

APROVEITAMENTO INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE CELU-
LOSE DE MADEIRAS DE EUCALYPTOS ADAPTADAS A REGIÕES
SUSCEPTÍVEIS À GEADA

L.E.G. Barrichele (*)
C.E.B. Foelkel (**)
H. B. Leite (***)

Piracicaba - São Paulo
B r a s i l

-
- (*) Professor Assistente Doutor do Departamento de Silvicultura -
Seção de Química, Celulose e Papel da ESALQ - USP.
- (**) Chefe do Departamento de Controle de Qualidade, Celulose Nipo-
Brasileira S.A.
- (***) Assistente do Co-Diretor do PRODEPEF.

APROVEITAMENTO INDUSTRIAL PARA A PRODUÇÃO DE CELULOSE DE MADEIRAS DE EUCALIPTOS ADAPTADOS A REGIÕES SUSCEPTÍVEIS A GEADA

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento da eucaliptocultura, de maneira efetiva e com padrões de crescimento economicamente satisfatório em regiões de ocorrência de geadas, tem sido problema constante dos florestadores e reflorestadores. No Brasil, na região sul, compreendida pelos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os plantios com algumas espécies de eucalipto têm se mostrado totalmente inviáveis, face à sensibilidade elevada desse vegetal a condições climáticas caracterizadas por períodos de frio intenso, intercalados a períodos em que existem condições para o desenvolvimento vegetativo das plantas. No entanto, o grande número de espécies e procedências que o gênero Eucalyptus apresenta em sua vasta área de ocorrência natural possibilita selecionar material desejável à continuidade do programa de pesquisas com vistas à resistência ao frio.

A utilização de folhosas na produção de celulose de fibras curtas atingiu um desenvolvimento tecnológico bastante satisfatório. Esse aspecto é muito importante, uma vez que, a produtividade florestal de fibra curta é significativamente maior, com rotações mais curtas e com menores custos de implantação e manejo.

Atualmente, as indústrias de celulose do sul do Brasil, quando necessitam de fibras curtas, têm utilizado normalmente, material proveniente de espécies nativas regionais de baixa produtividade florestal e bastante desuniformes em termos de qualidade. Acresce-se também, o fato da necessidade de se preservar, a custos elevadíssimos de ocupação de solo, as pequenas áreas com plantas nativas ainda remanescentes, que deverão representar papel muito importante no equilíbrio biológico das regiões onde os maciços de florestas implantadas estão se desenvolvendo. A manutenção dessas áreas só será garantida, a longo prazo, desde que seja conseguida uma matéria-prima de fibra curta substitutiva e com melhores qualidades.

Desde 1971, o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, juntamente com o Departamento de Silvicultura da IAPTA e em convenio com várias empresas localizadas no sul do Brasil, vem desenvolvendo extenso programa de pesquisa, visando determinar as espécies/procedências indicadas a essa região, as técnicas silviculturais adequadas e, principalmente, a produção de sementes melhoradas, que possam servir comercialmente a todos os interessados. Tal programa tem recebido importante colaboração de organismos internacionais de pesquisa destacando-se principalmente, o F.F.B. (Forestry Research Bureau - Austrália), que tem enviado todo o material, devidamente selecionado e cadastrado para os ensaios de campo.

De acordo com os dados obtidos até o momento, os resultados iniciais do programa, embora tenham comprovado a impossibilidade de se utilizar determinadas espécies, revelaram o bom comportamento esperado do E. viminalis. A continuidade do programa nos anos subsequentes, tem mostrado também, que novas espécies/procedências com elevados índices anuais de crescimento em altura e diâmetro, aliados à excelente resistência a geadas, têm despertado, o que deverá assegurar ainda mais a viabilidade técnica e econômica da eucaliptocultura

ra, as regiões de ocorrência de geadas. Os últimos resultados apresentaram destaque especial às espécies E.dunnii e E.deanei.

O presente trabalho teve como objetivo a produção, em laboratório, de celulose sulfato de madeiras de Eucalyptus viminalis, E.dunnii e E.deanei. Como referência foi empregado o E. grandis, por ser uma das espécies de generalizada aceitação na indústria de celulose nacional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Eucalyptus viminalis é uma espécie cuja madeira tem sido pouco estudada para a produção de celulose. Algumas referências podem ser encontradas em revistas especializadas australianas, comentando ser a espécie utilizada para tal fim naquele país (1, 2, 3). Outros países, como a África do Sul (4), Itália (5,6) e Espanha (7) também a utilizam especialmente em regiões de alta incidência de geadas ou de frio mais intenso.

Por outro lado para o E.dunnii e E.deanei não foi encontrada nenhuma citação na literatura disponível.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

As madeiras das espécies de eucalipto, empregadas no presente trabalho, idades e locais de ocorrência são apresentados no quadro I.

Quadro I - Espécies, idades e locais de ocorrências das espécies em saídas.

Espécies	Idade(anos)	Local de Ocorrência
<u>Eucalyptus grandis</u>	05	Monte Alegre - PR
<u>Eucalyptus viminalis</u>	11	Três Barras - SC
<u>Eucalyptus dunnii</u>	05	Monte Alegre - PR
<u>Eucalyptus deanei</u>	07	Monte Alegre - PR

3.2. Métodos

3.2.1. Densidade básica das madeiras

Para a determinação da densidade básica das madeiras foi empregado o método do máximo teor de umidade (8).

3.2.2. Dimensões das fibras

Após maceração das amostras de madeiras, foram montadas lâminas para as mensurações das seguintes dimensões das fibras: comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura das paredes. A seguir, foram determinadas as seguintes relações entre as dimensões das fibras: índice de Kunkel, índice de enfiamento, fração parede e coeficiente de flexibilidade.

3.2.3. Análises químicas das madeiras

A composição química das amostras de madeira foi determinada através das análises apresentadas no Quadro II.

Quadro II - Composição química quantitativa das madeiras

Análise química	Método
Solubilidade em:	
- água quente	ABCPM-14/68
- álcool-benzeno	ABCPM-16/68
- NaOH 1%	ABCPM-15/68
Teores de:	
- celulose	ABCPM-19/71
- lignina	ABCPM-10/71
- cinzas	TAPPI-T15 m-58

ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry

3.2.4. Produção de celulose

Para a obtenção de celulose foi empregado o processo sulfato. O número e esquemas dos cozimentos efetuados são apresentados no quadro III.

Quadro III - Esquemas dos cozimentos sulfato

	Espécies					
	<u>E. grandia</u>	<u>E. viminalis</u>	<u>E. dunnii</u>		<u>E. deanei</u>	
Número dos cozimentos	1	1	2	1	2	1
Alcali ativo (% Na ₂ O)	13	12	14	13	12	13
Sulfidez (%)	25	25	25	25	25	25
Relação Licor-Madeira (l/kg)	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Temperatura máxima (°C)	170	170	170	170	170	170
Tempo até temp. máxima (min.)	135	120	120	135	120	135
Tempo à temp. máxima (min.)	30	30	30	30	30	30
Conc. inicial de Na ₂ O Ativo (g/l)	32,5	30,0	35,0	32,5	30,0	32,5

As celuloses obtidas foram lavadas e depuradas. Foram determinados rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato.

3.2.5. Refinação, formação de folhas e ensaios físico-mecânicos das celuloses

As amostras de celuloses foram refinadas em moinho cen trifugal Sokro a 6 tempos de moagem e consistência de 6%. A seguir, foram preparadas folhas de gramatura de aproximadamente 62 g/m² em formador e secador tipo Noethen Rapid.

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados e calcula dos segundo a norma TAPPI T-220 m-60 em ambiente climatizado e padroni zado para temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 2%.

As seguintes propriedades das celuloses foram ensaiadas:

- a) tempo de moagem, expresso em minutos (min.)
- b) grau de moagem, expresso em graus Schopper-Kiegler (SKR)
- c) resistência à tração, expressa em comprimento de auto-ruptura, em metros (m)
- d) resistência ao arrebentamento, expresso pelo índice de arrebentamento
- e) resistência ao rasgo, expresso pelo índice de rasgo
- f) espessura, expressa em milímetros (mm)
- g) peso específico aparente, expresso em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3)
- h) volume específico aparente, expresso em centímetros cúbicos por grama (cm^3/g)

4. RESULTADOS

4.1. Densidade básica das madeiras

Os resultados encontrados para densidade básica são apresentados no quadro IV.

Quadro IV - Densidade básica das madeiras

Espécies	Densidade Básica (g/cm^3)
<u>E. grandis</u>	0,470
<u>E. visinalia</u>	0,512
<u>E. dunnii</u>	0,486
<u>E. deanei</u>	0,513

4.2. Dimensões das fibras e suas relações

Os resultados das mensurações das fibras, médias de 50 fibras por espécie, aparecem no quadro V.

Quadro V - Dimensões médias das fibras

Espécies	Comprimento da fibra (mm)	Largura da fibra (u)	Diâmetro do lúmen (u)	Espessura da parede (u)
<u>E. grandis</u>	1,03	20,5	10,3	5,1
<u>E. visinalia</u>	1,13	16,8	10,1	3,4
<u>E. dunnii</u>	1,12	18,9	8,9	5,0
<u>E. deanei</u>	0,95	18,0	9,0	4,5

As principais relações entre as dimensões das fibras são mostradas no quadro VI.

Quadro VI - relações entre as dimensões das fibras

Espécies	Índice de Kunkel	Índice de Enfoltramento	Fração Parede	Coefficiente de Flexibilidade
<u>E. grandis</u> ..	0,986	50	50	50
<u>E. visinalia</u>	0,764	45	40	60
<u>E. dunnii</u>	1,117	59	53	47
<u>E. deanei</u>	0,992	52	50	50

4.3. Análises químicas das madeiras

Os resultados das determinações das composições químicas das madeiras são apresentados no Quadro VII. Cada resultado representa a média de duas determinações feitas em papakeles.

Quadro VII - Composição química quantitativa das madeiras (%)

Análise química	Espécies			
	<u>E.grandis</u>	<u>E.viminalis</u>	<u>E.dunnii</u>	<u>E.deanei</u>
Solubilidade em:				
- água quente	1,2	3,8	1,8	1,6
- álcool-benzeno	1,8	1,6	1,6	1,4
- NaOH 1%	10,6	12,2	12,6	12,6
Teor de:				
- celulose	56,4	52,4	56,3	53,8
- lignina	27,0	23,2	22,6	26,8
- cinzas	0,4	0,3	0,5	0,4

4.4. Rendimentos, teores de rejeitos e números de permanganato

Os resultados para rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato das celuloses obtidas aparecem no Quadro VIII.

Quadro VIII - Rendimentos (%), teores de rejeitos (%) e números de permanganato das celuloses.

espécie	<u>E.grandis</u>	<u>E.viminalis</u>	<u>E.dunnii</u>	<u>E.deanei</u>
Número do cozimento	1	1	2	1
Rendimento bruto	51,4	50,4	48,9	53,7
Rendimento depurado	51,2	49,4	48,7	52,8
Teor de rejeitos	0,2	1,0	0,2	0,9
Nº de KMnO ₄	14,0	16,1	12,1	12,0

4.5. Propriedades físico-mecânicas das celuloses

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos das celuloses são apresentados nos quadros IX a XIV.

Para as propriedades de resistência à tração, arrebentamento e rasgo, os valores foram interpolados para 30, 45 e 60°C. Os resultados obtidos são mostrados nos quadros XV a XVII.

quadro Ia - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus grandis.

Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Tempo de moagem	12	21	30	40	58	70
Resistência à tração	2626	6312	6595	7091	7444	8046
Resistência ao arrebentamento	9,7	40,9	50,0	55,1	59,3	63,8
Resistência ao rasgo	45	120	153	134	146	143
Espessura	0,148	0,120	0,114	0,110	0,105	0,100
Peso específico aparente	0,429	0,526	0,545	0,562	0,580	0,602
Volume específico aparente	2,33	1,90	1,84	1,78	1,73	1,66

quadro X - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus viminalis (cozimento nº 1).

Tempo de moagem	0	30	60	90	120	180
Tempo de moagem	15	28	36	44	60	78
Resistência à tração	3187	8598	8143	9316	11220	10920
Resistência ao arrebentamento	11,6	62,1	66,8	76,4	80,3	79,2
Resistência ao rasgo	68	114	115	109	106	112
Espessura	0,141	0,096	0,095	0,092	0,086	0,079
Peso específico aparente	0,454	0,640	0,656	0,692	0,710	0,746
Volume específico aparente	2,20	1,56	1,52	1,44	1,41	1,34

quadro XI - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus viminalis (cozimento nº 2)

Tempo de moagem	0	30	60	90	120	180
Tempo de moagem	16	24	33	45	55	78
Resistência à tração	3560	8900	8499	9712	9027	8258
Resistência ao arrebentamento	14,6	61,5	61,3	58,5	55,5	54,1
Resistência ao rasgo	58	141	109	116	103	102
Espessura	0,138	0,097	0,094	0,090	0,089	0,081
Peso específico aparente	0,469	0,640	0,677	0,655	0,673	0,736
Volume específico aparente	2,13	1,56	1,48	1,53	1,48	1,36

quadro XII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus dunii (cozimento nº 1)

Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Tempo de moagem	14	24	30	35	63	76
Resistência à tração	3359	7460	7779	8263	8750	5525
Resistência ao arrebentamento	7,1	59,7	65,1	69,4	75,4	79,1
Resistência ao rasgo	60	138	160	171	153	140
Espessura	0,146	0,114	0,112	0,109	0,098	0,092
Peso específico aparente	0,448	0,550	0,571	0,578	0,627	0,655
Volume específico aparente	2,33	1,82	1,86	1,87	1,66	1,62

Quadro XIII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus dun-
ni (cozimento nº 2)

Tempo de moagem	0	30	37,5	45	60
Grau de moagem	10	32	40	52	63
Resistência à tração	2215	8091	9153	9959	10027
Resistência ao arrebentamento	10,7	67,9	78,2	83,5	91,9
Resistência ao rasgo	72	183	157	153	145
Espessura	0,149	0,109	0,103	0,101	0,096
Peso específico aparente	0,432	0,557	0,593	0,599	0,641
Volume específico aparente	2,31	1,80	1,69	1,67	1,56

Quadro XIV - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus dea-
nei

Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Grau de moagem	14	24	34	51	62	79
Resistência à tração	3055	8066	8618	8422	8990	9443
Resistência ao arrebenta- mento	15,1	64,9	72,8	74,9	82,4	80,6
Resistência ao rasgo	70	135	147	132	128	123
Espessura	0,142	0,113	0,107	0,103	0,099	0,092
Peso específico aparente	0,433	0,543	0,569	0,595	0,607	0,651
Volume específico aparen- te	2,32	1,85	1,76	1,69	1,65	1,54

Quadro XV - Resistência à tração, arrebentamento e rasgo a 300SR

Espécie	<u>E.grandis</u>	<u>E.viminalis</u>	<u>E.dunnii</u>	<u>E.deanei</u>
Cozimento nº	1	1	2	1
Resistência à tração	6595	8687	9020	7779
Resistência ao arrebenta- mento	50,0	63,3	61,4	65,1
Resistência ao rasgo	153	114	120	160

Quadro XVI - Resistência à tração, arrebentamento e rasgo a 450SR

Espécie	<u>E.grandis</u>	<u>E.viminalis</u>	<u>E.dunnii</u>	<u>E.deanei</u>
Cozimento nº	1	1	2	1
Resistência à tração	7189	9320	9712	8436
Resistência ao arrebenta- mento	56,3	77,0	58,5	71,5
Resistência ao rasgo	149	108	116	164

Quadro XVII - Resistência à tração, arrebentamento e rasgo a 600SR

Espécie	<u>E.grandis</u>	<u>E.viminalis</u>	<u>E.dunnii</u>	<u>E.deanei</u>
Cozimento nº	1	1	2	1
Resistência à tração	7544	11220	8900	8700
Resistência ao arrebenta- mento	60,0	80,3	55,0	74,2
Resistência ao rasgo	145	106	103	149

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

5.1. A madeira de Eucalyptus viminalis apresentou os menores rendimentos em celulose entre as espécies ensaiadas, confirmando o menor teor de celulose Cross & Bevan encontrado na análise química da madeira.

Em termos de resistências físico-mecânicas, a celulose do E.viminalis foi inferior a todos ~~os outros~~ no que diz respeito a resistência ao rasgo.

Para esta espécie, recomenda-se outros ensaios com madeiras de idades compreendidas entre 5 a 7 anos.

5.2. O E.dunnii quando comparado com o E.grandis, ambos de mesma idade, mostrou uma densidade básica da madeira similar e se destacou por possuir maior comprimento de fibra.

As composições químicas de ambos são bastante similares com exceção do teor de lignina que é relativamente inferior no E.dunnii. Tal fato se reflete no cosimento em que, condições idênticas produzem uma celulose mais deslignificada para este último.

O E.dunnii se destaca sobremaneira por produzir uma celulose de excepcionais resistências ao rasgo. As resistências à tração e ao arrebatamento são superiores àquelas obtidas utilizando-se o E.grandis e semelhantes às conseguidas com celulose do E.deanei.

5.3. O E.deanei apresenta densidade mais elevada, talvez pelo fato da amostra analisada ser proveniente de árvores de 7 anos de idade. Todavia, o comprimento de fibra se mostrou menor que os das demais espécies ensaiadas.

O rendimento depurado se assemelhou ao obtido para E.grandis sob praticamente mesmo grau de deslignificação.

As resistências físico-mecânicas se mostraram superiores àquelas obtidas de celulose do E.grandis com exceção da resistência ao rasgo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Jeffreys, R.B. - The World's Paper Trade Review
142(22):1825-1844;
142(23):1890-1896 (1954)
2. Dadswell, H.L. e Stewart, C.K. - CSIRO Division of Forest Products Technological Paper nº 17 (1962)
3. Cohen, S.S. e A.W.Hackney - Australian Pulp & Paper Ind. Tech. Assoc. Proc. 5, 315-35 (1951)
4. Lyburgh, H.H. - Appita 21(2):49-53 (1967)

5. Watson, A.J. e Cohen, W.E. - Appita 22(4):xvii-xxxii (1969)
6. Bosia, A.; C. Di Lorenzo; D. Durante e L. Ciarelli - Celulosa Carta 16(9):7-27 (1965).
7. Barbadillo, P. - Appita 21(2):27-39(1967)
8. Foelkel, C.H.B.; N.A.M. Brasil e L.E.G. Barrichelo - IPAF(2/3): 64-65 (1971).