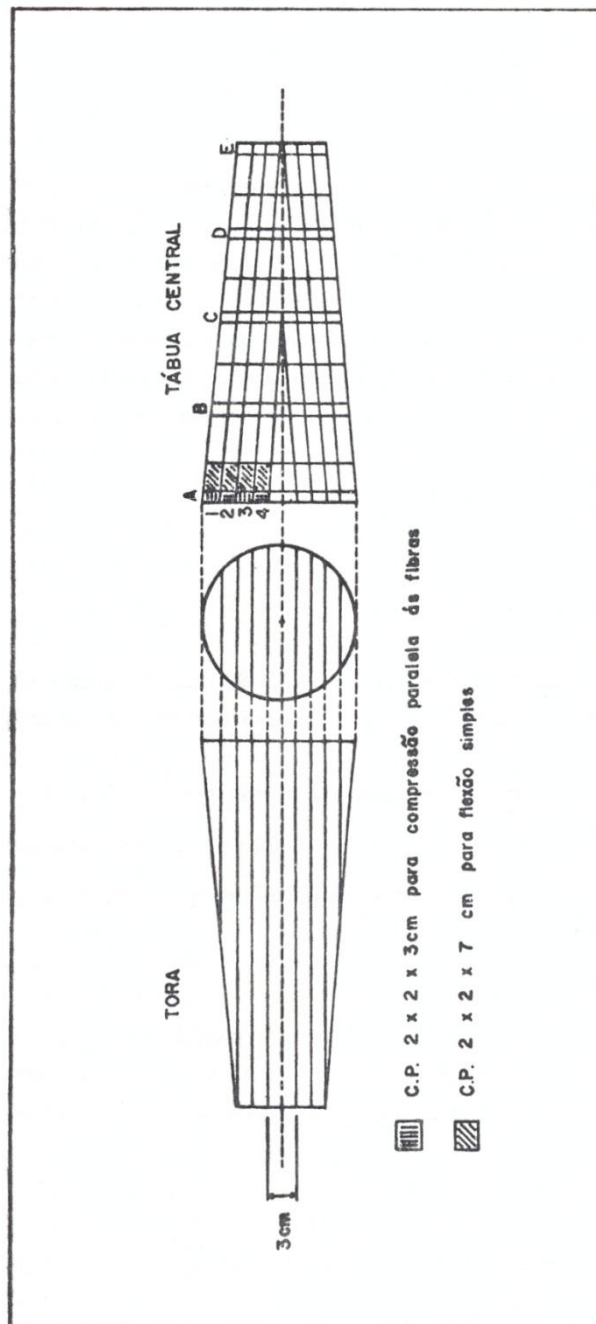
---

\* Auxiliar de Ensino do Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP.

Do referido povoamento foram extraídas 3 árvores, representando cada uma, respectivamente aos seus diâmetros (33, 21 e 12 cms), as classes superior, média e inferior.

As árvores foram seccionadas em toras de aproximadamente 2 m de comprimento e desdobrada na serra de fita em tábuas de 3 cm de espessura. A tábua central que contém a medula foi cortada em sarrafos de 3 x 3 cm, de acordo com os cones de crescimento apresentado pela árvore.

Os corpos de provas foram retirados em cada sarrafo e a cada 1 m a partir da seção transversal da base (A), de tal modo a fazer uma varredura transversal e longitudinalmente no fuste da árvore. Ver esquema na folha seguinte.



Os dados obtidos se referem aos ensaios feitos nos C.P. verdes (valor de umidade acima do ponto de saturação das fibras) e isentos de defeitos, como especifica o modelo brasileiro MB-26 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Para os exemplos de cálculo estrutural vistos adiante, foram utilizados os dados contidos no presente trabalho em comparação com os dados de pinho divulgados em tabelas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

#### 4. RESULTADOS

Os dados obtidos de limites de resistência à compressão paralela às fibras constam nos anexos de 1 a 8, respectivos, das 3 classes estudadas, onde:

$L_1$  e  $L_2$  – lados dos C.P. (média de 2 medidas), medidos em cm.

P = Carga de ruptura dos C.P. em kg.

$$\sigma_c = \frac{P}{S} = \text{Limite de resistência à compressão paralela, em kg/cm}^2.$$

S = Seção comprimida do corpo de prova.

n° C.P. = C.P. que contém a medula

\* = Com defeito (não considerado)

Os anexos de 9 a 16 se referem aos resultados obtidos de limite de resistência à flexão simples, representando as 3 classes em questão, onde:

h = Altura do C.P. no ponto de aplicação da carga (média de 2 medidas), em cm.

b = Base do C.P. no ponto de aplicação da carga (média de 2 medidas), em cm.

P = Carga de ruptura do C.P., em kg.

$$\sigma_F = \frac{3P_1}{2bh^2} = \text{Limite de resistência à flexão simples em kg/cm}^2.$$

1 = Vão livre para o ensaio de flexão = 24 cm.

#### 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a comparação entre as 3 árvores estudadas, foi montada a Tabela 1.

TABELA 1 – Dados comparativos entre as 3 árvores estudadas, (kg/cm<sup>2</sup>)

SEÇÕES DA ÁRVORE	ÁRVORE SUPERIOR		ÁRVORE MÉDIA		ÁRVORE INFERIOR	
	COMPRESSÃO	FLEXÃO	COMPRESSÃO	FLEXÃO	COMPRESSÃO	FLEXÃO
A	136,9266	310,7349	109,5627	274,4723	116,9618	310,3629
B	162,5963	293,6118	120,2488	310,2472	122,4639	335,5236
C	151,7055	330,9000	122,3439	342,0201	138,9273	349,8543
D	162,5075	322,1333	124,8792		143,9686	343,6646
E	151,8641	372,1521	139,4704		165,4637	470,9841
F	160,7880	349,0408	141,3994		136,8010	
G	167,3705	351,5563				
H	177,2565	421,1240				
I	181,0049	394,8554				
J	184,2493	391,0242				
K	177,4100					
L	182,1546					
MÉDIA GLOBAL	166,3195	353,7133	126,3174	308,9132	137,4310	362,0779
DESVIO PADRÃO						

Nesta tabela, pode-se observar a maior resistência à compressão da madeira da árvore superior em relação às demais.

A árvore inferior parece à primeira vista superior em termos de resistência mecânica à árvore média e à flexão da árvore superior. Acredita-se porém, que deve ter ocorrido uma diminuição de sua umidade durante os ensaios em relação à uma das demais árvores. Isto, de fato, elevaria a sua resistência mecânica.

A Tabela 2 mostra a variação diametral da resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à compressão paralela às fibras. As 4 toras observadas nesta tabela pertencem à árvore representativa da classe superior.

De imediato, pode-se observar em todas as toras que a resistência à compressão paralela acentuadamente da medula para a casca. Segue ainda que para uma mesma posição dos C.P. a tendência geral é aumentar da base para a copa. Este fato pode ser também observado na Tabela 1, mas se faz necessário determinar novamente a influência e variação da umidade em cada seção da árvore.

Para se comprovar a variação transversal da resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à compressão paralela, foi montada de acordo com o esquema 1, a Tabela 3.

ESQUEMA 1 – Utilizado para observação das médias de resistência à compressão paralela em cada posição da árvore, tentando-se uma aproximação do cone de crescimento apresentado pela mesma.

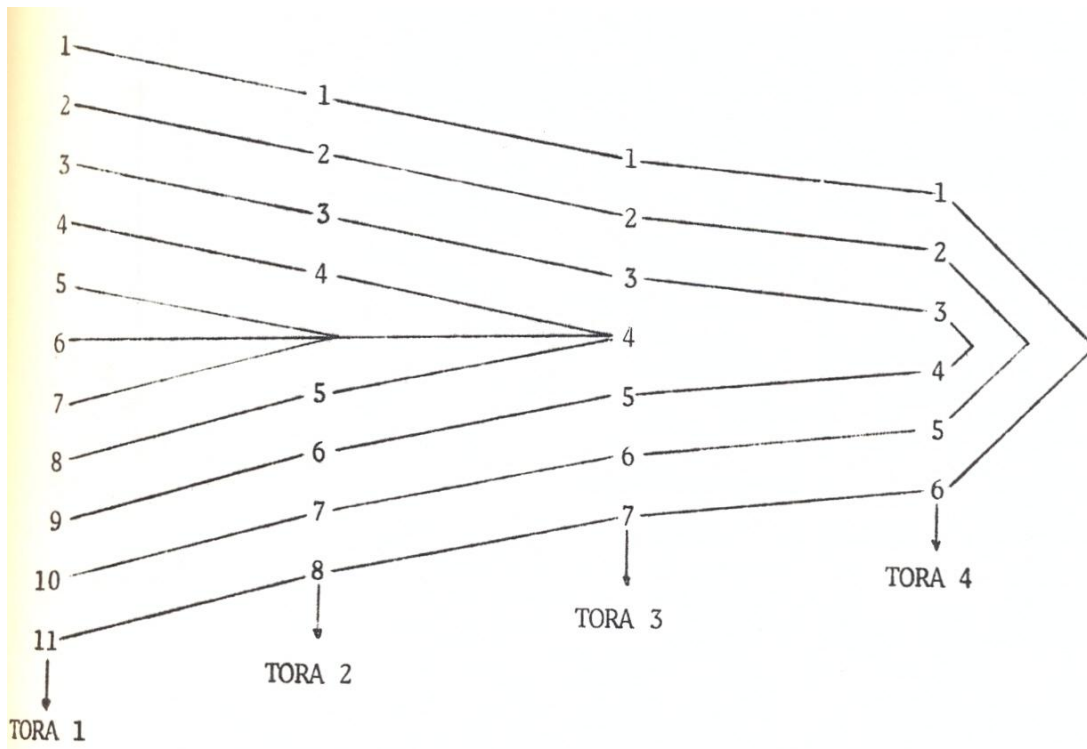


TABELA 2 – Valores obtidos de limite de resistência à compressão (kg/cm<sup>2</sup>), em cada tora da árvore superior de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

TORA Nº	SEÇÕES DAS TORAS	A	B	C	MÉDIA
	C.P. EM CADA SEÇÃO				
1	1	159,8366	211,0228	186,1797	185,6797
	2	155,7375	183,3769	163,0348	167,3831
	3	157,0442	162,2974	126,8266	148,7227
	4	139,1764	131,6835	127,0575	132,6391
	5	121,7249	128,8575	135,7195	128,7673
	6	116,8333	-	-	116,8333
	7	112,5491	123,8708	-	118,2100
	8	128,5743	139,2947	128,7309	132,2000
	9	134,7389	164,9902	142,1801	147,3031
	10	135,7405	164,6354	199,3115	166,5625
	11	144,2373	215,9336	156,3093	172,1601
2		D	E	F	
	1	210,6716	165,8284	189,7865	188,7622
	2	167,0670	149,4445	166,1990	160,9035
	3	134,2131	147,7231	127,2432	143,0599
	4	153,2183	-	-	153,2183
	5	129,2140	138,2468	146,3317	137,9308
	6	141,0717	136,1463	145,1379	140,7853
	7	160,2772	146,9943	173,3680	160,2132
8	184,3268	178,6653	177,4499	180,1473	
3		G	H	I	MÉDIA
	1	183,8613	190,9197	188,8200	187,8670
	2	153,8669	164,6354	158,5332	159,0118
	3	160,2455	198,6785	155,4925	171,4722
	4	129,9996	149,1647	156,2428	144,8690
	5	167,8366	158,3513	-	163,0940
	6	183,1351	169,5378	191,1567	181,2765
7	193,4480	209,5083	235,7840	212,9134	
4		J	K	L	
	1	215,5664	156,6273	228,0055	200,0664
	2	202,8892	156,0720	195,5578	184,8397
	3	157,8983	-	-	157,8983
	4	168,5890	167,5234	186,0669	174,0598
	5	196,4098	200,6180	150,1676	182,3985
6	164,1428	206,2094	150,9751	173,7758	

TABELA 3 – Média para as quatro toras da árvore superior (*Pinus caribaea* var. *bahamensis*) do limite de resistência à compressão paralela, para cada posição dos C.P. segundo o esquema 1.

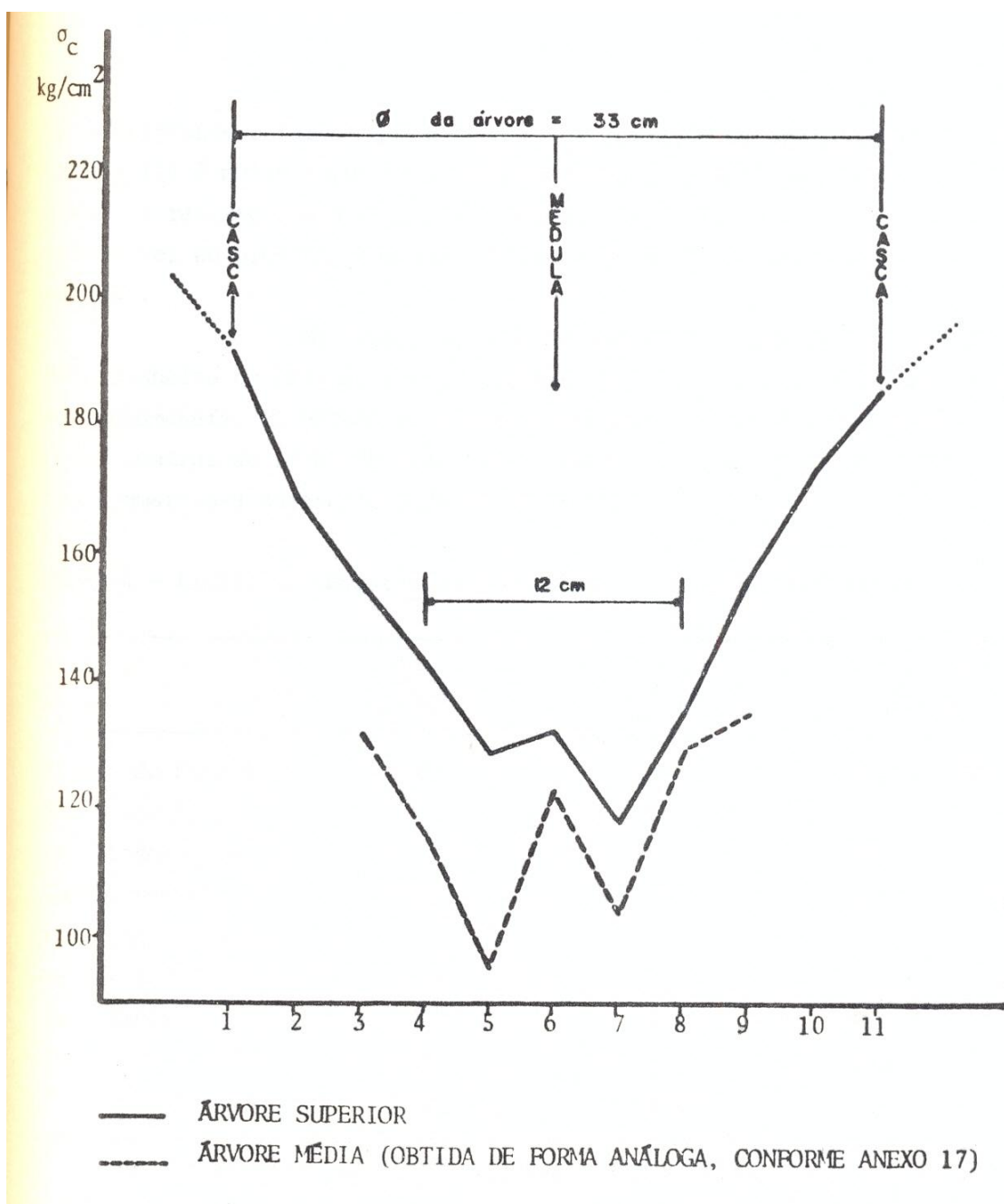
MÉDIA DA TORA (kg/cm <sup>2</sup> )				MÉDIA DA ÁRVORE Kg/cm <sup>2</sup>
1	2	3	4	
(1)	(1) 188,7622	(1) 187,8670	(1) 200,0664	190,5938
(2)	(2) 160,9035	(2) 159,0118	(2) 184,8397	168,0345
(3)	(3) 143,0599	(3) 171,4722	(5) 157,8083	155,2883
(4)	(4) 153,2183	-	-	142,9287
(5)	-	-	-	128,7673
(6)	-	(4) 144,8690	-	130,8512
(7)	-	-	-	118,2100
(8)	(5) 137,9308	-	-	135,0654
(9)	(6) 140,78,53	(5) 163,0940	(4) 174,0598	156,3106
(10)	(7) 160,2132	(6) 181,2765	(5) 182,3985	172,6127
(11)	(8) 180,1473	(7) 212,9134	(6) 173,7758	<u>184,7429</u>
				153,0369

OBS.: Cada linha se refere às posições equivalentes do C.P. na árvore.

- ( ) Posição do C.P. em cada seção.
- ] Pontos do cilindro central de 12 cm.

Os dados desta tabela colocados no Gráfico 1, mostram de maneira clara a variação transversal do limite de resistência à compressão paralela para o *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Neste gráfico pode-se observar os pontos de maior resistência da madeira, a média total e a possibilidade de ganho eliminado o cone central de aproximadamente 12 cm de diâmetro. Observa-se que a árvore superior, mas que a sua curva segue aproximadamente igual aquela apresentada pela dominante. Importante observar que a madeira em formação na árvore superior (pontos 1 e 11) é muito superior à madeira formada no mesmo momento pela árvore média. A resistência à compressão aumenta da medula para a casca, não sendo possível no presente trabalho detectar ponto de inflexão das curvas apresentadas.

GRÁFICO 1 – Variação transversal do limite de resistência à compressão paralela em árvore superior de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*



OBS.: Cada ponto corresponde a 3 cm de diâmetro na árvore e representa 25 anos de idade, aproximadamente.

$\sigma_c$  = limite de resistência à compressão paralela às fibras.

Na tabela 4, pode-se observar as comparações efetuadas entre pinheiro do Paraná, *Pinus caribaea*, *Pinus elliotti* e o *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, em estudo no presente trabalho. Supondo-se eliminado o cilindro central de 12 cm de diâmetro, o restante da madeira, em termos de média, chamar-se-á doravante madeira de periferia.

TABELA 4 – Limite de resistência à compressão paralela, madeira verde.

	$\sigma_c$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_c = 0,20\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	QUALIDADE MECÂNICA
* Pinho do Paraná <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (média total)	265	53	Excepcional
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (periferia)	153	30,6	Ruim
* <i>Pinus elliotti</i>	171	34,2	Boa
* <i>Pinus caribaea</i>	189	37,8	Boa
	150	30,0	Ruim



$\bar{\sigma}_c$  = Tensão admissível na compressão paralela às fibras.

\* Dados do IPT.

Supondo-se um pilar sujeito a uma carga de compressão paralela de 5.000 kg, suficientemente curto para se evitar o fenômeno da flambagem (ver esquema estático ao lado direito da tabela acima). Seria necessário segundo estes dados (com 80% de segurança), das seguintes secções transversais mínimas para a estabilidade do pilar.

	SEÇÃO TRANSVERSAL NECESSÁRIA PARA RESISTIR A COMPRESSÃO (cm <sup>2</sup> )	DIMENSÕES COMERCIAIS cm	SEGUE PADRÃO	
			SIM	NÃO
Pinho do Paraná <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (total)	94,33	9,00x9,93 = 10x10	X	
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (periferia)	163,40	12,57x13,00 = 13x13		X
* <i>Pinus elliotti</i>	146,20	12,00x12,18 = 12x12	X	
<i>Pinus caribaea</i>	132,27	11,50x11,50 = 12x12	X	
	166,67	12,82x13,00 = 13x13		X

Obviamente, a menor resistência do *Pinus caribaea* var. *bahamensis* periferia deve ser compensada por maiores dimensões das peças em substituição à *Araucaria angustifolia*. Observa-se porém, pelo quadro acima, que a diferença não é grande, sendo em valor absoluto, menos que proporcional à diferença de preços.

De maneira geral, cita-se o *Pinus elliottii* var. *elliottii* como o mais indicado à serraria. Realmente, a sua boa resistência à compressão paralela pode ser observada na Tabela 4. Não obstante, o *Pinus caribaea* var. *bahamensis* de periferia (tropical) apresenta ao mesmo tipo de solicitação, características mecânicas aproximadas. É de se esperar, no entanto, que pode ser ainda melhorado com técnicas de manejo florestal apropriadas.

Analogamente, seguem os estudos efetuados, para a mesma espécie com relação à flexão simples dos dados constantes da Tabela 5, extraída dos anexos de 9 a 16. Nesta tabela, é possível observar a variação transversal da resistência à flexão, em cada tora da árvore superior, de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. A acentuada diferença entre os pontos da periferia e aqueles de interior (próximos à medula) é melhor visualizada na Tabela 6, montada de acordo com o esquema 2, abaixo.

ESQUEMA 2 – Utilizado para agrupar os C.P. de mesma posição na árvore superior de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* nos ensaios de flexão simples.  
(Colocar Figura)

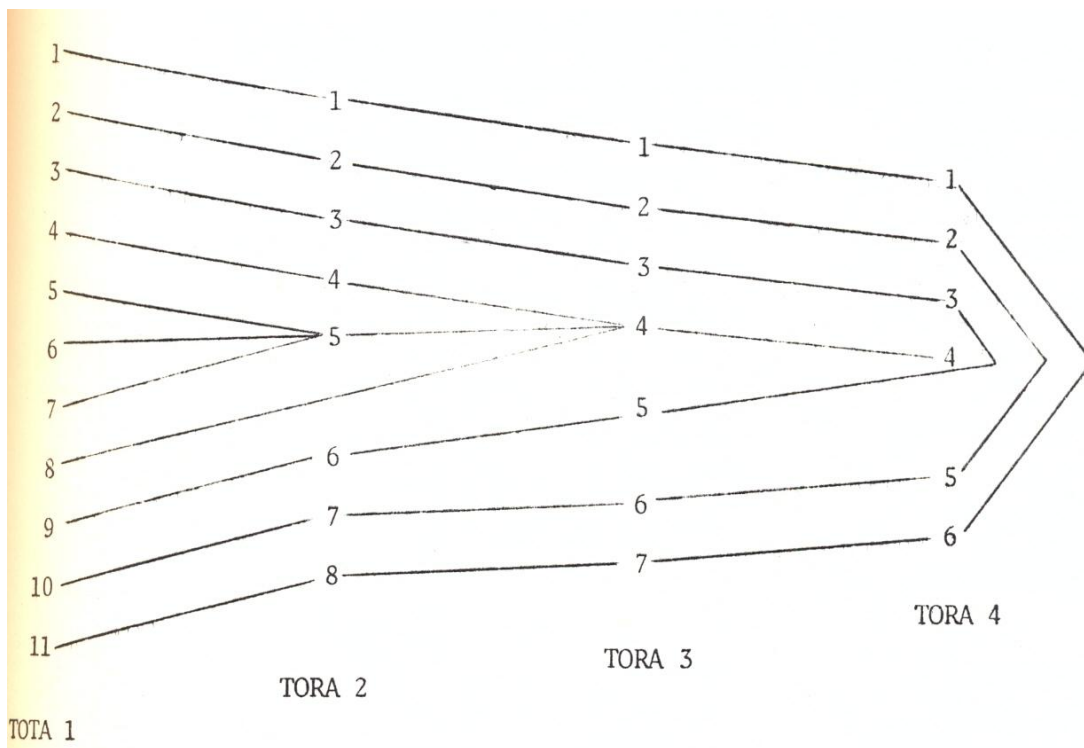


TABELA 2 – Limites de resistência à flexão simples (kg/cm<sup>2</sup>) agrupados por tora da árvore superior de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

TORA Nº	SEÇÕES DA TORA	A	B		MÉDIA
	C.P. EM CADA SEÇÃO				
1	1	454,0370	305,1753		379,6062
	2	334,3860	298,9492		316,6676
	3	347,7888	309,5044		328,6466
	4	351,5244	194,5967		273,0606
	5	288,7886	194,8263		241,8075
	6	242,8708	185,0484		213,9596
	7	255,1196	-		255,1196
	8	282,4002	-		282,4002
	9	238,3354	345,7512		292,0433
	10	262,1546	384,5948		323,3747
	11	360,6786	424,0601		392,3694
2		C	D		
	1	323,7766	273,9281		298,8524
	2	367,7710	294,6201		331,1956
	3	178,0003	275,9015		226,9509
	4	286,0624	-		286,0624
	5	297,1921	271,7209		284,4515
	6	407,8724	390,7179		339,7992
	7	441,8669	356,0215		398,9442
8	344,6536	392,0232		368,3384	
3		E	F	G	MÉDIA
	1	481,8095	400,1996	420,0560	434,0199
	2	411,1019	307,6759	340,6347	353,1375
	3	331,6246	-	285,1284*	331,6246
	4	294,7019	135,8959*	-	294,7019
	5	333,2305	157,9276*	365,3768	349,3036
	6	375,5229	313,2137	315,0985	334,6117
7	377,0732	375,0740	316,6157	356,2543	
4		H	I	J	
	1	458,6978	193,9133*	451,5134	455,1056
	2	437,9562	307,2311	380,5073	272,8212
	3	372,0071	-	-	372,0071
	4	424,3569	291,1993	399,4601	371,6654
	5	376,4240	448,6364	344,1644	389,7426
6	457,3019	532,3519	379,4758	456,7650	

\* Com defeito.

TABELA 6 – Média do limite de resistência à flexão simples ( $\text{kg/cm}^2$ ), em cada cone de crescimento (aproximado) da árvore superior de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

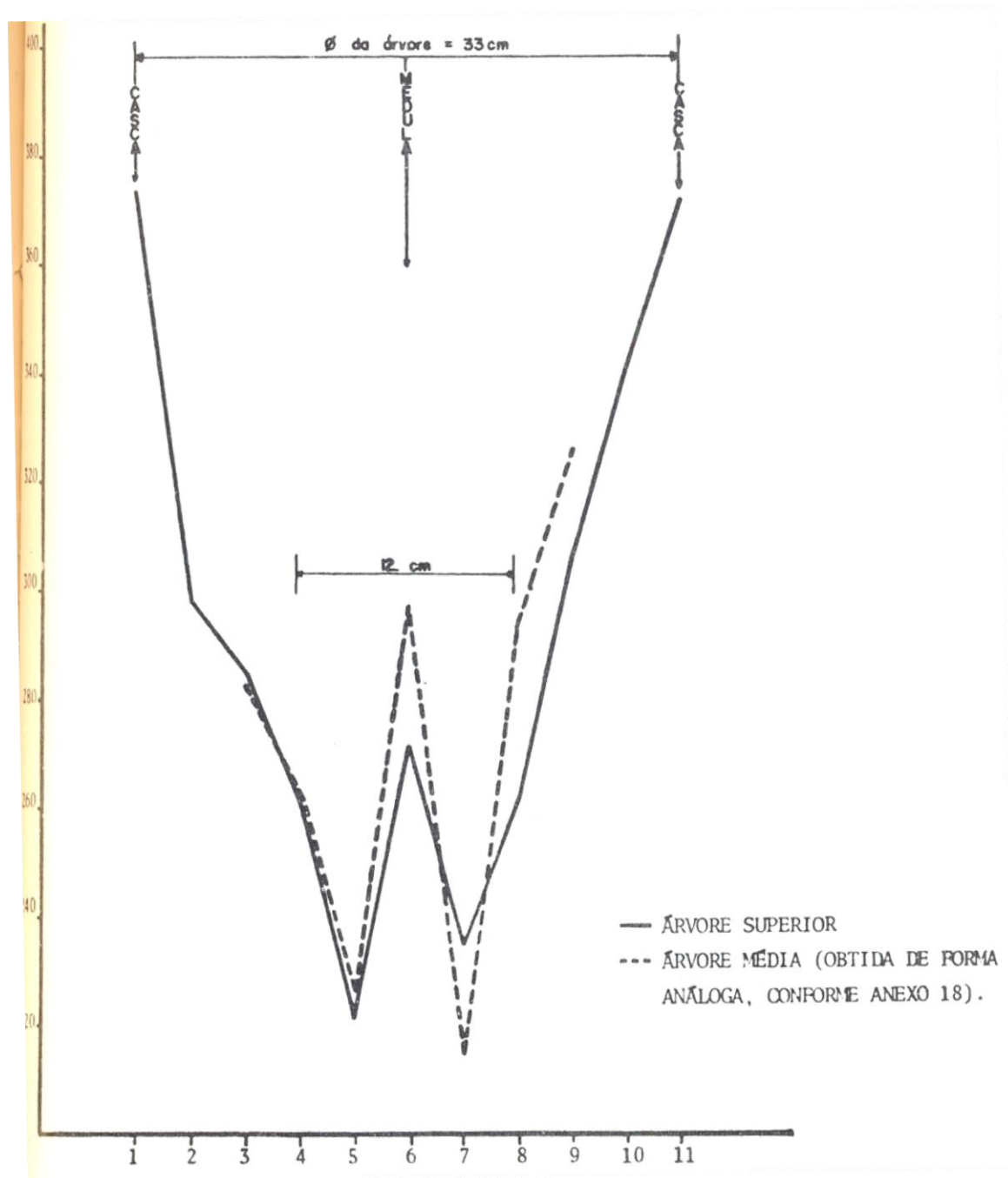
	MÉDIA DA TORA ( $\text{kg/cm}^2$ )				MÉDIA DA ÁRVORE Kg/cm <sup>2</sup>
	1	2	3	4	
(1)	(1) 298,8524	(1) 434,0199	(1) 455,1056	(1) 455,1056	391,8960
(2)	(2) 331,1956	(2) 353,1375	(2) 272,8212	(2) 272,8212	318,2886
(3)	(3) 226,9509	(3) 331,6246	(3) 372,0071	(3) 372,0071	314,8073
(4)	(4) 286,0624	-	-	-	279,5615
(5)	-	-	-	-	241,8075
(6)	(5) 284,4515	(4) 294,7019	(4) 371,6654	(4) 371,6654	291,1946
(7)	-	-	-	-	255,1196
(8)	-	-	-	-	282,4002
(9)	(6) 339,7992	(5) 349,3036	-	-	327,0487
(10)	(7) 398,9442	(6) 334,6117	(5) 389,7426	(5) 389,7426	361,6683
(11)	(8) 368,3384	(7) 356,2543	(6) 456,7650	(6) 456,7650	<u>393,4318</u> 314,2931

OBS.: Cada linha se refere aos C.P. de mesma posição na árvore.

- ( ) Posição do C.P. em cada seção.
- ] Pontos do cilindro central de 12 cm.

Os dados da tabela acima, transportado para o Gráfico 2, permite analisar mais detalhadamente a resistência da madeira à flexão simples em função do diâmetro da árvore. Nota-se neste gráfico, uma baixa resistência na região central da tora e uma elevação acentuada no sentido medula-casca. Supondo-se eliminado o cilindro central de 12 cm, a madeira de periferia apresenta um ganho de resistência à flexão simples de aproximadamente  $36 \text{ kg/cm}^2$ .

GRÁFICO 2 – Variação da resistência à flexão simples da árvore superior (—) e árvore inferior (----) de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, no sentido medula-casca.



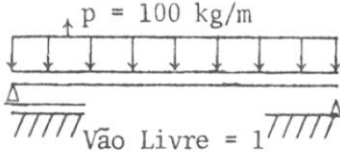
OBS.: Cada ponto corresponde a 3 cm de diâmetro na árvore e representa 25 anos de idade, aproximadamente.

$\sigma_c$  = limite de resistência à compressão paralela às fibras.

A árvore superior difere da árvore média, devido à diferença de diâmetro. A árvore média, corresponde a um cone equivalente da árvore superior, onde os valores de resistência são praticamente iguais para um diâmetro considerado.

Os exemplos que seguem na Tabela 7 dão idéia do trabalho desenvolvido por esta espécie, quando solicitada à flexão.

TABELA 7 – Comparação do *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, com pinho do Paraná e outras do mesmo gênero, com relação à flexão simples (exemplo prático para madeira verde).

	$\sigma_f$ kg/cm <sup>2</sup>	$\bar{\sigma}_f = 0,15 \sigma_f$ kg/cm <sup>2</sup>	
Pinho do Paraná*	600	90	
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (total)	314	47,1	 <p>Vão Livre = 1</p>
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (periferia)	351	52,65	
<i>Pinus caribaea</i> *	346	51,90	<p>Este carregamento, corresponde aproximadamente ao peso da telha de cerâmica molhada sobre uma terça/não considerado o peso próprio da madeira</p>
<i>Pinus elliottii</i> *	489	73,35	

$\bar{\sigma}_f$  = Tensão admissível na flexão.  
\*Dados do IPT

Altura mínima (h) de uma peça de 6 cm de espessura necessária para estabilidade da pequena estrutura, mostrada ao lado direito da Tabela 7.

		h (cm) l = 3,5 m		h (cm) l = 2,5 m	SEGUE PADRÃO COMERCIAL	
					SIM	NÃO
Pinho do	13,04	} NÃO SEGUEM PADRÃO COMERCIAL		9,32 $\bar{=}$ 10	X	
Paraná* <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (total)	18,03			12,88 $\bar{=}$ 13		X
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> (periferia)	17,05 17,18			12,18 $\bar{=}$ 12	X	
<i>Pinus caribaea</i>	14,45			12,27 $\bar{=}$ 12	X	
<i>Pinus elliotti</i>				10,32 $\bar{=}$ 10	X	

OBS.: Não levado em conta o esforço cortante (normalmente muito pequeno em relação à tensão) nem o efeito da flecha máxima, dado à falta do módulo de elasticidade à flexão. A flecha, normalmente limitante, poderá elevar o valor de  $\underline{h}$  para todos os casos, principalmente para os *Pinus*.

## 6. CONCLUSÕES

A análise dos dados contidos no presente trabalho, permite algumas conclusões preliminares.

A resistência mecânica aumenta da medula para a casca, e varia ao longo do fuste da árvore.

Existe diferença entre árvores de diferentes classes sociais do povoamento de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Na continuação do trabalho, verificar-se-á a influência da umidade no confronto das classes e das seções estudadas, sabendo-se que esta influi inversamente proporcional à resistência mecânica. De modo geral, a árvore superior apresentou maior resistência à compressão e na flexão difere pouco das outras, apresentando porém, a grande vantagem do maior volume produzido com possibilidade de obtenção de peças de maiores dimensões.

O cilindro central de 12 cm apresenta muito baixa resistência à compressão paralela e à flexão simples, a partir do qual os valores aumentam acentuadamente. Acredita-se que a influência da madeira juvenil deixa de existir acima deste diâmetro. É conveniente portanto, concentrar todos os defeitos da madeira (madeira juvenil, nós), dentro do cilindro central de 12 cm, que poderá ser isolado na serraria por técnicas de corte especiais. Este terá, sem dúvida, um fim menos nobre, mas a técnica produzirá madeira de melhor qualidade que poderá ser melhor aproveitada.

Pelos gráficos elaborados, conclui-se que a árvore média tenta reproduzir a árvore superior. Nestes gráficos não é possível detectar inflexão das curvas no sentido de estabilizar os valores de resistência mecânica. Por ora, sabe-se que a resistência é

função do diâmetro. A determinação do ponto que marca a estabilidade da curva poderá ser importante nas correlações com a estabilidade da madeira ao corte. Para tanto, será necessário trabalhar com diâmetros maiores. Observa-se ainda que as curvas mostradas nos referidos gráficos seguem aproximadamente à curva de variação da densidade básica no sentido medula-casca.

A variação da resistência mecânica entre árvores será estudada em novas amostragens, fixando-se o DAP como ponto de estudo na árvore.

A madeira juvenil de mais baixa resistência mecânica, diminui a média da espécie, como se pode observar nas Tabelas 6 e 7. Através das propriedades físico-mecânicas, tentar-se-á caracterizar a madeira juvenil e adulta, bem como a faixa de transição.

A continuação do presente trabalho deverá fornecer subsídios para se adotar um manejo adequado (espaçamento, desbaste, desrama, adubação) para a produção de madeira de qualidade, sabendo-se que este é muito importante nas atividades florestais.

É possível a introdução do *Pinus* em pequenas estruturas em substituição ao Pinho do Paraná, adotando-se porém detalhes construtivos (como tração nas peças mais longas, acessórios metálicos nas ligações e vãos compatíveis com o módulo de elasticidade da espécie), que permitam um trabalho satisfatório dessa madeira. Para tanto, o setor de propriedades físico-mecânicas do Departamento de Silvicultura vem estudando diversos sistemas com diferentes espécies.

O conhecimento das variações transversais da resistência mecânica da madeira de *Pinus* assume grande importância na produção de vigas laminadas (em estudo no laboratório de estruturas de madeira Departamento de Silvicultura). As laminas de melhor qualidade e resistência mecânica, portanto, *Pinus* de periferia, deverão ser colocados nos pontos de maior sollicitação mecânica da viga que são os bordos superior e inferior. Neste caso, a tensão admissível no material é bastante elevada, o que pode melhorar acentuadamente a capacidade do *Pinus* em estruturas.

ANEXO 1 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 1 da árvore superior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c = \frac{P}{S}$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0075	2,0725	665	159,8366	
2 A	2,0825	2,0350	660	155,7375	
3 A	2,0100	2,0750	655	157,0442	
4 A	2,0450	2,0554	585	139,1764	
5 A	2,0900	1,9850	505	121,7249	
6 A	2,0575	2,0800	500	116,8333	136,9266
7 A	2,1400	2,1050	507	112,5491	
8 A	2,1100	2,0900	567	128,5743	
9 A	2,1100	2,1175	602	134,7389	
10 A	2,0850	2,1200	600	135,7405	
11 A	2,1150	2,0750	633	144,2373	
1 B	2,1200	2,0900	935	211,0228	
2 B	2,0725	2,1050	800	183,3769	
3 B	2,1025	2,1100	720	162,2974	
4 B	2,0825	2,1150	580	131,6835	
5 B	2,1225	2,0000	547	128,8575	162,5963
7 B	2,1075	2,0800	543	123,8708	
8 B	2,1125	2,0900	615	139,2947	
9 B	2,0900	2,1025	725	164,9902	
10 B	2,0875	2,0950	720	164,6354	
11 B	2,0950	2,1000	950	215,9336	
1 C	2,1000	1,9950	780	186,1797	
2 C	2,0825	2,1000	713	163,0348	
3 C	2,0775	2,0950	552	126,8266	
4 C	2,0900	2,0900	555	127,0575	151,7055
5 C	2,0850	2,0850	590	135,7195	
8 C	2,1000	2,0900	565	128,7309	
9 C	2,0975	2,1125	630	142,1801	
10 C	2,1050	2,0975	880	199,3115	
11 C	2,1000	2,1325	700	156,3093	

ANEXO 2 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 2 da árvore superior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c = \frac{P}{S}$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 D	2,0800	2,0875	880	210,6716	162,5075
2 D	2,1650	2,11500	765	167,0670	
3 A	2,2100	2,1625	737	154,2131	
4 D	2,1250	2,1100	687	153,2183	
5 D	2,1175	2,1125	578	129,2140	
6 D	2,1150	2,1450	640	141,0717	
7 D	2,1375	2,1600	740	160,2772	
8 D	2,1400	2,1675	855	184,3268	
1 E	2,1300	2,1375	755	165,8284	151,8641
2 E	2,1475	2,1500	690	149,4445	
3 E	2,1725	2,1500	690	147,7231	
5 E	2,1200	2,1325	625	138,2468	
6 E	2,1550	2,2325	655	136,1463	
7 E	2,1200	2,1500	670	146,9943	
8 E	2,2000	2,1625	850	178,6653	
1 C	2,1275	2,1225	857	189,7865	
2 C	2,1700	2,1350	770	166,1990	
3 C	2,1325	2,1375	580	127,2432	
5 C	2,1250	2,1225	660	146,3317	
6 C	2,1200	2,1450	660	145,1379	
7 C	2,0975	2,1450	780	173,3680	
8 C	2,1725	2,1400	825	177,4499	

ANEXO 3 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 3 da árvore superior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c = \frac{P}{S}$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 G	2,0775	2,1075	805	183,8613	167,3705
2 G	2,0975	2,1225	685	153,8669	
3 G	2,1000	2,0950	705	160,2455	
4 G	2,0925	2,0825	563	129,1996	
5 G	2,0900	2,0925	734	167,8366	
6 G	2,0900	2,0875	799	183,1351	
7 G	2,0850	2,0950	845	193,1351	
1 H	2,0575	2,0875	820	190,9197	177,2565
2 H	2,0900	2,0925	720	164,6354	
3 H	2,0875	2,1025	872	198,6785	
4 H	2,0850	2,0900	650	149,1647	
5 H	2,0725	2,1025	690	158,3513	
6 H	2,0950	2,0975	745	169,5378	
7 H	2,1125	2,0900	925	209,5083	
1 I	2,055	2,0875	810	188,8200	181,0049
2 I	2,0875	2,0850	690	158,5332	
3 I	2,1025	2,0800	680	155,4925	
4 I	2,0700	2,1025	680	156,2428	
6 I	2,0950	2,0975	840	191,1567	
7 I	2,0775	2,0925	1025	235,7840	

ANEXO 4 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 4 da árvore superior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c = \frac{P}{S}$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 J	2,0950	2,0925	945	215,5664	184,2493
2 J	2,0775	2,0925	882	202,8892	
3 J	2,0850	2,1050	693	157,8983	
4 J	2,0750	2,0725	725	168,5890	
5 J	2,0950	2,0900	860	196,4098	
6 J	2,0925	2,1050	723	164,1428	
1 K	2,1175	2,0925	694	156,6273	177,4100
2 K	2,0900	2,1000	685	156,0720	
4 K	2,0900	2,0850	730	167,5234	
5 K	2,0700	2,0950	870	200,6180	
6 K	2,0725	2,0825	890	206,2094	
1 L	2,0800	2,0875	990	228,0055	
2 L	2,0625	2,1000	847	195,5578	
4 L	2,0850	2,0750	805	186,0669	
5 L	2,0650	2,0800	645	150,1676	
6 L	2,1050	2,0925	665	150,9751	

ANEXO 5 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 1 da árvore média

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0950	2,0725	545	125,5214	109,5627
2 A	2,0700	2,0825	493	114,3646	
3 A	2,1000	2,0925	440	95,5639	
4 A	2,1100	2,0825	447	101,7279	
5 A	2,1025	2,1025	407	92,0709	
6 A	2,1150	2,1200	450	100,3613	
7 A	2,0825	2,0875	597	137,3292	
1 B	2,1125	2,1100	570	127,8780	120,2488
2 B	2,1000	2,0975	465	106,5678	
4 B	2,0900	2,0950	460	105,0576	
5 B	2,1050	2,0850	467	106,4042	
6 B	2,1175	2,1025	450	101,0782	
7 B	2,0975	2,0900	765	174,5071	
1 C	2,0950	2,0975	587	133,5833	
2 C	2,0875	2,0975	470	107,3419	
5 C	2,1050	2,0975	500	113,2442	
6 C	2,0900	2,0950	485	110,7673	
7 C	2,1000	2,0925	645	146,7827	

ANEXO 6 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 2 da árvore média.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 D	2,0700	2,0950	580	133,7438	124,8792
2 D	2,0650	2,0950	475	109,7968	
3 D	2,0875	2,1050	547	124,4826	
4 D	2,1075	2,1025	630	142,1795	
5 D	2,0875	2,0975	500	114,1935	
1 E	2,0725	2,0825	643	148,9805	139,4704
2 E	2,0850	2,0800	555	127,9745	
3 E	2,0950	2,0800	585	134,2482	
4 E	2,1300	2,1150	747	165,8158	
5 E	2,0900	2,0875	525	120,3328	
1 F	2,0725	2,0825	537	124,4208	141,3994
2 F	2,0850	2,0650	550	127,7436	
3 F	2,1150	2,1025	765	172,0338	

ANEXO 7 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 1 da árvore inferior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0475	2,0825	475	111,4000	116,9618
2 A	2,0675	2,0725	525	122,5235	
1 B	2,0475	2,0475	555	131,2650	122,4639
2 B	2,0575	2,0525	480	113,6628	
1 C	2,0475	2,0575	550	130,5566	138,9273
2 C	2,0850	2,0025	615	147,2979	

ANEXO 8 – Limites de resistência à compressão paralela, obtidos na tora 2 da árvore inferior.

CP Nº	L <sub>1</sub> cm	L <sub>2</sub> cm	P kg	$\sigma_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 D	2,0825	2,0875	640	147,2206	143,9686
2 D	2,1050	2,1100	625	140,7166	
1 E	2,1025	2,0950	845	191,8389	165,4637
2 E	2,0900	2,1225	617	139,0885	
1 F	2,0975	2,1050	575	130,2308	136,8010
2 F	2,1050	2,0875	630	143,3712	

ANEXO 9 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 1 da árvore superior.

CP N°	h cm	b cm	P kg	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0950	2,0775	115	454,0370	
2 A	2,0875	2,1000	85	334,3860	
3 A	2,0975	2,1175	90	347,7888	
4 A	2,0950	2,1000	90	351,5244	
5 A	2,1100	2,1000	75	288,7886	
6 A	2,1025	2,1125	63*	242,8708	310,7349
7 A	2,1300	2,1150	68	255,1196	
8 A	2,1350	2,0975	75	282,4002	
9 A	2,1075	2,1425	63	238,3354	
10 A	2,0975	2,1225	68	262,1546	
11 A	2,0925	2,1200	93	360,6787	
1 B	2,1275	2,0850	80	305,1753	
2 B	2,0975	2,1350	78	298,9492	
3 B	2,1025	2,1050	80	309,5044	
4 B	2,1025	2,0925	50	194,5967	
5 B	2,0975	2,1000	50*	194,8263	293,6118
8 B	2,1125	2,0925	48	185,0484	
9 B	2,0975	2,1300	90	345,7512	
10 B	2,1100	2,1025	100	384,5948	
11 B	2,1025	2,1125	100	424,0601	

ANEXO 10 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 2 da árvore superior.

CP N°	h cm	b cm	P kgf	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 C	2,1675	2,1300	90	323,7766	330,9000
2 C	2,1450	2,1275	100	367,7710	
3 C	2,1150	2,1250	47*	178,0003	
4 C	2,1100	2,1200	75	286,0624	
5 C	2,1025	2,1100	77	297,1921	
6 C	2,1275	2,1450	110	407,8774	
7 C	2,1275	2,1600	120	441,8669	
8 C	2,1025	2,1975	93	344,6536	
1 D	2,1575	2,1175	75	273,9281	322,1333
2 D	2,1200	2,1750	80	294,6201	
3 D	2,1600	2,0975	75	275,9015	
5 D	2,1150	2,1325	72	271,7209	
6 D	2,1225	2,1475	105	390,7179	
7 D	2,1575	2,2375	103	356,0215	
8 D	2,2150	2,1525	115	392,0232	

ANEXO 11 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 3 da árvore superior.

CP Nº	h cm	b cm	P kgf	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 E	2,0700	2,0925	120	481,8095	372,1521
2 E	2,0900	2,1050	105	411,1019	
3 E	2,0875	2,1175	85	331,6246	
4 E	2,0850	2,1075	75	294,7019	
5 E	2,0825	2,0925	84	333,2305	
6 E	2,0825	2,1000	95	375,5229	
7 E	2,1050	2,0900	97	377,0732	
1 F	2,0550	2,0875	98	400,1996	349,0408
2 F	2,1050	2,1125	80	307,6759	
3 F	2,0950	2,1125	35	135,8959*	
4 F	2,0825	2,1025	40	157,9276*	
6 F	2,0975	2,0900	80	313,2137	
7 F	2,0950	2,0775	95	375,0740	
1 G	2,0750	2,0900	105	420,0560	
2 G	2,1025	2,0800	87	340,6347	
3 G	2,1000	2,0900	73	285,1284*	
4 G	2,1000	2,1225	95	365,3768	
6 G	2,0850	2,1025	80	315,0985	
7 G	2,0800	2,1025	80	316,6157	

ANEXO 12 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 4 da árvore superior.

CP Nº	h cm	b cm	P kgf	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 H	2,0975	2,1050	118	458,6978	421,1240
2 H	2,0900	2,0700	110	437,9562	
3 H	2,0900	2,0825	94	372,0071	
4 H	2,0900	2,0975	108	424,3569	
5 H	2,0925	2,0750	95	376,4240	
6 H	2,0825	2,0875	115	457,3019	
1 I	2,0925	2,1200	50	193,9133*	394,8554
2 I	2,1000	2,0725	78	307,2311	
4 I	2,1000	2,1025	75	291,1993	
5 I	2,1000	2,0925	115	448,6364	
6 I	2,0925	2,0850	135	532,3519	
1 J	2,0775	2,0875	113	451,5134	
2 J	2,0825	2,0725	95	380,5073	
4 J	2,0575	2,0650	97	399,4601	
5 J	2,0675	2,0800	85	344,1644	
6 J	2,0825	2,1000	96	379,4758	

ANEXO 13 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 1 da árvore média.

CP Nº	h cm	b cm	P kg	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0800	2,1025	77	304,7426	274,4723
2 A	2,0800	2,0825	58	231,7502	
3 A	2,1000	2,0900	63	246,0697	
4 A	2,0950	2,0950	66	258,4013	
5 A	2,0900	2,1000	60	235,4737	
6 A	2,0975	2,1125	70	271,1427	
7 A	2,0875	2,1000	95	373,7256	

ANEXO 14 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 2 da árvore média.

CP Nº	h cm	b cm	P kg	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 C	2,0975	2,0525	65	259,1362	310,2472
2 C	2,0825	2,0625	73	293,8052	
3 C	2,0900	2,0925	80	351,0916	
4 C	2,1000	2,1100	70	270,8192	
5 C	2,1075	2,0950	93	359,9419	
1 D	2,0900	2,0700	87	346,3835	342,0201
2 D	2,0850	2,0825	80	318,1231	
3 D	2,0925	2,0900	87	342,2502	
4 D	2,1100	2,1300	105	398,6080	
5 D	2,0825	2,0974	77	304,7359	

ANEXO 15 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 1 da árvore inferior.

CP Nº	h cm	b cm	P kg	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 A	2,0425	2,0575	74	310,3629	310,3629
2 A	2,0550	2,0525	58	240,8916*	
1 B	2,0625	2,0475	45	185,9952*	335,5236
2 B	2,0450	2,0525	80	335,5236	
1 C	2,1025	2,0950	85	330,4179	349,8543
2 C	2,0975	2,1050	95	369,2906	

ANEXO 16 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 2 da árvore inferior.

CP Nº	h cm	b cm	P kg	$\sigma_F$ Kg/cm <sup>2</sup>	MÉDIA DA SEÇÃO TRANSVERSAL Kg/cm <sup>2</sup>
1 D	2,0925	2,0825	90	355,3294	343,6646
2 D	2,1000	2,0900	85	331,9988	
1 E	2,0900	2,0900	105	414,0515	470,9841
2 E	2,0950	2,0975	135	527,9166	

ANEXO 17 – Limites de resistência da madeira de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* à flexão simples, obtidos na tora 2 da árvore inferior.

TORA Nº	SEÇÕES DA TORA	A	B	C	MÉDIA
	C.P. EM CADA SEÇÃO				
1	1	125,5214	127,8780	133,5833	128,9942
	2	114,3646	106,5678	107,3419	109,4248
	3	95,5639	-	-	95,5639
	4	101,7279	105,0576	-	103,3928
	5	92,0709	106,4042	113,2442	103,9064
	6	100,3613	101,0782	110,7673	104,0689
	7	137,3292	174,5071	146,7827	152,8730
2		D	E	F	
	1	133,7438	148,9805	124,4208	135,7150
	2	109,7968	127,9745	127,7436	121,8383
	3	124,4826	134,2482	172,0338	143,5882
	4	142,1795	165,8158	-	153,9977
	5	114,1935	120,3328	-	117,2631

...Continuação

ANEXO 17 – Médias do limite de resistência à compressão paralela ( $\text{kg/cm}^2$ ), em cada cone de crescimento, em cada tora e na árvore média de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

MÉDIA DA TORA ( $\text{kg/cm}^2$ )		MÉDIA DA ÁRVORE $\text{Kg/cm}^2$
1	2	
(1) 128,9942	(1) 135,7150	132,3546
(2) 109,4248	(2) 121,8383	115,6316
(3) 95,5639	-	95,5639
(4) 103,3928	(3) 143,5882	123,4907
(5) 103,9064	-	103,9064
(6) 104,0689	(4) 153,9977	129,0333
(7) 152,8730	(5) 117,2631	<u>135,0681</u> 119,2927 133,7113”

OBS.: Cada linha se refere aos C.P. de mesma posição na árvore.

( ) Posição do C.P. em cada seção.

] Pontos do cilindro central de 12 cm.

“ Média sem os pontos do cilindro central de 12 cm.

Estes dados foram colocados no Gráfico 1.

ANEXO 18 – Média do limite de resistência à flexão simples ( $\text{kg/cm}^2$ ), em cada cone de crescimento da árvore média de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

SEÇÕES DA ÁRVORE			MÉDIA DA ÁRVORE $\text{Kg/cm}^2$
A	C	D	
(1) 304,7426	(1) 259,1362	(1) 346,3835	303,4208
(2) 231,7502	(2) 293,8052	(2) 318,1231	281,2262
(3) 246,0697	-	-	246,0697
(4) 258,4013	(3) 351,0916	(3) 342,2502	317,2477
(5) 235,4737	-	-	235,4737
(6) 271,1427	(4) 270,8192	(5) 398,6080	313,5233
(7) 373,7256	(5) 359,9419	(6) 304,7359	<u>346,1345</u> 291,8708 324,7776”

OBS.: Cada linha se refere aos C.P. de mesma posição na árvore.

( ) Posição do C.P. em cada seção.

] Pontos do cilindro central de 12 cm.

“ Média sem os pontos do cilindro central de 12 cm.

Estes dados foram colocados no Gráfico 2.

## PRODUÇÃO DE LÂMINAS E PAINÉIS COMPENSADOS DE MADEIRA DE PINHEIROS TROPICAIS

### I. APRESENTAÇÃO

Dentro do Projeto de Pinheiros Tropicais o sub-projeto nº 12 tem por objetivos:

- a) Estudar a viabilidade da produção de lâminas utilizando-se madeira de pinheiros tropicais;
- b) Aprimorar a qualidade dessas lâminas através das regulagens do torno desenrolador;
- c) Especificar a qualidade dos painéis compensados confeccionados com essas lâminas.

### II. VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA DO COMPENSADO DE *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS*, EM FUNÇÃO DA QUALIDADE DE EXTENSOR E DO TEMPO DE MONTAGEM

Ivaldo Pontes Jankowsky \*\*

#### 1. INTRODUÇÃO

O processo de manufatura do compensado é o único através do qual a matéria-prima altamente variável é transformada em um produto mais versátil que a árvore original. Como um produto único, o seu processamento é simples. A dificuldade está em se obter um painel de qualidade, isto é, de resolver problemas tecnológicos em diversas fases do processamento de modo que o produto final atenda as exigências do mercado (BALDWIN, 1975).

Foi constatado pela F. A. O. (1976), que um dos principais fatores que contribui para o progresso tecnológico na manufatura de painéis à base de madeira foi a mudança na matéria-prima utilizada, principalmente a necessidade de se empregar madeiras novas e de qualidade considerada inferior.

A qualidade do painel compensado relaciona-se com a qualidade das lâminas utilizadas e com as variáveis envolvidas no processamento, principalmente a espécie de madeira, o adesivo (tipo, qualidade e formulação), e tempo de montagem da chapa.

O adesivo deve ser espalhado na superfície da lâmina de modo a formar uma camada uniforme. O tipo e a formulação do adesivo utilizado irão determinar a resistência do compensado à umidade e aos esforços mecânicos. Nos adesivos à base de uréia formaldeído, é uma exigência técnica e econômica a utilização de extensores (geralmente farinha de trigo). De acordo com SELBO (1975), o seu uso deve ser restringir a casos onde o painel não precise ser muito resistente. A principal desvantagem do extensor é diminuir a resistência da linha de colagem em condições úmidas (ARCHER, 1971).

---

\* Professor Assistente do Departamento de Silvicultura – ESALQ/USP.

O tipo de extensor utilizado também influencia a resistência da junta. Segundo KOLLMANN, KUENZI & STAMM (1975), os extensores à base de materiais inorgânicos causam uma redução maior na resistência em relação aos extensores orgânicos.

O tempo de montagem, isto é, o período de tempo decorrido entre a aplicação do adesivo e o momento em que a prensa é fechada também afeta a qualidade do painel. O tempo de montagem ou montagem deve ser tal que permita a transferência do adesivo da lâmina com cola para a lâmina sem cola, a penetração do adesivo nas células superficiais das lâminas e o umedecimento dessas lâminas. Se o tempo de montagem for menor que o ideal, não haverá a penetração do adesivo, resultando uma linha de cola fina. Se for maior, ocorrerá uma polimerização parcial do adesivo antes da prensagem. Em ambos os casos a qualidade do painel será prejudicada.

De acordo com KOCH (1972), em compensados de pinheiros sulinos com alta densidade o tempo ótimo está ao redor de 13 minutos, ao passo que quando são utilizadas lâminas de baixa densidade é aceitável um tempo de montagem de 24 minutos. Quando são utilizadas lâminas provenientes de coníferas existe uma variação no tempo de montagem ideal em função da existência dos lenhos inicial e tardio.

Sendo que a qualidade das lâminas é objeto de um estudo específico, o objetivo deste trabalho foi verificar qual o efeito das variações da quantidade de extensor e do tempo de montagem na qualidade de compensados manufaturados com adesivo à base de uréia formaldeído, avaliando-se a resistência do painel submetido à flexão estática nos sentidos paralelo e perpendicular.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram manufaturados 6 painéis de 1,0 m x 1,0 m e 9,0 mm de espessura, utilizando-se 3 lâminas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (com 3,0 mm de espessura) por painel. As lâminas foram obtidas no torno desenrolador Thoms e Benato, modelo LHT-14, com a seguinte regulagem:

Ângulo de afiação da faca = 20°00'

Ângulo da faca = 90°30' a 89°30'

Ângulo de compressão da contra-faca = 15°00'

Abertura horizontal = 2,9 mm

Abertura vertical = 0,70 mm

No estudo da variação na quantidade de extensor foram utilizadas 3 diferentes formulações de adesivo (Quadro 1), em que a extensão foi de 50%, 100% e 150% em relação ao peso da resina. A quantidade aplicada do adesivo foi de 350 g/m<sup>2</sup> de linha dupla, e o tempo de montagem 15 minutos.

INGREDIENTES	FÓRMULAS (PARTES POR PESO)		
	A	B	C
Cascamite PL-117	100	100	100
Farinha de trigo (Albex-1)	50	100	150
Albumina de sangue (Albex-5)	5	10	15
Catalizadores (H27L e M8)	8	8	8
Água	50	110	175

QUADRO 1 – Formulações do adesivo a base de ureia formaldeído utilizado no experimento.

Para avaliar o efeito do tempo de montagem foi utilizada a formulação B do Quadro 1, sendo aplicadas 350 g de adesivo por m<sup>2</sup> de linha dupla, com tempos de montagem de 5,30 e 45 minutos.

No momento da operação de colagem as lâminas apresentaram teores de umidade entre 10,0% e 11,0%, teores esses que estão de acordo com as recomendações fornecidas pelo fabricante da resina.

A operação de prensagem foi efetuada com 3 painéis por abertura, sob 7 kg/cm<sup>2</sup> de pressão específica e 95°C de temperatura, durante 40 minutos. Após a prensagem, as chapas permaneceram 6 dias em climatização ao ambiente, sendo então retirados os corpos de prova para o teste de flexão estática, adotando-se a norma ASTM D-3043. Cada painel forneceu 8 amostras, sendo 4 para o teste no sentido paralelo e 4 para o teste no sentido perpendicular.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 2 e 3 apresentam os valores do limite de resistência à flexão estática para os diversos tratamentos. As Figuras 1 e 2 permitem visualizar a variação da resistência em função das diferentes porcentagens de extensor e dos tempos de montagem respectivamente. No Quadro 4 é feita uma comparação com resultados obtidos para outras espécies.

SENTIDO	FORMULAÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )				MÉDIA
			CORPOS DE PROVA				
			I	II	III	IV	
paralelo	A	15 min	954,3	788,0	713,5	788,6	811,1
	B	15 min	780,6	671,9	701,6	807,1	740,3
	C	15 min	693,4	665,7	702,4	703,9	691,4
perpendicular	A	15 min	132,8	137,5	173,0	124,9	142,1
	B	15 min	136,2	169,4	195,6	187,9	172,3
	C	15 min	183,8	141,2	177,0	164,5	166,6

QUADRO 2 – Valores da resistência máxima à flexão estática em função das diferentes formulações do adesivo.

SENTIDO	FORMULAÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )				
			CORPOS DE PROVA				MÉDIA
			I	II	III	IV	
para- lelo	B	5 min	763,3	537,1	917,2	644,6	715,6
	B	15 min	780,6	671,9	701,6	807,1	740,3
	B	30 min	800,4	680,9	972,4	917,6	842,8
	B	45 min	530,5	486,8	744,3	615,8	594,4
perpen- dicular	B	5 min	114,3	133,7	186,2	111,3	136,4
	B	15 min	136,2	169,4	195,6	187,9	172,3
	B	30 min	114,9	191,9	113,0	227,5	161,8
	B		96,5	105,3	160,8	141,6	126,1

QUADRO 3 – Valores da resistência máxima à flexão estática em função dos diferentes tempos de montagem.

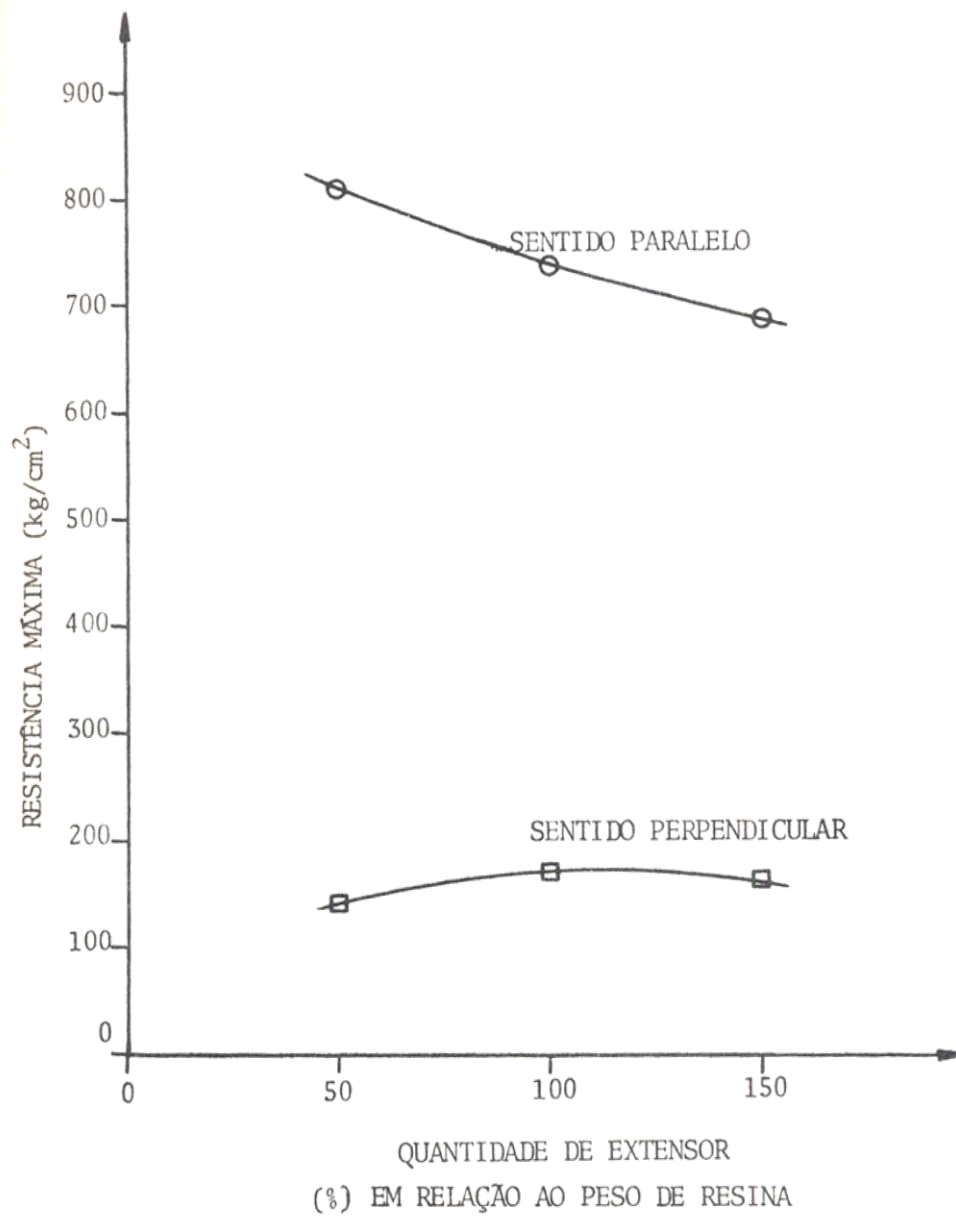


FIGURA 1 – Variação da resistência máxima à flexão estática em função da quantidade de extensor utilizada.

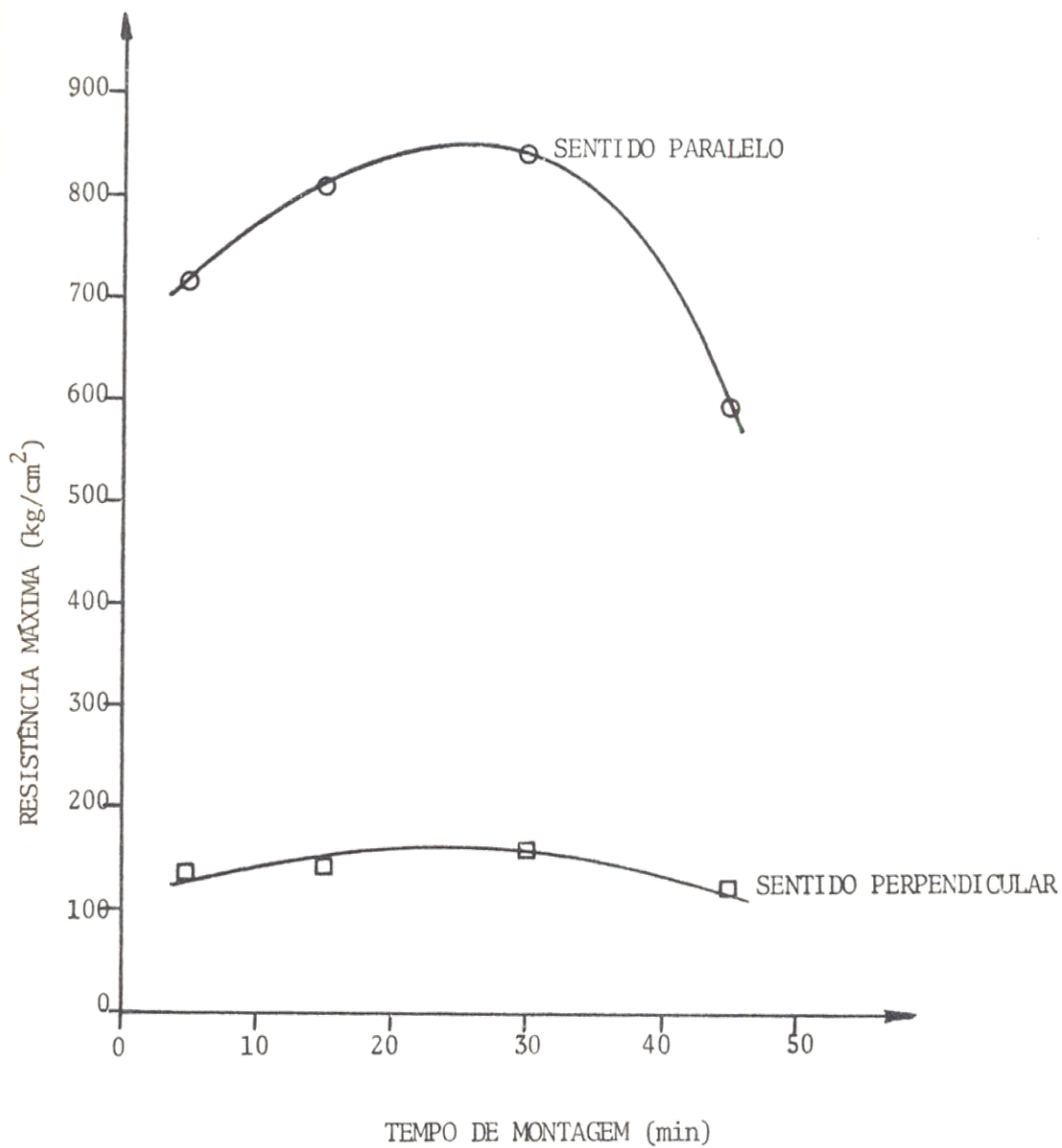


FIGURA 2 – Variação da resistência máxima à flexão estática em função do tempo decorrido na montagem.

ESPÉCIE	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm <sup>2</sup> )	
	NO SENTIDO PARALELO	NO SENTIDO PERPENDICULAR
<i>Pinus elliottii</i> <sup>(1)</sup>	700,00	564,0
<i>Araucaria angustifolia</i> <sup>(2)</sup>	551,0	497,0
<i>Schizolobium parahybum</i> <sup>(3)</sup>	467,0	-
<i>Pinus strobus chiapensis</i> <sup>(4)</sup>	400,0	-
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	732,6	150,9

<sup>(1)</sup> Compensado com 8 mm de espessura composto de 5 lâminas (FREITAS & HAYASHIDA, 1972).

<sup>(2)</sup> Compensado com 12 mm de espessura composto de 5 lâminas (FREITAS & HAYASHIDA, 1972).

<sup>(3)</sup> Compensado com 9 mm de espessura composto de 3 lâminas (RICHTER, TOMASELLI & MORESCHI, 1975).

<sup>(4)</sup> Compensado com 15 mm de espessura composto de 5 lâminas (JAKOWSKY, 1978).

QUADRO 4 – Comparação entre compensados manufacturados com diferentes espécies em função da resistência máxima à flexão estática.

Observando-se o Quadro 2 e a Figura 1 nota-se que a resistência à flexão no sentido paralelo diminui à medida que aumenta a porcentagem do extensor, sendo que no sentido perpendicular a formulação com 100% de extensão mostrou ser a mais resistente. Nota-se também que a diferença entre os três tratamentos não é grande em seus valores absolutos. Fato semelhante foi observado por ARCHER (1971), em que a resistência ao cisalhamento do compensado de *Araucaria angustifolia* não sofria influência da porcentagem de extensão, quando o teste era realizado em condições secas. O referido autor demonstrou que o efeito negativo da extensão acentuava-se quando o painel era testado em condições úmidas.

Estes resultados permitem concluir que o aumento na porcentagem de extensor provoca uma diminuição na qualidade da linha de cola, que pode ser verificada através da resistência do painel à flexão estática, principalmente no sentido paralelo.

Em relação ao efeito de tempo de montagem pode-se verificar no Quadro 3 e na Figura 2 que a resistência aumenta em relação direta até o tempo de 30 minutos, quando inverte-se o relacionamento. Isso leva à conclusão de que após 30 minutos em montagem começa a ocorrer a polimerização do adesivo, prejudicando a qualidade da linha de cola. O tempo adequado para a montagem da chapa está entre 15 e 30 minutos. Deve-se levar em consideração que a temperatura ambiental na ocasião do ensaio estava ao redor de 24°C.

Dos Quadros 2 e 3 ressalta a diferença existente entre a resistência no sentido paralelo e no perpendicular. Era esperada uma diferença menor, uma vez que uma das principais características do compensado é a uniformidade das suas propriedades em toda a extensão da chapa. Provavelmente a diferença encontrada seja devida ao fato do painel ser confeccionado com apenas 3 lâminas de mesma espessura.

Através do Quadro 4 pode-se comparar o compensado feito com madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com painéis manufaturados com madeiras de outras espécies. Verifica-se que sua resistência à flexão é superior à do tradicional compensado de pinho. Isso comprova que as espécies de rápido crescimento podem resultar em produtos com características tecnológicas que possibilitem a substituição das espécies nativas e tradicionais.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e na discussão dos mesmos pode-se concluir que:

- a) o aumento na quantidade de extensor prejudica a qualidade da linha de cola, ocasionando uma diminuição na resistência à flexão estática no sentido paralelo;
- b) o tempo de montagem adequado para painéis compensados manufaturados com lâminas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e adesivo à base de uréia formaldeído na formulação B está entre 15 e 30 minutos;
- c) em termos de resistência à flexão estática o compensado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* poderá substituir o tradicional painel de *Araucaria angustifólia*.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos alunos da disciplina Tecnologia dos Produtos Florestais, turma do 1º semestre de 1980, pelo auxílio na condução do experimento.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARCHER, L. B. – O uso de extensores no preparo de adesivos à base de resinas uréia formol para a fabricação de madeira compensada, Brasil Florestal, Rio de Janeiro, 2 (6): 20-3. 1971.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – Annual book of ASTM standards part 16 (wood, adhesives). Philadelphia, ASTM, 1973).
- BALDWIN, R. F. – Phywood manufacturing practices. Miller Freeman Publications, San Francisco, 260 p. 1975.
- F. A. O., BRUXELAS. Actas de la consulta mundial sobre paneles a base de madera. Miller Freeman Publications, San Francisco, 454 p. 1976.
- FREITAS, A. R. & K. HAYASHIDA – Propriedades físicas e mecânicas da madeira e do contrapacado de *Pinus elliottii*. Brasil Florestal, Rio de Janeiro, 3 (9): 38-43. 1972.
- JAKOWSKY, I. P. – Qualidade das lâminas de *Pinus strobus* (Martinez) var. *chiapensis* obtidas por desenrolamento. IPEF, Piracicaba, (16): 50-9. 1978.
- KOLLMAANN, F. F. P.; E. W. KUENZI & A. J. STAMM – Principles of wood science and technology. Springer-Verlag, New York, Vol. II. 703 p. 1975.
- KOCH, P. – Utilization of the southern pines. U.S. Departamento of Agriculture, Washington, Vol. II. 1972.
- RICHTER, H. G.; I. TOMASELLI & J. C. MORESCHI – Estudo tecnológico do Guapuruvú (*Schizolobium parahybum*). II: fabricação de compensados. Floresta, Curitiba, 6(1): 14-23. 1975.
- SELBO, M. L. – Adhesive bonding of wood. U.S. Departamento of Agriculture, Washington, 122 p. 1975.

# QUALIDADE DO BREU E TEREANTINA DE PINHEIROS TROPICAIS\*\*

José Otávio Brito\*\*  
Luiz E. G. Barrichelo\*\*  
Luiz E. Gutierrez\*\*\*

## 1. INTRODUÇÃO

A resinagem é um dos processos mais difundidos para obtenção de resina de *Pinus*. Através de destilação é possível a separação de uma fração volátil (terebintina) e uma fração fixa (breu) tendo ambas, considerável importância industrial. A terebintina tem aplicações diversas no campo químico e farmacêutico, sendo utilizada como solvente de tintas e vernizes, cãfora sintética, etc. Outros usos incluem sua composição em fungicidas, bactericidas e germicidas. O breu é normalmente utilizado na fabricação de colas para papel, vernizes e tintas, borracha e adesivos.

Na atualidade, o breu tem sido uma aplicação industrial maior, sendo considerado o produto mais importante da destilação da resina.

O aumento das áreas de plantio de pinheiros tropicais no Brasil tem viabilizado a exploração dos mesmos para a obtenção de resina. Com isso, torna-se cada vez mais necessária a caracterização dos produtos dela obtidos através da análise de suas propriedades físicas e químicas.

As características do breu obtido da resina de alguns pinheiros tropicais foram apresentadas por ASSUMPTÃO (1973). Segundo o autor, para amostras de resina de *Pinus oocarpa* o breu obtido apresentou qualidade de *Pinus patula* foi a que forneceu breu de pior qualidade pelo teor de insaponificáveis enormemente alto. O breu obtido de *Pinus insularis*, por sua vez, foi o que apresentou melhores valores para número de saponificação, número de acidez, teor de insaponificáveis, cor e ponto de amolecimento. A resina obtida do *P. patula* forneceu terebintina de pior qualidade, devido ao baixo teor de alfa e beta-pineno nela existentes. No entanto o autor afirma que as resinas de *Pinus elliottii* e *Pinus caribaea*, produziram derivados com qualidade razoável para uma exploração comercial.

No presente trabalho procurou-se analisar a qualidade do breu e terebintina de espécies de pinheiros tropicais implantados na região de Piracicaba-SP. A título de comparação, foi incluído, também, o *Pinus elliottii* var. *elliottii* por ser uma espécie tradicional em termos de obtenção de resina.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAL

---

\*Trabalho de pesquisa desenvolvido para o Projeto de Pesquisa Tecnológica para Melhoria da Qualidade do Pinho, do Convênio USP-BNDE/FUNTEC Nº 305/76, junto ao Departamento de Silvicultura – ESALQ/USP.

\*\*Professores das USP-ESALQ – Depto. de Silvicultura – Setor de Química, Celulose e Energia.

\*\*\*Professor da USP-ESALQ – Depto. de Bioquímica.

Foram analisadas resinas obtidas das seguintes espécies de *Pinus*, todas aos 9 anos de idade:

*Pinus elliottii* var. *elliottii*

*Pinus oocarpa*

*Pinus caribaea* var. *bahamensis*

*Pinus kesiya*

## 2.2. MÉTODOS

### 2.2.1. Obtenção de Resina

A resina foi obtida por resinagem na árvore em pé e aplicação de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50%, conforme preconizado por CLEMENTS (1960).

### 2.2.2. Destilação da Resina

A resina de cada espécie foi destilada sob vácuo (4 repetições por espécie), utilizando-se aparelhagem de vidro, conforme mostrado na figura 1:

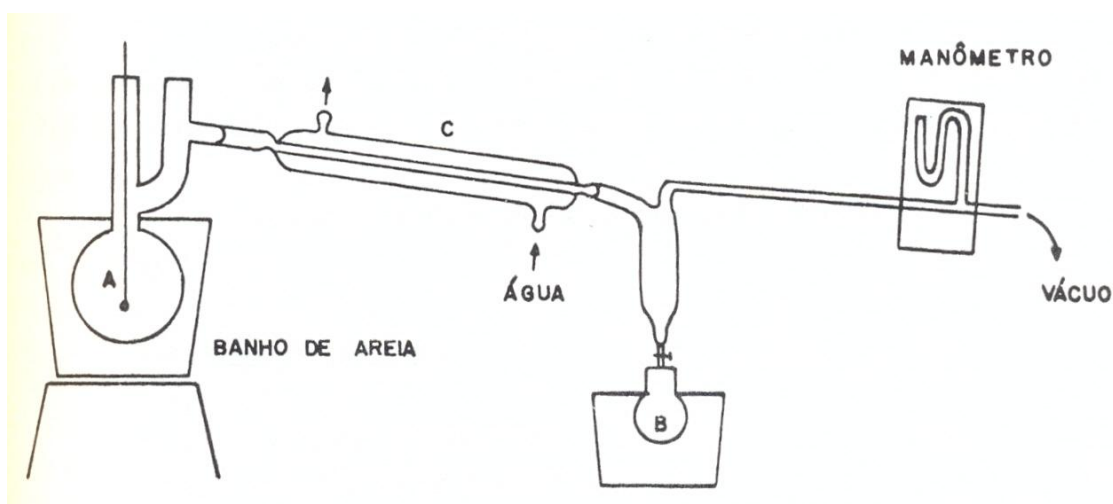


FIGURA 1 – Aparelhagem para destilação da resina.

A resina foi colocada no balão A e submetida à destilação a vácuo (10 mm Hg). O aquecimento indireto, em banho de areia, atingiu cerca de 180°C a 200°C e a destilação foi interrompida quando não mais se observa a saída de líquido no final do condensador C, e recolhido no balão B.

Terminada a destilação, separou-se a água da terebintina por decantação, tendo sido medido o volume de terebintina, o qual, juntamente com sua densidade possibilitaram a obtenção de sua percentagem em peso na resina.

O breu resultante foi pesado para cálculo de seu percentual na resina.

### 2.2.3. Análises do Breu

O breu foi analisado quanto a:

- Número de saponificação;
- Teor de materiais insaponificáveis;
- Número de acidez; e
- Cor.

#### 2.2.4. Análises da Terebintina

A terebintina foi analisada para a determinação da sua composição química. Para tanto, utilizou-se cromatografia de fase gasosa pelo emprego de um aparelho cromatógrafo CG-17 de ionização de chama, com coluna 0,6 x 200 cm, de aço inox, empacotada com DEGS a 18%. O gás de arraste foi nitrogênio com fluxo de 30 ml/min e volume injetado de 0,5 a 1,0 µl.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. RENDIMENTOS DAS DESTILAÇÕES

Os rendimentos médios das destilações, em termos de breu e de terebintina, são mostrados nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1 – Rendimento em breu

ESPÉCIE	RENDIMENTO MÉDIO (%)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i>	78,9	1,80
<i>P. oocarpa</i>	82,1	2,68
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	80,3	2,00
<i>P. kesiya</i>	87,3	3,17

De acordo com os resultados obtidos, o maior teor de breu foi encontrado para a resina do *P. kesiya* (87,3%). Para as demais espécies, os rendimentos mostraram-se bastante semelhantes, estando situados na faixa de 78,9 a 82,1%.

TABELA 2 – Rendimento em terebintina

ESPÉCIE	RENDIMENTO MÉDIO (%)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i>	15,9	3,64
<i>P. oocarpa</i>	12,7	2,89
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	15,5	2,41
<i>P. kesiya</i>	7,1	6,08

Na Tabela 2 pode-se observar que existe uma grande variação entre os rendimentos em terebintina. As resinas *P. elliotii* e do *P. caribaea* mostraram rendimentos semelhantes e correspondentes aos mais elevados dentre as espécies testadas. A seguir, situaram-se o *P. oocarpa* e *P. kesiya* numa ordem decrescente.

#### 3.2. ANÁLISES DO BREU

### 3.2.1. Número de Saponificação

Os resultados das determinações do número de saponificação do breu são mostrados na Tabela 3.

TABELA 3 - Número de saponificação

ESPÉCIE	Nº DE SAPONIFICAÇÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i>	163,9	5,20
<i>P. oocarpa</i>	148,4	2,23
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	160,5	2,96
<i>P. kesiya</i>	173,7	4,16

Os valores para número de saponificação mostraram-se diferentes entre as espécies. Dessa maneira, em função de que, quanto maior o número de saponificação de um breu, melhor é a sua qualidade, pode-se dizer que em ordem decrescente as melhores espécies foram o *P. kesiya*, o *P. elliotii*, o *P. caribaea* e, por fim, o *P. oocarpa*.

### 3.2.2. Teor de Materiais Insaponificáveis

Os resultados das determinações do teor de materiais insaponificáveis são mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 - Teor de materiais insaponificáveis

ESPÉCIES	MATERIAIS INSAPONIFI- CÁVEIS (%)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>P. elliotii</i> var. <i>elliotii</i>	9,3	17,38
<i>P. oocarpa</i>	15,8	19,12
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	9,8	8,03
<i>P. kesiya</i>	4,5	16,32

O breu obtido da resina de *P. oocarpa* mostrou qualidade inferior no que diz respeito ao seu teor de materiais insaponificáveis, que atingiu 15,8%, ou seja, um valor elevado. Sob o mesmo enfoque, o breu do *P. kesiya* mostrou-se bastante satisfatório, com um valor de 4,5%. O breu do *P. elliotii* e do *P. caribaea* apresentaram valores estatisticamente semelhantes, e intermediários ao *P. oocarpa* e *P. kesiya*.

### 3.2.3. Número de Acidez

Os resultados das determinações do número de acidez são mostrados na Tabela 5.

TABELA 5 – Número de acidez

ESPÉCIE	Nº DE ACIDEZ	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	161,5	2,36
<i>P. oocarpa</i>	143,9	3,61
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	155,7	5,84
<i>P. kesiya</i>	172,7	4,75

Em termos práticos, o breu do *P. kesiya* apresentou o melhor resultado para número de acidez, pois seu valor foi o mais elevado. O breu do *P. elliottii*, *P. caribaea*, e *P. oocarpa* apresentaram, na ordem, valores decrescentes para o número de acidez, e portanto, qualidade também decrescente.

#### 3.2.4. Cor

Os resultados das determinações da cor do breu são mostrados na Tabela 6.

TABELA 6 – Análises da cor do breu (\*)

ESPÉCIE	
<i>Pinus. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	WW
<i>Pinus oocarpa</i>	WW
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	X
<i>Pinus kesiya</i>	WG

(\*) Os resultados são representativos da mistura dos breus de cada destilação e para cada espécie.

Pela observação da Tabela 6, pode-se depreender que, com exceção do breu do *P. caribaea* var. *bahamensis*, os demais breus mostraram-se bastante satisfatórios quanto à coloração, que foi bastante clara.

### 3.3. ANÁLISES DA TEREBINTINA

Os resultados da composição química das terebintinas são mostrados na Tabela 7.

TABELA 7 – Composição química das terebintinas

ESPÉCIE	COMPONENTES						
	A	B	C	D	E	F	G
<i>P. elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	63,5	16,6	8,7	5,3	-	1,2	4,7
<i>P. oocarpa</i>	52,8	13,9	13,9	5,6	-	20,3	3,5
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	52,3	1,6	17,4	2,8	18,0	3,2	4,7
<i>P. kesiya</i>	65,9	-	12,2	12,7	3,2	-	6,0

A – Alfa-pineno

B – Beta-pineno

C – Beta-felandreno

D – Longifoleno

E – Limoneno

F – Alfa felandreno + careno

G – Outros

Dos resultados obtidos pode-se observar que a terebintina da resina de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* apresentou o maior teor de beta-felandreno em relação às demais, o que deixa em plano inferior em termos de importância comercial. Nestes termos, as terebintinas do *P. elliottii* var. *elliottii* e *P. kesiya* mostraram comportamentos muito bons, por apresentarem teores elevados de alfa e beta-pineno.

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou analisar as características de qualidade do breu e terebintina obtidos por destilação a vácuo de resinas de espécies de *Pinus*. No caso, não foram levados em conta os aspectos relacionados aos rendimentos das espécies em termos de produção de resina, o que já foi analisado por BRITO, BARRICHELO & TREVISAN (1978), para as espécies aqui citadas.

De acordo com os resultados alcançados e discutidos no presente trabalho, pode-se concluir que:

a) A resina que apresentou o maior rendimento em breu foi a do *P. kesiya*. Com rendimentos em breu significativamente inferiores, as resinas das demais espécies tiveram comportamento semelhantes entre si. Destaque-se que, as resinas das espécies de *Pinus* tropicais apresentaram sempre valores superiores em rendimento em breu do que a resina do *P. elliottii*.

Em termos de rendimento em terebintina as resinas do *P. elliottii* e *P. caribaea* foram semelhantes e apresentaram os maiores valores. O *P. oocarpa* apresentou rendimento inferior a estas duas espécies e, o *P. kesiya* mostrou-se com um potencial bastante reduzido para a obtenção da terebintina.

b) Com relação à qualidade dos breus obtidos, destacam-se sobremaneira o do *P. kesiya*, o qual apresentou os melhores índices para número de saponificação, número de acidez e teor de materiais insaponificáveis. A seguir, situaram-se os breus da resina de *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *bahamensis*. A pior qualidade foi aquela mostrada pelo breu obtido a partir da resina do *P. oocarpa*.

De um modo geral, quanto à qualidade dos breus, em relação à cor, pode-se observar que, com exceção, do *P. caribaea* var. *bahamensis*, os demais apresentaram-se bastante claros, com valores acima de X.

c) por apresentarem os teores mais elevados em termos de alfa e beta-pineno, as terebintinas do *P. elliottii* e *P. kesiya* foram as que apresentaram as melhores qualidades quanto à composição química.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

ASSUMPCÃO, R. M. V. – Qualidade de algumas resinas de *Pinus* spp. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo. mimeogr. 1973.

BRITO, J. O. ; BARRICHELO, L. E. G. & TREVISAN, J. F. – Condições climáticas e suas influências sobre a produção de resinas de pinheiros tropicais. IPEF, Piracicaba, (16): 37-45, Jun. 1979.

CLEMENTS, R. W. – Modern gum naval store methds. USDA, Washington, 29 p. 1960.