

artigo técnico

coníferas exóticas aptas para a produção de celulose kraft

I. *Cunninghamia lanceolata*

CELSE E. B. FOELKEL
VERGILIUS MARO CLEMENTE
CESLAVAS ZVINAKEVICIUS

Celulose Nipo-Brasileira S.A. — Cenibra
Universidade Federal de Viçosa — UFV

APRESENTAÇÃO

O assunto deste artigo é a apresentação de mais um tipo de conífera, antes usada somente como árvore ornamental, e sua utilização na produção de celulose kraft.

Descreve detalhadamente as suas várias for-

mas, adaptação ao solo, seu desenvolvimento e o tipo de celulose por ela produzido.

Apresenta ainda todas as vantagens e desvantagens de seu uso, especialmente a de que só é recomendável quando houver um volume considerável de madeira disponível.

RESUMO

Neste estudo procurou-se avaliar a qualidade da madeira e da celulose kraft de *Cunninghamia lanceolata*. Como principais características da madeira verificou-se que o comprimento das fibras (2,14 mm) não era tão longo quanto para as coníferas dos gêneros *Pinus* e *Araucaria*. Igualmente, a densidade básica de aproximadamente 0,33 g/cm³ era baixa.

As celuloses mostraram resistências aceitáveis, principalmen-

te no caso da resistência ao rasgo.

O branqueamento da celulose mostrou-se fácil, apesar do alto teor de extrativos em álcool benzênico que a polpa continha. Attingiu-se com 7,8% de cloro ativo, em seqüência CE₁HD₁E₂D₂, a elevada alvura de 91,9%GE, com apenas pequena perda de viscosidade e resistência.

Recomendou-se o uso da madeira de *Cunninghamia lanceolata* para a produção de celulose kraft quando esta espécie florestal for disponível em quantidades suficientes.

VARIABILIDADE DA MADEIRA E CARACTERÍSTICAS DA CELULOSE KRAFT DE *Cunninghamia lanceolata*

1. INTRODUÇÃO

A *Cunninghamia lanceolata*, ou "pinho chinês", como é vulgarmente conhecida, é originária do platô central da China. Sua área de dispersão natural está situada em região subtropical com elevações entre 600 e 1300 metros. O clima desta região se caracteriza por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos.

No Brasil, as regiões que mais se adaptam para o plantio da espécie, e onde ela está sendo mais intensamente plantada, são: Serra da Mantiqueira, Serra da Cantareira e em Caieiras — SP.

A *Cunninghamia* foi introduzida no Brasil, inicialmente, como árvore ornamental, porém devido às suas boas características florestais foi reproduzida e passou a ser utilizada para plantações comerciais homogêneas.

A espécie não é muito exigente quanto à qualidade do solo, desenvolvendo-se bem em solos fracos, à exceção de campos e solos erodidos. Seu desenvolvimento inicial é lento até o terceiro ano, depois desenvolve-se rapidamente adquirindo o estágio de competição florestal a partir do sexto ano, nos espaçamentos florestais usuais.

Em condições apropriadas a *Cunninghamia lanceolata* possui incrementos médios anuais de 20 a 35 estéreos/ha/ano, mostrando ainda ótima forma de árvores. Como vantagens adicionais regenera naturalmente e redobra após o corte.

O propósito deste estudo foi o de se avaliar a qualidade e variabilidade da madeira e as propriedades da celulose kraft de *Cunninghamia lanceolata*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muito embora a madeira de *Cunninghamia lanceolata* esteja sendo usada no Brasil como fonte de fibras pela indústria de celulose, nenhuma publicação foi encontrada avaliando a qualidade de sua celulose.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O material utilizado neste trabalho constitui-se de amostras colhidas de cinco árvores da espécie, obtidas em um povoamento homogêneo localizado em Viçosa-MG. O povoamento consistia em uma parcela de um experimento instalado na Universidade Federal de Viçosa, com fins de demonstração, avaliação de crescimento e determinação das necessidades de desbastes e derramas. O plantio do povoamento se deu em 21/10/64. Logo, quando

as cinco árvores foram abatidas para ensaios, o povoamento estava com 12,5 anos.

3.2 Métodos

3.2.1 Amostragem da madeira

Foram amostradas ao acaso cinco árvores que foram abatidas, desgalhadas e das quais se removeu o ponteiro a partir de um diâmetro mínimo de 7 cm. Determinou-se a seguir a altura comercial de cada uma destas árvores. Baseando-se nestas alturas, foram retirados discos de aproximadamente 2,5 cm de espessura, nas seguintes posições: base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Estes discos tiveram seus diâmetros médios com e sem casca determinados.

As toras restantes foram descascadas e reduzidas a cavacos em picador industrial. Os cavacos foram perfeitamente homogeneizados, secados ao ar e armazenados em sacos plásticos para evitar alterações em seu teor de umidade.

As cascas removidas foram também reduzidas à forma de cavacos, somente que por operação manual. Foram secas ao ar e armazenadas em saco plástico.

3.2.2 Determinações silviculturais

Baseando-se em diâmetros tomados a alturas conhecidas, determinaram-se:

- volume real comerciável da árvore com casca, pela fórmula de Smalian;
- volume real comerciável da árvore sem casca, também pela fórmula de Smalian;
- fator de forma das árvores, igual à relação porcentual entre volume real e volume cilíndrico de cada árvore;
- porcentagem de casca, determinada tanto em base peso como em base volume;
- teores de cerne e alburno, baseados nos diâmetros do cerne e de cada disco amostrado.

Com base na altura média, DAP médio, fator de forma médio, teor de casca médio e no

espaçamento inicial do povoamento de 2 x 2 m, e admitindo-se uma sobrevivência de 70%, foi possível estimar-se, embora grosseiramente, o incremento médio anual do povoamento, em termos de madeira comerciável.

3.2.3 Determinação da densidade básica da madeira e casca

As densidades básicas das amostras de madeira e casca foram determinadas com base no método da balança hidrostática. Este método se caracteriza por usar uma balança hidrostática para se determinar o volume verde da amostra em questão. A fórmula para determinação da densidade seria:

$$d = \frac{\text{Pas}}{b \text{ Pu} - \text{Pi}}$$

onde:

Pas = peso absolutamente seco, ou o peso estabilizado em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$;

Pu = peso da madeira saturada e livre de água livre superficial;

Pi = peso da madeira imersa em água.

O método foi usado para se determinar a densidade básica da madeira integral, cerne, alburno e casca.

Para a separação destas amostras os discos foram divididos conforme mostrado na figura 1.

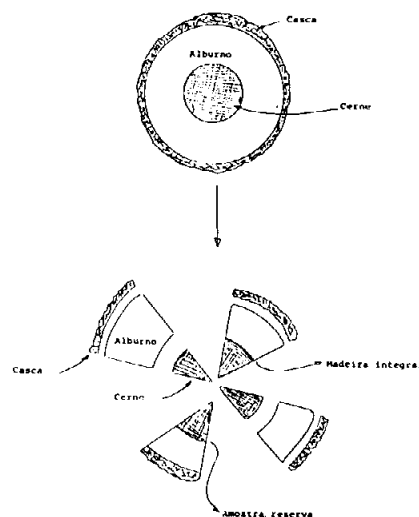


FIGURA 1. Esquema de divisão dos discos para determinações de densidade.

3.2.4 Estudo da variabilidade da madeira

A variabilidade da madeira foi

analisada nos sentidos axial e radial, a diversas alturas. No sentido axial da árvore foi possível analisar a variação da densidade básica da madeira integral, do cerne e do alburno. No sentido radial tornou-se possível verificar a variação entre a qualidade da madeira de cerne e alburno, a diversas alturas da árvore (base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100%).

3.2.5 Dimensões das fibras da madeira

As fibras celulósicas da madeira constituem-se na matéria-prima básica para a fabricação do papel. Em se tratando de coníferas, estas fibras, como vulgarmente são chamadas, correspondem ao elemento anatômico traqueído. As dimensões das fibras são importantes características da matéria-prima fibrosa, pois muitas destas dimensões se associam às resistências e demais propriedades da polpa celulósica.

Neste trabalho, foram determinadas, por micro projeção, as seguintes dimensões médias das fibras: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede.

A individualização das fibras foi obtida por maceração com solução nítrica/acética.

3.2.6 Composição química da madeira

Foram realizadas as seguintes

análises químicas na serragem da madeira de *Cunninghamia lanceolata*:

Quadro 1: Análises químicas realizadas na madeira

Análise química	Método
Solubilidade em:	
— água quente	TAPPI T 1
— NaOH 1%	TAPPI T 4
— álcool/benzeno	TAPPI T 6
Teor de:	
— holocelulose	designificação com C10.2
— pentosanas	TAPPI T 19
— lignina	TAPPI T 13
— cinzas	TAPPI T 15

*TAPPI = Technical Association of the Pulp and Paper Industry..

3.2.7 Produção de celulose-

O processo adotado para deslignificação dos cavacos de madeira foi o processo alcalino kraft. Foram realizados três cozimentos de madeira sem casca e um cozimento de madeira com casca. A casca foi adicionada à madeira na proporção gravimétrica média em que ambas ocorriam nas árvores, ou seja, 12,1% de casca e 87,9% de madeira.

As condições seguidas nos cozimentos para a deslignificação foram as apresentadas no quadro 2.

As celuloses obtidas foram lavadas e depuradas. A seguir determinaram-se os rendimentos em celulose (brutos, depurados e teores de rejeitos), os números kappa, as viscosidades e as alvuras das celuloses.

3.2.8 Composição química das celuloses não-branqueadas

As celuloses, após depuração, foram analisadas quimicamente, com base nos métodos da Technical Association of the Pulp and Paper Industry. Determinaram-se os teores dos seguintes constituintes: extrativos em álcool benzeno, em NaOH 1% e em água quente; teores de holocelulose, alfa-celulose, beta-celulose e gama-celulose; teores de pentosanas e de lignina.

3.2.9 Branqueamento da celulose

Apenas uma das quatro celuloses produzidas foi branqueada através de uma seqüência em seis estágios tipo CE,HD₁E₂D₂, seguindo-se lavagem com solução de ácido sulfuroso. A celulose

Quadro 2: Condições dos cozimentos

Condições	Cozimento			
	1	2	3	4
Material	Madeira	Madeira	Madeira	Madeira + Casca
-- Alkali ativo, % Na ₂ O sobre madeira a.s.	15	17	17	15
— Sulfidez, %	30	30	25	30
— Temperatura, °C	165	165	170	165
— Tempo até máxima temperatura, minutos	90	90	90	90
— Tempo à máxima temperatura, minutos	60	60	90	90
— Relação licor/madeira	4:1	4:1	4:1	4:1
— Fator H	1282	966	1340	1082

escolhida para tal foi a do cozimento n.º 3, com número kappa de 22,4.

As condições dos diversos estágios de branqueamento foram as seguintes:

Cloração ácida

% Cl ₂ ativo	= 4,05%
Consistência	= 3,5%
Tempo	= 30 minutos
Temperatura	= ambiente

Primeira extração alcalina

% NaOH	= 2,34%
Consistência	= 12%
Tempo	= 90 minutos
Temperatura	= 60°C

Hipocloração

% Cl ₂ ativo	= 2,98%
Consistência	= 12%
Tempo	= 120 minutos
Temperatura	= 40°C

Primeira dioxidação

% Cl ₂ ativo	= 0,6%
Consistência	= 12%
Tempo	= 210 minutos
Temperatura	= 70°C

Segunda extração alcalina

% NaOH	= 0,5%
Consistência	= 12%
Tempo	= 90 minutos
Temperatura	= 60°C

Segunda dioxidação

% Cl ₂ ativo	= 0,2%
Consistência	= 12%
Tempo	= 210 minutos
Temperatura	= 70°C

Lavagem com solução de H₂SO₄

% Na ₂ SO ₃	= 0,5%
Consistência	= 5%
Tempo	= 30 minutos
Temperatura	= ambiente

Após cada estágio a polpa era lavada e se retirava uma amostra para determinação de alvura e viscosidade.

3.2.10 Ensaio físico-mecânicos das celuloses

As celuloses não-branqueadas e a branqueada foram a seguir refinadas em holandesa Regmed a 4% de consistência, para desenvolver resistências. Foram considerados cinco tempos de refino por celulose, incluindo o tempo zero minuto. O grau de refino foi determinado como grau Schopper Riegler.

Para cada tempo de refino foram formadas folhas em formador tipo Koethen Rapid. Estas folhas, com gramatura aproximadamente de 60 g/m², foram acondicionadas em ambiente climatizado a 20°C e 65% de umidade relativa. A seguir realizaram-se os seguintes ensaios físico-mecânicos e óticos de acordo com os métodos da Technical Association of the Pulp and Paper Industry e da Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel:

- Gramatura: expressa em gramas por metro quadrado;
- Espessura: expressa em microns;
- Peso específico aparente: expresso em gramas por centímetro cúbico;
- Resistência à tração: expressa pelo comprimento de ruptura, em km;
- Resistência ao rasgo: expressa pelo fator de rasgo;
- Resistência ao estouro: expressa pelo fator de estouro;

- Resistência ao dobramento: expressa pelo número de dobras duplas, dobrador MIT, com 1 kg de tensão;
- Elongação: expressa em porcentagem de alongamento;
- Alvura: expressa em graus G.E.;
- Coeficiente de dispersão da luz: expresso em centímetros quadrados por grama.

4. RESULTADOS

4.1 Determinações silviculturais

Através dos conceitos dendrométricos clássicos foram determinados parâmetros silviculturais, cujos resultados constam do quadro 3. Foram também incluídos neste quadro os teores globais, em cada árvore, de cerne e de alburno.

Como as árvores tomadas para o experimento consistem em árvores da bordadura, o desenvolvimento das mesmas era superior à média do povoamento. Assim, para estimar o incremento médio anual do povoamento, foram medidas aproximadamente uma centena de árvores e se determinou o DAP médio do povoamento como sendo 14 cm. Admitiu-se uma altura média comercial de 9,87 metros e um fator de forma de 54,84%. Considerou-se a taxa de sobrevivência como 70%, o que dariam 1.750 árvores por hectare no povoamento. A idade do povoamento era de 12,5 anos. Logo, o incremento médio anual era de aproximadamente 11,7 m³ sólidos/ha/ano de madeira com casca. Isso corresponde a 13,8 estéreos de madeira sem casca por hectare por ano.

Quadro 3: Parâmetros silviculturais

Parâmetro	Árvore	1	2	3	4	5	Média
Altura, m		11,50	11,10	8,60	9,60	8,55	9,87
DAP, cm							
— com casca		24,25	23,60	18,10	18,85	17,05	20,37
— sem casca		22,20	21,90	16,65	17,50	15,70	18,79
Volume real comerciável, m ³							
— com casca		0,2514	0,2678	0,1244	0,1544	0,1130	0,1822
— sem casca		0,2048	0,2325	0,1012	0,1389	0,0940	0,1543
Fator de forma, %		47,33	55,15	56,23	57,63	57,88	54,84
Teor de casca, %							
— em volume		18,53	13,18	18,64	10,03	16,81	15,43
— em peso		—	—	—	—	—	12,10
Teor de cerne, %		40,58	33,32	40,19	34,69	23,50	34,46
Teor de alburno, %		59,42	66,68	59,81	65,31	76,50	65,54

Quadro 4: Variação da densidade básica da madeira de CUNNINGHAMIA LANCEOLATA.

Árvore Madeira	1			2			3			4			5			Média		
	Integ.	Cerne	Alburno	Integ.	Cerne	Alburno	Integ.	Cerne	Alburno	Integ.	Cerne	Alburno	Integ.	Cerne	Alburno	Integ.	Cerne	Alburno
Base	0,352	0,371	0,346	0,390	0,407	0,355	0,388	0,324	0,330	0,278	0,360	0,328	0,306	0,429	0,375	0,361	0,393	0,350
DAP	0,333	0,334	0,320	0,365	0,366	0,352	0,336	0,341	0,332	0,340	0,350	0,322	0,318	0,358	0,343	0,338	0,354	0,323
25 %	0,305	0,311	0,281	0,354	0,363	0,339	0,313	0,327	0,306	0,323	0,344	0,322	0,319	0,314	0,313	0,323	0,327	0,312
50 %	0,296	0,304	0,307	0,326	0,337	0,317	0,311	0,334	0,312	0,333	0,329	0,301	0,306	0,324	0,305	0,314	0,316	0,303
75 %	0,320	0,411	0,291	0,306	0,369	0,304	0,330	0,369	0,324	0,296	0,323	0,297	0,276	-	0,276	0,306	0,368	0,238
100 %	0,319	-	0,319	0,349	-	0,348	0,333	-	0,333	0,355	-	0,355	0,298	-	0,298	0,330	-	0,330

4.2 Variabilidade da madeira de CUNNINGHAMIA LANCEOLATA

O quadro 4 apresenta os valores referentes à variação da densidade da madeira, no sentido axial e no sentido radial (Cerne → alburno).

Quadro 6: Dimensões das fibras de CUNNINGHAMIA LANCEOLATA.

Dimensão	Valor
Comprimento da fibra	2,14 mm
Largura da fibra	35,9 μ
Diâmetro do lúmen	23,8 μ
Espessura da parede	6,1 μ

Quadro 5: Variação nos teores de cerne e alburno (%) ao longo das árvores de CUNNINGHAMIA LANCEOLATA.

Árvore Madeira	1		2		3		4		5		Média	
	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno
Base	49,1	50,9	52,5	47,5	61,8	38,2	50,6	49,4	30,9	69,1	49,0	51,0
DAP	44,7	55,3	42,9	57,1	37,9	62,1	39,5	60,5	34,3	65,7	39,9	60,1
25 %	40,6	59,4	37,0	63,0	37,0	63,0	34,0	66,0	29,4	70,6	35,6	64,4
50 %	37,7	62,3	21,7	78,3	34,1	65,9	31,6	68,4	15,6	84,4	28,1	71,9
75 %	7,3	92,7	8,8	91,2	25,3	74,7	17,8	82,2	2,1	97,9	12,3	87,7
100 %	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0

Foi analisada também a variação no teor relativo em volume de cerne e alburno ao longo das árvores. Os resultados constam do quadro 5.

Na figura 2, tentou-se resumir as variações médias encontradas no sentido axial das árvores.

A densidade básica da madeira foi calculada como sendo 0,329 g/cm³.

A densidade básica média de vinte fragmentos de casca, determinada pelo método da balança hidrostática, mostrou-se como sendo de 0,218 g/cm³.

4.3 Dimensões das fibras de CUNNINGHAMIA LANCEOLATA

Os resultados para as dimensões das fibras estão relatados no quadro 6.

4.4 Composição química da madeira de CUNNINGHAMIA lanceolata

Os resultados estão apresentados no quadro 7.

Quadro 7: Composição química da madeira

Análise	Valor
Solubilidade em:	
— água quente	0,13%
— NaOH 1%	6,72%
— álcool/benzeno	3,88%
Teor de:	
— holocelulose	69,19%
— pentosanas	6,92%
— lignina	33,25%
— cinzas	0,35%

4.5 Propriedades das celuloses não-branqueadas

As três amostras de madeira e a amostra de madeira mais cas-

ca produziram celuloses com as seguintes características quanto a rendimentos, graus de deslignificação, viscosidade e alvura:

Quadro 8: Propriedades das celuloses e resultados dos cozimentos

Características	Cozimento			
	1	2	3	4
Rendimento bruto, %	46,4	45,1	45,2	49,2
Rendimento depurado, %	45,4	44,2	44,9	44,7
Teor de rejeitos, %	1,0	0,9	0,3	4,5
Número kappa	25,2	24,3	22,4	48,1
Alvura, °GE	11,0	9,0	11,4	15,1
Viscosidade, cps	-	-	-	-

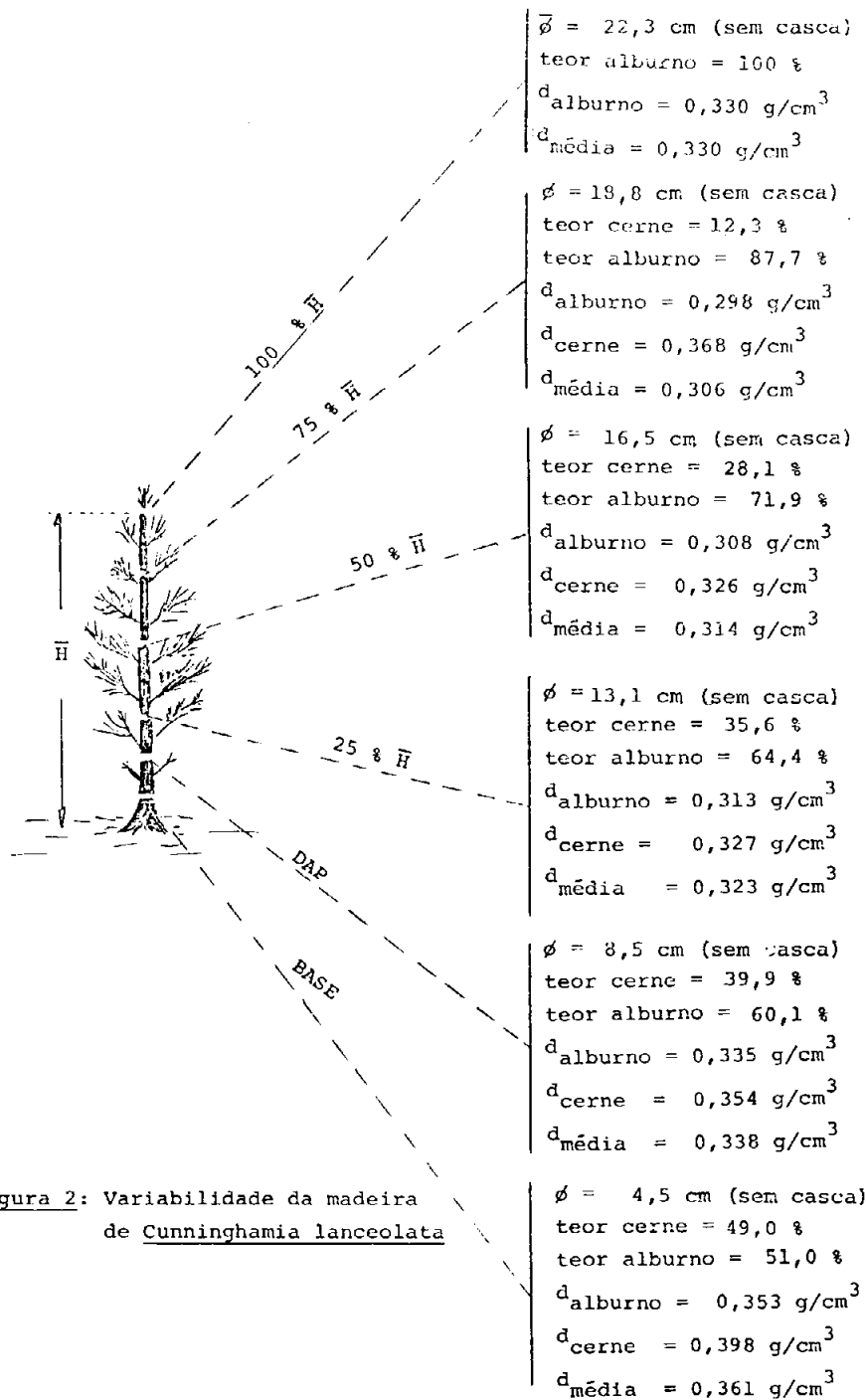


Figura 2: Variabilidade da madeira de *Cunninghamia lanceolata*

Quadro 9: Composição médiadas celuloses dos cozimentos n.ºs 1, 2 e 3, (%)

Análise	Valor
Extrativos em	
— álcool/benzeno	3,4
— NaOH 1%	2,1
— água quente	0,6
Teor de	
— holocelulose	96,3
— alfa-celulose	86,5
— beta-celulose	8,5
— gama-celulose	5,0
— pentosanas	5,2
— lignina	3,9

4.6 Composição química das celuloses não-branqueadas

A composição média das celuloses dos cozimentos de números 1, 2 e 3 está apresentada a seguir, no quadro 9.

4.7 Resultados do branqueamento

Ao longo do branqueamento da celulose do cozimento n.º 3 foram observados os seguintes resultados:

Cloração ácida

% Cl ₂ ativo consumido base celulose a.s.	= 3,95%
pH final	= 1,6
Alvura	= 41,0 °GE
Viscosidade	= 11,5 cps

Primeira extração alcalina

% NaOH consumido base celulose a.s.	= 1,58%
pH final	= 11,9
Alvura	= 47,1 °GE
Viscosidade	= 11,6 cps

Hipocloração

% Cl ₂ ativo consumido base celulose a.s.	= 2,78%
pH final	= 10,8
Alvura	= 78,5 °GE
Viscosidade	= 8,2 cps

Primeira dioxidação

% Cl ₂ ativo consumido base celulose a.s.	= 0,57%
pH final	= 2,8
Alvura	= 89,5 °GE
Viscosidade	= 8,9 cps

Segunda extração alcalina

% NaOH consumido base celulose a.s.	= 0,18%
pH final	= 10,9
Alvura	= 89,2 °GE
Viscosidade	= 8,6 cps

Segunda dioxidação

% Cl ₂ ativo consumido base celulose a.s.	= 0,17%
pH final	= 6,5
Alvura	= 91,7 °GE
Viscosidade	= 8,6 cps

Lavagem com ácido sulfuroso

Alvura	= 91,9 °GE
Viscosidade	= 8,4 cps

4.8 Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses

As propriedades físico-mecânicas e óticas observadas para as celuloses não-branqueadas dos quatro cozimentos estão apresentadas nos quadros 10, 11, 12 e 13.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Aspectos silviculturais

A espécie *Cunninghamia lanceolata* mostrou um razoável incremento médio anual na região, boa forma e apresenta-se, portanto, com algumas potencialidades para que mais povoamentos sejam com ela implantados.

5.2 Qualidade da madeira

A madeira de *Cunninghamia lanceolata* caracterizou-se por apresentar densidade básica inferior às que se obtêm para outras coníferas, como alguns *Pinus* e *Araucaria*, que atingem 0,4 g/cm³ à mesma idade. Uma menor densidade tem como efeitos negativos o maior custo de exploração por tonelada de madeira e o maior consumo de madeira por tonelada de celulose.

A madeira, embora jovem, já possuía um cerne bem caracterizado e com densidade maior em relação ao alburno. Como, em geral, a região central de uma tora de conífera é constituída de madeira juvenil de baixa densidade, pode-se concluir que ocorreu grande deposição de extrativos na formação deste cerne. Isso é comprovado pelo alto teor de extrativos da madeira.

Quanto ao modelo de variação da densidade básica da madeira ao longo da árvore, observou-se que a densidade diminuía até 75% da altura da árvore para depois aumentar novamente. Esse modelo é característico para muitas espécies. A razão é que a extremidade superior da árvore sustenta uma copa pesada e é rica em madeira de compressão.

A densidade básica da casca mostrou-se, como esperado, inferior à da madeira.

Quadro 10: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose kraft não-branqueada de *Cunninghamia lanceolata* (Cozimento n.º 1)

Tempo de refino	0	53	91	111	124
Grau de refino, °SR	14	24	35	45	53
Gramatura, g/m ²	63,9	59,5	55,4	60,9	57,3
Espessura, μ	187	156	132	133	129
Peso específico aparente, g/cm ³	0,342	0,381	0,420	0,458	0,444
Auto-ruptura, km	3,1	4,7	6,2	7,8	8,6
Fator de rasgo	183	168	154	142	132
Fator de estouro	14,0	40,1	49,4	54,3	58,8
Número de dobras duplas	16	94	721	1173	1152
Elongação	2,0	2,9	3,3	3,9	4,2
Alvura, °GE	26,9	25,0	25,2	24,8	24,8

Quadro 11: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose kraft não-branqueada de *Cunninghamia lanceolata* (Cozimento n.º 2)

Tempo de refino, min.	0	55	80	145	170
Grau de refino, °SR	16	24	36	44	56
Gramatura, g/m ²	58,9	58,8	58,3	62,0	59,2
Espessura, μ	162	124	124	128	123
Peso específico aparente g/cm ³	0,364	0,474	0,470	0,484	0,481
Auto-ruptura, km	3,2	4,8	6,3	7,5	8,4
Fator de rasgo	143	146	132	130	122
Fator de estouro	16,1	40,2	49,2	56,3	58,2
Número de dobras duplas	17	568	612	970	1093
Elongação, %	2,1	3,1	3,4	3,5	4,0
Alvura, °GE	29,0	27,7	27,4	27,1	26,9

Quadro 12: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose kraft não-branqueada de madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Cozimento n.º 3)

Tempo de refino, min.	0	32	100	137	178
Grau de refino, °SR	15	23	35	46	54
Gramatura, g/m ²	59,6	58,9	60,1	60,8	59,7
Espessura, μ	165	149	138	130	129
Peso específico aparente g/cm ³	0,361	0,395	0,436	0,468	0,463
Auto-ruptura, km	4,7	6,9	7,8	8,4	8,8
Fator de rasgo	204	145	130	128	120
Fator de estouro	18,8	45,7	56,3	58,8	60,4
Número de dobras duplas	32	400	1800	1987	2975
Elongação, %	2,2	3,6	4,0	4,1	4,2
Alvura, °GE	30,2	28,8	27,6	26,8	24,1

Quadro 13: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose kraft não-branqueada de madeira mais casca de *Cunninghamia lanceolata* (Cozimento n.º 4)

Tempo de refino, min.	0	34	97	141	181
Grau de refino, °SR	15	24	34	45	56
Gramatura, g/m ²	59,6	59,7	58,6	56,3	59,5
Espessura, μ	169	150	136	129	129
Peso específico aparente g/cm ³	0,352	0,398	0,431	0,414	0,461
Auto-ruptura, km	3,7	6,0	7,1	8,3	8,8
Fator de rasgo	161	172	151	128	128
Fator de estouro	17,1	45,2	52,3	55,0	59,4
Número de dobras duplas	25	290	1533	1592	2797
Elongação, %	2,2	3,5	4,0	4,0	4,1
Alvura, °GE	18,0	18,7	18,2	18,1	18,0

Os resultados para as propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose branqueada constam do quadro 14.

Quadro 14: Propriedades físico-mecânicas e óticas da celulose kraft branqueada de madeira de *Cunninghamia lanceolata* (Cozimento n.º 3)

Tempo de refino, min.	0	25	84	99	232
Grau de refino, °SR	16	25	35	46	54
Gramatura, g/m ²	61,8	63,7	61,5	60,1	59,7
Espessura, µ	142	135	124	116	109
Peso específico aparente g/cm ³	0,435	0,472	0,496	0,518	0,548
Auto-ruptura, km	4,8	7,1	7,7	8,2	8,5
Fator de rasgo	142	115	105	100	99
Fator de estouro	25,1	40,1	43,3	45,4	48,3
Número de dobras duplas	85	950	1780	2705	2955
Elongação, %	3,0	3,5	4,0	4,2	4,5
Alvura, °GE	89,0	87,1	85,9	84,0	83,1
Coefficiente de dispersão da luz, cm ² /g	551	365	340	335	300

O teor relativo de cerne diminuiu da base para o topo das árvores, enquanto o de alborno cresceu, atingindo 100% no último disco, a 100% de altura comercial das árvores.

As fibras de *Cunninghamia*, embora a espécie seja uma conífera, não se mostraram muito longas, tendo média de 2,14 mm.

A madeira caracterizou-se por altos teores de extrativos em álcool benzeno e de lignina.

5.3 Qualidade das celuloses

As celuloses de *Cunninghamia lanceolata* foram facilmente obtidas, sem dispêndios excessivos de produtos químicos. Mesmo no cozimento em que se deslignificou a madeira com casca não se utilizaram condições severas de temperatura, tempo ou carga química. Os rendimentos em celulose obtidos são normais para madeiras de coníferas, situando-se em torno de 45%. Os números kappa alcançados, entre 22 e 25 para celulose de madeira descascada, estão dentro da faixa do economicamente branqueável. Os correspondentes teores de rejeitos foram baixos, inferiores a 1%.

Já quando se usou madeira com casca, o teor de rejeitos subiu e o número kappa aumentou sobremaneira. Em todos os casos, a viscosidade da celulose não-branqueada foi próxima a 10 cps, o que é usual para celuloses kraft de fibras longas.

Detalhe interessante que se notou foi a persistência de um forte e agradável odor de extrativos na polpa não-branqueada. Este odor permaneceu por meses após a produção e armazenamento. Na análise química destas celuloses, observou-se o elevado teor de 3,4% de extrativos em álcool-benzeno.

O branqueamento da celulose n.º 3 exigiu relativamente pequeno teor de cloro ativo, cerca de 7,8% base celulose não-branqueada. Ao longo do branqueamento, ocorreu ligeira queda da viscosidade, o que, entretanto, não afetou significativamente as resistências da celulose branqueada. Ao final do branqueamento, alcançou-se a elevada alvura de 91,9 °GE e viscosidade de 8,4 cps. Aparentemente, os extrativos da polpa não-branqueada não tiveram interferência prejudicial ao branqueamento.

As propriedades físico-mecânicas desenvolvidas com o refino foram razoavelmente boas, especialmente as resistências ao rasgo e ao dobramento. A presença de casca não causou efeito negativo na qualidade da celulose não-branqueada, no que diz respeito às suas resistências.

A celulose branqueada apresentou uma redução de sua resistência ao rasgo. Por outro lado, o coeficiente de dispersão de luz foi surpreendentemente satisfatório para uma celulose branqueada de fibras longas.

6. CONCLUSÕES

Do exposto, é possível se concluir que a *Cunninghamia lanceolata* constitui-se em madeira de boa potencialidade para a produção de celulose kraft, sendo recomendado o seu uso sempre que as condições ecológicas recomendem a sua difusão pelo reflorestamento, ou quando apreciável volume de madeira for disponível.

7. BIBLIOGRAFIA

- GOLFARI, L. — Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento. Série Técnica n.º 3 Prodepef, 65 pp. 1975.
- GURGEL FILHO, O.A. — O comportamento florestal das coníferas exóticas. *Silvicultura em São Paulo*, 3 (3): 129 — 183, 1964.
- REIMANN, I. — Aspectos silviculturais e industriais na fabricação de papel e celulose. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 3 (3): 389 — 405, 1964.



O PAPEL



Único órgão oficial de divulgação de noticiário da
abcp - associação técnica brasileira de celulose e papel

De Utilidade Pública, pelo Decreto Nº 11091 de 12/1/78

NOVEMBRO/1978

índice

MENSAGEM: Garantia	pág. 3
PONTO DE VISTA: Desenvolvimento Tecnológico	pág. 3
TRABALHOS TÉCNICOS:	
Modernos conceitos de revestimento de cilindros para máquinas de papel	pág. 57
Influência da temperatura de armazenamento de cavacos de eucalipto na qualidade da madeira e da celulose kraft	pág. 73
Pequena monografia sobre produção de celulose de Gmelina arborea	pág. 81
Obtenção e utilização da cola de breu para fabricação de celulose	pág. 103
Coníferas exóticas aptas para a produção de celulose kraft	pág. 111
NOTICIÁRIO ABCP:	
Os cursos da Divisão de Ensino programados para 1979, os novos sócios da Associação, íntegra do discurso de um de nossos diretores no México, visita do diretor da FAO à ABCP	pág. 127
NOTICIÁRIO NACIONAL:	
Clarificação de efluentes na Papyrus, ampliação e modernização da C.F.F., livro de pesquisa sobre eucalipto, acordo salarial do setor de celulose e papel	pág. 140
NOTICIÁRIO INTERNACIONAL:	
A fábrica pré-fabricada da Götaverken, bons lucros no mercado norte-americano de celulose, expansão de indústria argentina	pág. 142
NORMA:	
Determinação da resistência da fibra de celulose à tração com afastamento zero "Zero Span"	pág. 147

Este número contém 154 páginas