



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 81

Dezembro/1979

PBP/3.4

## **MADEIRA JUVENIL FORMAÇÃO E APROVEITAMENTO INDUSTRIAL**

Ivaldo P. Jankowsky\*

### **1. INTRODUÇÃO**

A performance da madeira, quando em uso, seja na fabricação de compensados, na produção de celulose e papel, ou após desdobro em serrarias; é julgada pela sua qualidade em função do uso a que foi destinada. A qualidade por sua vez é avaliada por parâmetros como densidade, comprimento de fibra, ângulo das fibrilas, que afetam diretamente as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

O caule de uma árvore pode ser dividido em duas regiões distintas entre si, devido às diferenças apresentadas nas estruturas e propriedades. Uma região, próxima à medula, proveniente do crescimento inicial, denominada madeira juvenil, e outra, na porção externa do tronco, formada pela atividade do câmbio fisiologicamente maduro, chamada de madeira adulta.

A madeira juvenil apresenta qualidade diferente da madeira adulta, sendo que esta apresenta as características consideradas normais para a espécie. De um modo geral, sabe-se que a variação das características da madeira corresponde a uma elevação rápida dos valores (densidade, comprimento de fibra) durante o período juvenil até atingirem, durante a maturidade, valores que se mantém mais ou menos constantes.

As variações durante o período juvenil são encontradas principalmente nas dimensões celulares e na organização da parede celular. Essas variações não invalidam os

---

\* Professor do Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP.

métodos de identificação da madeira baseados em detalhes estruturais, entretanto, a maioria dos anatomistas da madeira prefere basear as suas análises em madeira adulta.

## 2. CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA JUVENIL

### 2.1. Formação da madeira juvenil.

De um modo geral, a madeira juvenil tem sido definida como tendo uma aparência sem vida, devido à baixa refletividade e a orientação das fibrilas. Sua madeira é freqüentemente macia quanto à consistência e contém uma alta proporção de madeira de reação. Estudos realizados na Carolina do Norte mostraram que a madeira juvenil de *Pinus taeda* contém 42% de madeira de compressão, enquanto que a madeira adulta contém apenas 7%.

Em uma definição mais acurada, pode-se dizer que a madeira juvenil corresponde ao xilema secundário produzido durante a fase inicial da vida da árvore, caracterizada anatomicamente por um progressivo aumento nas dimensões e mudanças correspondentes na forma, estrutura e disposição das células nas sucessivas camadas de crescimento.

A formação de madeira juvenil está associada com a influência prolongada do meristema apical, sendo que o tempo gasto para a madeira passar por todo o estágio juvenil e atingir a maturidade varia de espécie para espécie. Para *Pinus elliottii*, vegetando na sua região de origem (Sul dos Estados Unidos) e nas nossas condições (Capão Bonito, SP.), esse período varia entre seis e oito anos.

Para *Pinus taeda* varia entre sete e onze anos na sua região de origem, sendo que nas nossas condições, estudos preliminares sugerem que a madeira atinge a maturidade após o oitavo ano. Para *Pinus radiata*, em plantios comerciais na Austrália, o período de juvenilidade está entre doze e quinze anos e, no caso de alguns *Eucalyptus*, pode ser superior a vinte anos.

É difícil estimar a idade exata de formação de madeira adulta, porque existe uma transição gradual entre os lenhos formados na juvenilidade até atingir a maturidade.

Alguns autores tem afirmado que a madeira juvenil é formada somente quando existe um rápido crescimento inicial, mas o período em que ocorrem rápidos aumentos na densidade e no comprimento das fibras independe da proporção de crescimento, estando presente em todo o tronco, a todos os níveis de altura. Isto quer dizer que, tanto para material de desenvolvimento lento como rápido na zona central do tronco, as dimensões das células estão mudando.

Contudo, em árvores de crescimento vagaroso, essa zona será pequena em volume, enquanto que nas plantas de rápido desenvolvimento ela será grande em volume.

Comparando-se coníferas com folhosas, a formação de madeira juvenil é mais acentuada nas primeiras.

### 2.2. Forma da madeira juvenil na árvore

De um modo geral, a madeira com características juvenis forma um cilindro no centro da árvore, estendendo-se desde a base até o topo.

Essa forma cilíndrica em toda a extensão da árvore pode ser atribuída ao fato de que madeira juvenil é formada também no topo de árvores velhas. Dessa forma, o topo de árvores adultas contém essencialmente madeira juvenil, com características geralmente

similares à madeira juvenil formada durante os primeiros anos de desenvolvimento, que é encontrada próxima à base da mesma árvore. Única exceção é quanto ao comprimento das fibras, que é maior na madeira do topo que na madeira juvenil existente na base da árvore.

Um estudo feito com *Pinus taeda* no Sul dos Estados Unidos, para definir a forma da porção de madeira juvenil no tronco, apresentou os resultados que constam no Quadro 1.

Nesse estudo a árvore foi dividida em duas toras. Uma tora com aproximadamente 2,5 m de comprimento, retirada da base inferior do tronco (denominada inferior); e outra com o mesmo comprimento, retirada de uma parte qualquer na porção superior do tronco (denominada superior).

Observa-se que o diâmetro da porção juvenil é maior nas superiores do que nas inferiores. Isso é explicado pelo fato do povoamento ter atingido a estabilidade no desenvolvimento, o que ocasionou a morte de algumas árvores. Com a redução na densidade do povoamento houve um novo estágio de crescimento, tanto em altura como em diâmetro, provocando um maior volume de madeira juvenil no topo das árvores sobreviventes.

Quadro 1. Características de toras e porções da madeira juvenil em *Pinus taeda*. (adaptado de HALLOCK, 1968).

	Classes de diâmetro (cm)	Superiores		Inferiores	
		diâmetro inferior (cm)	diâmetro superior (cm)	diâmetro inferior (cm)	diâmetro superior (cm)
Média da Tora	15,2 – 20,3	17,8	15,7	20,2	15,6
	20,3 – 25,4	22,5	20,7	26,5	21,0
	25,4 – 30,5	27,2	25,5	32,1	27,5
	> 30,5	38,2	30,4	38,2	30,7
Média da porção juvenil	15,2 – 20,3	5,0	3,6	5,0	3,5
	20,3 – 25,4	6,0	4,7	5,2	4,2
	25,4 – 30,5	5,7	4,9	5,4	4,7
	>30,5	6,6	5,5	5,2	4,9

De forma geral, considerando-se a parte comercializável da árvore, a madeira juvenil apresenta-se na forma de um cilindro, sendo que o diâmetro da parte superior do tronco é pouco menor que o da parte inferior.

### 2.3. Variações durante o período juvenil

A mais importante variação que ocorre durante a juvenilidade é no comprimento das células, que aumentará em qualquer nível da árvore, a partir da medula até o fim dos sucessivos anéis de crescimento, alcançando um valor mais ou menos constante após um certo número de anos. O aumento no tamanho das células até que a árvore atinja a maturidade pode ser de três a quatro vezes o tamanho original para as coníferas; e uma vez e meia ou duas vezes para as folhosas.

As variações ocorridas durante o período juvenil podem ser visualizadas nos Quadros 2, 3, 4 e 5. As mudanças observadas são tais que, com o aumento de idade da árvore, existe um maior grau de resistência e estabilidade na madeira formada.

Existe uma variação adicional nas dimensões das células que tem sido observada dentro de cada anel de crescimento. Em espécies nas quais são formados anéis de crescimento distintos, há um aumento no comprimento médio das células da parte inicial do lenho primaveril até a parte final do lenho autonal. Nas folhosas esse aumento pode ser de até 150%, enquanto que nas coníferas é de apenas 10 a 15%. Por outro lado, em madeiras de regiões tropicais, onde os anéis de crescimento não são usualmente visíveis, as dimensões médias das células não variam demasiado, no sentido medula-casca.

Essas mudanças nas dimensões das células tem sido correlacionadas com as condições de desenvolvimento, sendo que alguns autores sugerem que as células menores e mais largas são formadas na parte inicial da estação de crescimento, e que as células maiores e mais estreitas, na parte final da estação.

Em certas folhosas tem sido observado que o diâmetro do vaso aumenta com o distanciamento da medula, ao mesmo tempo que o número de vasos por uma determinada área diminui ao longo do período juvenil. Presumivelmente o espaço vazio atribuído aos vasos permanece o mesmo.

As várias mudanças nas dimensões das células devem estar correlacionadas com mudanças correspondentes na organização da parede celular, onde a mudança mais importante está ligada ao ângulo de orientação das microfibrilas, na lamela secundária.

Têm sido feitas referências ao fato de que em células curtas esse ângulo é grande, e em células compridas ele é pequeno. Essa relação matem-se tanto para coníferas como para folhosas, sendo observada uma mudança menor nas folhosas.

A grande significância do relacionamento entre o tamanho das células e o ângulo micelar é a considerável influência do último na anisotropia das propriedades da madeira, como a contração e a resistência à tração.

Quadro 2. Dimensões das fibras de madeira de *Pinus elliottii* (adaptado do FOELKEL, 1975).

Número do anel	Lenho inicial				Lenho tardio			
	C	L	D	E	C	L	D	E
1	2,22	40,59	28,22	6,18	2,25	38,34	25,21	6,56
2	2,44	41,08	31,01	6,15	2,65	38,89	22,28	8,31
3	2,70	42,44	33,05	5,83	2,94	41,28	22,35	9,47
4	2,87	43,58	33,18	6,43	3,09	38,85	20,48	9,19
5	3,14	44,42	34,21	6,36	3,23	39,19	21,42	8,89
6	3,28	43,62	33,30	6,65	3,31	39,39	21,56	8,91
7	3,41	45,62	33,19	6,21	3,42	38,80	18,91	9,95
8	3,53	42,07	26,87	7,60	3,70	38,40	18,21	10,09
9	3,72	41,56	27,19	7,19	3,87	39,00	18,89	10,06
10	3,89	44,28	28,85	7,72	4,01	39,31	19,39	9,96
11	3,77	47,48	31,91	7,79	3,80	36,78	16,75	10,01
12	3,77	42,78	27,94	7,42	3,85	39,60	17,51	11,04
13	4,05	45,77	30,66	7,56	3,95	38,16	15,92	11,12

Legenda:

C – comprimento da fibra em mm  
D – diâmetro do lumem, em  $\mu$

L – largura da fibra, em  $\mu$   
E – espessura da parede, em  $\mu$

Tanto em árvores crescendo em condições naturais como em plantios comerciais, a densidade básica aumenta desde a medula até o lenho adulto, atingindo, então, um valor mais ou menos constante que é considerado como o valor normal da espécie. Esta observação é válida para coníferas e folhosas. O aumento parece ser efeito da idade, estando associado a um aumento na quantidade de lenho outonal. Devido à uma alta correlação entre densidade básica e certas propriedades de tração, haverá também uma mudança nas mesmas.

Quadro 3. Densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* adaptado de FOELKEL, 1979).

Número do anel	Densidade básica		
	geral (do anel)	lenho inicial	lenho tardio
1	0,328	0,314	0,389
2	0,372	0,305	0,543
3	0,366	0,284	0,607
4	0,416	0,305	0,659
5	0,387	0,317	0,615
6	0,446	0,349	0,615
7	0,501	0,358	0,657
8	0,530	0,409	0,726
9	0,370	0,370	0,693
10	0,525	0,342	0,699
11	0,534	0,342	0,728
12	0,558	0,374	0,704
13	0,593	0,333	0,783

Quadro 4. Teores de lenho inicial e tardio, em porcentagem de peso e volume para madeira de *Pinus elliottii* (adaptado de FOELKEL, 1975).

Número de anel	Teor de lenhos			
	% em peso		% em volume	
	inical	tardio	inical	tardio
1	71,8	28,2	75,2	24,8
2	59,1	40,9	71,9	28,1
3	57,0	43,0	74,6	25,4
4	51,2	48,8	68,2	31,8
5	62,8	37,2	75,8	24,2
6	49,3	50,7	62,8	37,2
7	38,9	61,1	53,3	46,7
8	49,9	50,1	62,3	37,7
9	33,2	66,8	54,8	45,2
10	31,0	69,0	47,4	52,6
11	33,1	69,9	50,3	49,7
12	28,8	71,2	42,9	57,1
13	24,8	75,2	42,9	57,1

A largura dos anéis de crescimento decresce no sentido medula-casca, e os teores de lenho inicial e tardio também variam. O teor de lenho inicial tende a diminuir através do período juvenil, acontecendo o inverso com o teor de lenho tardio. De um modo geral, no período de maturidade as árvores apresentam anéis de crescimento com largura uniforme.

Quadro 5. Largura dos anéis e dos lenhos inicial e tardio, em porcentagem do DAP, para madeira de *Pinus elliottii* (adaptado de FOELKEL, 1975).

Número do anel	Largura dos anéis e lenhos (% do DAP)		
	Anel	lenho inicial	lenho tardio
1	13,8	11,2	2,6
2	13,5	9,2	4,3
3	15,4	12,3	3,1
4	8,6	5,6	3,0
5	10,4	7,6	2,8
6	7,5	4,8	2,7
7	5,8	3,2	2,6
8	4,4	2,4	2,0
9	4,4	2,2	2,2
10	3,8	1,9	1,9
11	3,1	1,9	1,2
12	4,3	1,9	2,4
13	5,0	1,9	3,10

Referência tem sido feitas também em relação ao teor de umidade no tronco. De uma maneira ampla, a árvore verde apresenta valores elevados de umidade nas proximidades da medula (madeira juvenil), decrescendo no sentido da casca.

#### 2.4. Porcentagem de madeira juvenil na árvores

A proporção de madeira juvenil, tanto em peso como em volume, diminui com o aumento em idade do povoamento. Com um valor geral, 85% do volume comercializável de troncos de *Pinus taeda* é formado de madeira juvenil (ZOBEL, 1976). Essa variação pode ser observada no Quadro 6.

Quadro 6. Porcentagem de madeira juvenil em toras comercializáveis de *Pinus taeda*, com diferentes idades (adaptado de ZOBEL, 1976).

Idade do povoamento (anos)	Porcentagem de madeira juvenil	
	peso seco	volume
15	76,0	85,0
25	50,0	55,0
40	15,0	19,0

Outro aspecto importante a ser considerado no que diz respeito à proporção da madeira juvenil, é o efeito do espaçamento do povoamento. Estudos preliminares em plantios comerciais de *Pinus taeda* sob diversos espaçamentos mostraram que, embora o

volume de madeira da árvore seja menor, há um aumento na proporção da madeira adulta e na densidade da mesma. (Quadro 7).

Quadro 7. Densidade e proporção de madeira juvenil em relação à madeira adulta em função do espaçamento. (adaptado de KAGEYAMA, 1975).

Espaçamento (m)	DAP médio (cm)	Densidade da madeira		% de madeira	
		juvenil	adulta	juvenil	adulta
1,5 x 1,5	16,3	0,349	0,524	65,2	34,8
2,0 x 2,0	18,8	0,376	0,499	77,6	22,4
2,5 x 2,5	21,6	0,353	0,457	74,6	25,4
3,0 x 3,0	24,4	0,350	0,450	73,6	26,4
3,5 x 3,5	26,9	0,348	0,444	67,6	32,4

Pode-se perceber claramente o efeito do espaçamento na proporção de madeira juvenil em função do volume total de madeira. Os resultados apresentados mostram a necessidade de aprofundar os estudos nessa direção, principalmente quando o produto final destina-se à serraria ou laminação, quando é desejável que sejam mínimas as perdas devido às diferenças de propriedades entre as madeiras juvenil e adulta.

### 3. VARIAÇÕES NA MATURIDADE

A mudança mais importante na madeira de árvores velhas é a transformação do alburno em cerne. Não existe uma evidência definitiva de que esse processo esteja associado ao desenvolvimento e maturidade da árvore, contudo, em um grande número de espécies arbóreas o cerne desenvolve-se exatamente no estágio em que as mudanças nas dimensões das células tem cessado.

Seja qual for a razão para a formação do cerne, muitas mudanças envolvendo as propriedades da madeira ocorrem durante a sua formação, alterando a madeira que está se transformando em cerne. Essas modificações incluem a morte de todas as células do parênquima, o desenvolvimento de muitas tiloses ou materiais estranhos, o aumento das deposições nas cavidades celulares e, presumivelmente, nas paredes celulares.

O cerne, exceto a parte central de madeira juvenil, é razoavelmente em estrutura e propriedades, e dessa forma aproveitável para vários usos.

### 4. APROVEITAMENTO INDUSTRIAL

Devido às diferenças de estrutura e propriedades existentes entre a madeira juvenil e adulta, diversos problemas ou inconvenientes podem surgir durante a industrialização da árvore. Em alguns processos de aproveitamento da madeira talvez seja recomendável utilizar árvores que contenham uma grande proporção de madeira juvenil, enquanto que, por outro lado, a presença da mesma possa ser prejudicial em outros processos.

As vantagens e desvantagens da utilização da madeira juvenil serão discutidos sob o ponto de vista do aproveitamento da madeira para serraria e para produção de celulose e papel.

#### 4.1. Serraria e secagem

Os problemas que ocorrem durante o processamento mecânico da madeira precisam ser encarados sob dois pontos de vista. Um abrange o processamento de árvores velhas contendo uma grande proporção de madeira adulta e um cilindro interno de madeira juvenil, com propriedades diferentes da madeira restante; e o outro refere-se ao aproveitamento de árvores jovens contendo quase que somente madeira juvenil. As árvores, contendo alta proporção de madeira adulta e um cilindro interno de madeira juvenil, serão consideradas árvores adulta; e árvores, contendo madeira juvenil quase que na totalidade, serão consideradas árvores juvenis.

Durante o desdobro inicial não surgem defeitos graves, a não ser um ocasional curvamento (empenamento) das peças, provavelmente devido à diferença de umidade entre a parte interna e externa da árvore (ocasionando tensões indesejáveis), a presença de madeira de reação, ou à ocorrência de tensões de crescimento.

Os defeitos vão surgir posteriormente, durante a secagem e o processamento final das peças.

#### 4.1.1. Defeitos de secagem

Diversos fatores afetam o comportamento da madeira durante a secagem, tais como a densidade, a porcentagem de umidade inicial, o ângulo das fibrilas, entre outros.

A densidade, para madeira de *Pinus*, está diretamente relacionada com a contração. Quanto maior for a densidade, maior será a retração volumétrica da madeira, como pode ser observado na Figura 1.

O ângulo das fibrilas está correlacionado com a contração longitudinal. Há uma diminuição na contração longitudinal e um aumento na contração tangencial, da medula até o último dos anéis de crescimento, sendo que essa mudança é rápida através da porção de madeira juvenil e gradual na madeira adulta.

Pesquisas realizadas por *Woten* (1967), citadas por *KOCH* (1972), mostraram que a contração longitudinal está correlacionada com o ângulo das fibrilas na lamela secundária, embora o autor chegasse à conclusão de que haviam outros fatores envolvidos na contração longitudinal da madeira de compressão.

Possivelmente devido aos ângulos das fibrilas serem maiores próximos à medula, a contração longitudinal deverá ser maior na madeira juvenil. Estudos sobre a contração longitudinal em peças retiradas de *Pinus taeda* mostraram que a madeira juvenil tende a contrair-se durante a secagem, enquanto que a madeira adulta tende a alongar-se.



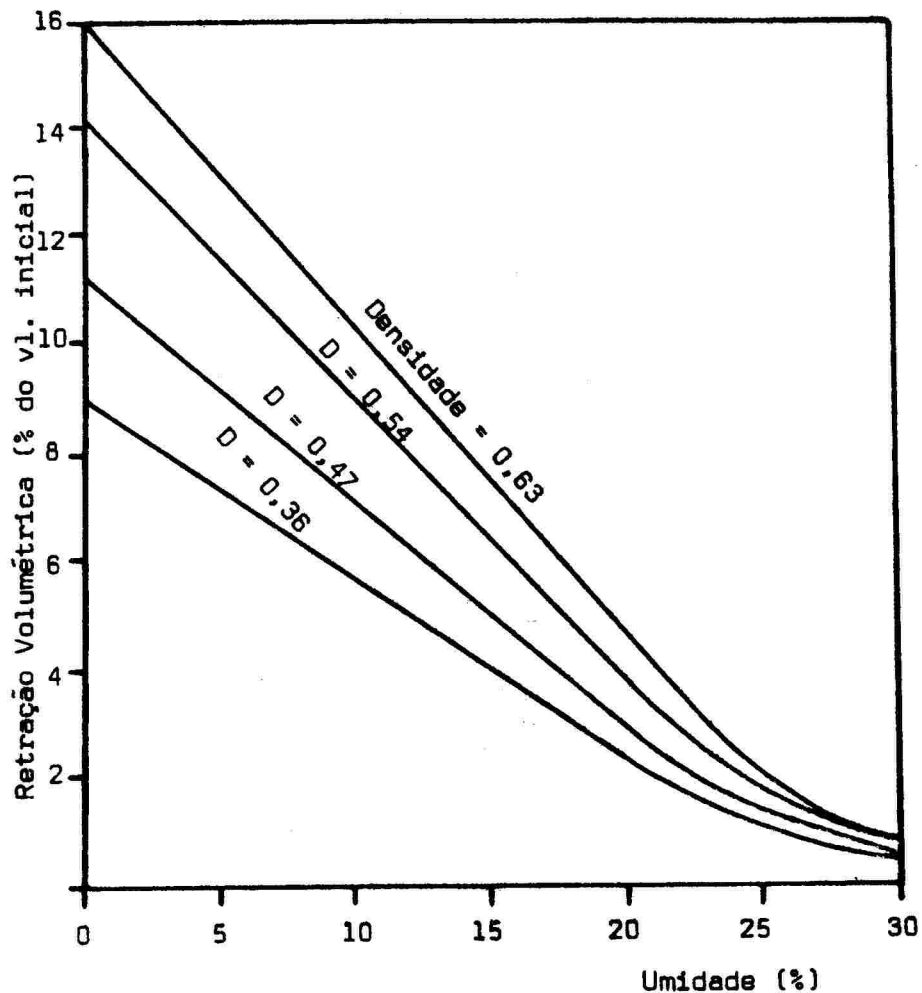


Figura 1. Retração volumétrica relacionada com o teor de umidade e a densidade, para madeira de *Pinus taeda*. (adaptado de KOCH, 1972).

Segundo DADSWELL (1960), o efeito dessa contração da madeira próxima à medula, em relação à contração normal da madeira significa um mau aproveitamento da madeira durante a secagem. Esse problema é particularmente inoportuno no uso de material jovem de rápido crescimento. Em árvores de crescimento lento, não é um grande problema o uso total de madeira, porque a variação na estrutura e nas propriedades é pequena, e seus efeitos, desprezíveis.

Quanto à umidade da madeira, várias pesquisas comprovaram que a madeira juvenil contém maior teor de umidade do que a madeira adulta em *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, enquanto que para *Pinus palustris* registrou-se o contrário. Supõe-se que o menor teor de umidade encontrado na madeira juvenil esteja relacionado com a formação do cerne em árvores adultas. Além disso, a quantidade de umidade contida na árvore varia em relação à altura, como pode ser constatado na Figura 2.

Devido a essas diferenças na densidade, na retração volumétrica (tangencial, radial e longitudinal), no teor de umidade, e outras existentes entre a madeira juvenil e a madeira adulta, peças retiradas de árvores adultas e que contenham parte do lenho juvenil poderão apresentar os seguintes defeitos:

- a) split (rachaduras) – geralmente ocorrem em peças grossas, sendo ocasionadas pelas diferentes tensões desenvolvidas na madeira durante a secagem. Pode ser ocasionada também pelas diferentes retrações que ocorrem na madeira juvenil e na madeira adulta;
- b) shake – consiste na separação total do cilindro interno do tronco (provavelmente correspondente à madeira juvenil) devido às diferentes contrações volumétricas;
- c) warping (empenamento) – ocorre geralmente em tábuas, sendo uma consequência da diferença entre as contrações longitudinais nas diversas partes da tábua, e está também associada à presença de madeira de reação;
- d) colapso – desenvolve-se algumas vezes quando o cerne esta passando por um processo de secagem, evidenciando a existência de uma contração anormal e irregular. As árvores do gênero *Eucalyptus* são especialmente susceptíveis a esse defeito, embora não possa ser correlacionado com a presença de madeira juvenil.

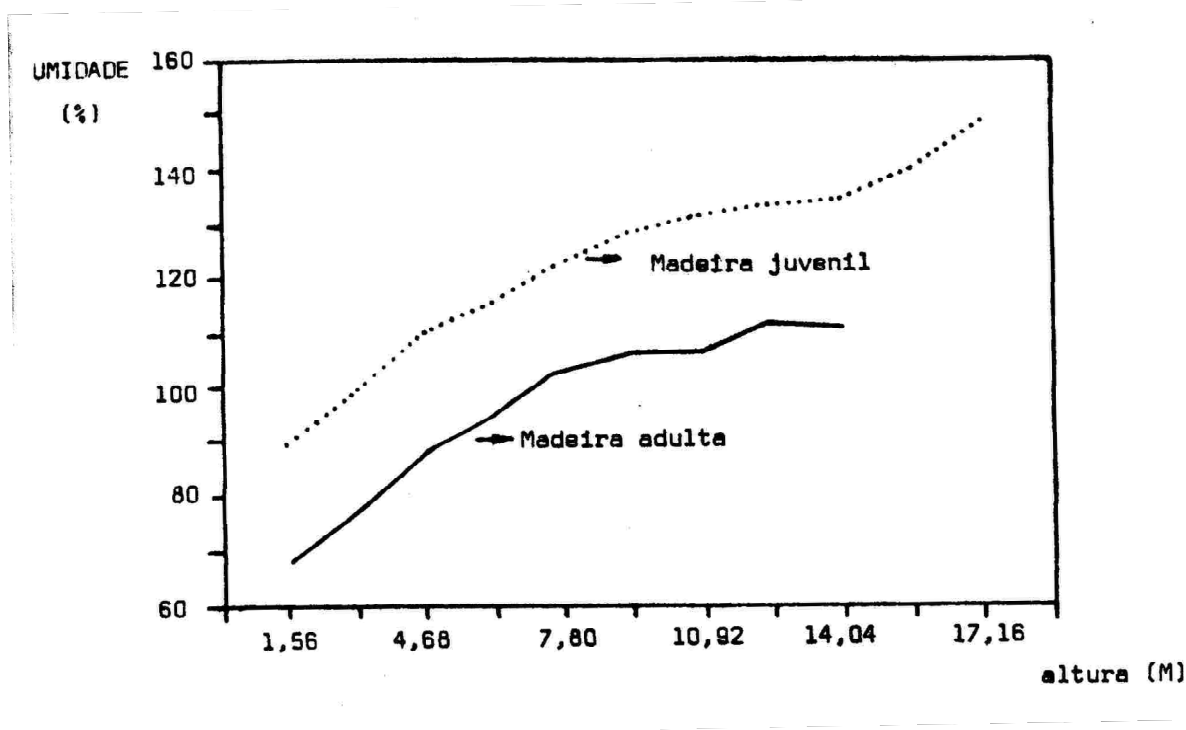


Figura 2. Relação entre teor de umidade e altura na árvore, para madeiras juvenil e adulta de *Pinus taeda* (adaptada de KOCH, 1972).

Os defeitos que ocorrem durante a secagem podem ser minimizados com o uso de árvores que contenham quase que a sua totalidade madeira juvenil, como foi demonstrado por estudos recentes. SKOLMEN (1974) trabalhando com *Eucalyptus saligna* de doze anos de idade afirma ter havido a degradação, durante a secagem, de apenas 14.6% da madeira total obtida de dez árvores, e que não ocorreu o colapso.

Por outro lado, madeira de árvores jovens de *Pinus radiata* empenam apreciavelmente, devido à presença de grã espiralada e nós.

As informações constantes da literatura sugerem dois meios de contornar o problema da presença de madeira juvenil. Após a seleção da espécie mais

apropriada ao uso posterior da madeira, um dos caminhos seria a instalação de povoamentos com baixa densidade, com espécies de rápido crescimento e programados para um curto período de rotação, de modo a utilizar árvores quase que somente com madeira juvenil. Outro meio seria a implantação de florestas com espécies de crescimento moderado, com alta densidade e programadas para rotações longas, de modo a se obter uma quantidade mínima de madeira juvenil na árvore.

#### 4.1.2. Defeitos de processamento mecânico

Os defeitos que aparecem durante o processamento mecânico da madeira, tais como o veio elevado (raised grain), veio solto (loosened grain) e veio indistinto (fuzzy grain), estão mais relacionados com as porcentagens de lenhos inicial e tardio do que propriamente com a madeira juvenil.

A influência da madeira juvenil pode ser correlacionada com a maior largura dos anéis de crescimento formados durante o período inicial de desenvolvimento e talvez com a porcentagem de madeira de tensão (nas folhosas), que ocasiona o aparecimento do veio indistinto.

#### 4.2. Celulose e papel

A influência da madeira juvenil na produção de celulose e nas qualidades do papel tem sido o objetivo do estudo de diversos pesquisadores, e os resultados obtidos serão discutidos a seguir.

Para árvores do gênero *Pinus* a produção de pasta por unidade de volume é de 5 a 15% menor, quando a madeira juvenil é comparada à madeira adulta. De certo modo a madeira juvenil apresenta menor produção de celulose e maior produção de hemicelulose. A holocelulose produzida por unidade de madeira seca é cerca de 4% menor para a madeira juvenil.

As diferenças entre as produções de celulose da madeira juvenil comparada à madeira adulta é explicada pelas diferenças estruturais existentes, como tamanho de fibra e densidade. A alta proporção de madeira de reação existente na porção juvenil do tronco também contribui, pois os conteúdos de celulose e lignina variam na madeira de desenvolvimento anormal, como pode ser observado no Quadro 8.

*FOELKEL et alii* (1975), trabalhando com *Pinus oocarpa* encontraram uma variação na produção de celulose em função da idade (Quadro 9). Quanto à qualidade do papel, o autor observou um sensível aumento na resistência ao arrebentamento com o aumento na idade da árvore; a resistência à tração aumentou suavemente com a idade, e os resultados para resistência ao rasgo foram considerados excelentes para todas as idades.

Pesquisas feitas com árvores de *Pinus radiata* contendo alta porcentagem de madeira de compressão, mostraram que a produção de pasta era inferior na madeira de compressão devido à grande porcentagem de lignina que ela continha. A pasta proveniente da madeira anormal, preparada pelo processo sulfato, era pouco inferior à pasta proveniente da madeira normal e, quando preparada pelo processo sulfito, a sua qualidade era bem inferior.

Quadro 8. Composição da madeira de reação comparada com a madeira normal. (adaptado de PANSHIN & DE ZEEUW, 1964).

Espécie	Tipo de madeira	Celulose (%)	Lignina (%)
Coníferas:			
<i>Abies balsamea</i>	compressão	39,42	33,60
	normal	50,35	24,44
<i>Picea sitchensis</i>	compressão	53,67	30,85
	normal	60,60	25,84
<i>Pinus taeda</i>	compressão	46,10	35,20
	normal	58,70	28,30
Folhosas:			
<i>Bétula spp</i>	tensão	57,70	17,60
	normal	47,00	21,30
<i>Eucalyptus regnans</i>	tensão	63,50	16,00
	normal	55,80	22,20
<i>Populus regenerata</i>	tensão	59,70	16,90
	normal	41,10	25,70

Quadro 9. Rendimento e teores de rejeitos, para madeira de *Pinus oocarpa*, com idades de 6, 12 e 13 anos. (adaptado de FOELKEL, 1975).

Rendimentos (%)	Idade		
	6 anos	12 anos	13 anos
Rendimento bruto	44,6	47,7	49,7
Rendimento depurado	39,5	43,4	44,6
Teor de rejeitos	5,1	4,3	5,1

Estudos feitos em árvores de *Populus monilifera*, com idade entre 17 e 43 anos, mostraram que aos 17 anos a porcentagem de celulose era de 49,9%, mas que com o aumento de idade da árvore havia um decréscimo na quantidade de lignina. Uma comparação com resultados anteriores mostrou que a porcentagem de celulose alcança um máximo entre 9 e 17 anos, para a espécie estudada.

Para árvores de *Eucalyptus*, a pasta proveniente da madeira de tensão apresenta qualidade pouco inferiores quanto às propriedades de resistência, embora apresente uma maior produção de celulose.

FOELKEL & BARRICHELO (1975), estudando a produção e a qualidade da celulose de *Eucalyptus saligna* (8 e 13 anos), *Eucalyptus paniculata* (6 a 10 anos), *Eucalyptus citriodora* (7 anos), *Eucalyptus maculata* (7 anos) e *Eucalyptus tereticornis* (7 anos); concluíram que, quando se deseja obter celulose de alta resistência à tração e ao arrebentamento, é recomendável o uso de *Eucalyptus saligna* (8 anos), *Eucalyptus tereticornis* (7 anos) e *Eucalyptus maculata* (7 anos). Quando se deseja uma maior resistência ao rasgo, recomenda-se *Eucalyptus citriodora* (7 e 13 anos) e *Eucalyptus*

*paniculata* (10 anos). Se o produto final desejado for papel mais denso, é sugerido o uso de *E. saligna* (8 e 13 anos), *E. tereticornis* (7 anos) e *E. maculata* (7 anos).

Analisando-se as informações fornecidas pela literatura consultada, chega-se à conclusão que para a produção de papel a partir de folhosas, é viável a utilização de árvores provenientes de plantios de curta rotação, contendo alta proporção de madeira juvenil; sendo que o produto final pode ser até superior ao obtido com árvores adultas.

Na utilização de coníferas não acontece o mesmo, pois a qualidade da celulose obtida de árvores juvenis é inferior à obtida de árvores adultas, e a quantidade produzida também é menor.

## 6. BIBLIOGRAFIA BÁSICA

DADSWELL, H.E. – *Tree growth – wood property inter relationships*. Raleigh, School of Forestry. 1960.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. & MILANEZ, A.F. – Estudo comparativo de madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. *IPEF*, Piracicaba, (10): 1-11, 1975.

FOELKEL, C.E.B. *et alii* – Variabilidade no sentido radial de madeira de *Pinus elliottii*. *IPEF*, Piracicaba, (10): 17-37, 1975.

FOELKEL, C.E.B. *et alii* – Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. *IPEF*, Piracicaba, (10): 81-7, 1975.

HALLOCK, H – *Observations on form of juvenile core in lobloll pine*. Madison, Forest Products Laboratory, 1968.

HAUGHT, E. – Distribution and extent of compression wood in loblolly pine. *TAPPI monograph series*, Atlanta, (24), 1962.

JAYME, G. & REH, F. – The effect of age of poplar – wood (*Populus monilifera*) on its chemical composition and suitability for pulp manufacture. *TAPPI monograph series*, Atlanta (24), 1962.

KOCH, P. – *Utilization of the southern pines*. Washington, USDA Forest Service, 1972. 2v.

KOLLMANN, F.F.P. & COTÊ JR., W.A. – *Principles of wood science and technology*. New York, Mc Graw-Hill, 1964. 2v.

PANSHIN, A.J. & DE ZEEUW, C. – *Textbook of wood technology*. 2.ed. New York, Mc Graw-Hill, 1964. 2v.

PRATT, G.H. – *Timber drying manual*. London, Her Majesty's Stationery Office, 1974, 152p.

- SKOLMEN, R.G. – Lumber potential of 12-year-old saligna Eucalyptus trees in Hawaii.  
*USDA Forest Service. PSW research note,*
- WATSON, A.J. – Pulping characteristics of eucalypt tension wood. *TAPPI monograph series*, Atlanta (24), 1962.
- WATSON, A.J. & DADSWELL, H.E. – Paper making properties of compression wood from *Pinus radiata*. *TAPPI monograph series*, Atlanta (24), 1962.
- ZOBEL, B. – *Juvenility of wood production*. Toronto, University of Toronto Press, 1961.
- ZOBEL, B. – Wood properties as affected by changes in the wood supply of southern pine.  
*TAPPI*, Atlanta, 59 (4): 126-8, 1976.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos publicados nesta circular, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço:

IPEF – Biblioteca  
ESALQ-USP  
Caixa Postal, 9  
Fone: 33-2080  
13.400 – Piracicaba – SP  
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

Marialice Metzker Poggiani – Bibliotecária  
Walter Sales Jacob  
Comissão de Pesquisa do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP  
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto  
Prof. João Walter Simões  
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões  
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello  
Diretor Administrativo – Nelson Barbosa Leite

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior