

REFERENCES

1. Numan, Sheeth Naum, The suitability of date palm fronds for the manufacture of paper pulp. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. (Unpublished report).
2. Ezzat Sami, 1974, Cellulose. Chem. Technol. 8, 627.
3. Guha, S.R.D., Sharma, Y.K., Karira, D.G., 1973, Indian Forester, 99, 609.
4. Macdonald, R.G., 1969, Pulp and paper manufacture, Vol. I, McGraw Hill Book Company, p. 12.

POSSIBILIDADES DO EMPREGO DE EUCALIPTOS JOVENS NA PRODUÇÃO DE POLPA KRAFT

Foelkel, C.E.B.*
Zvinakevicius, C.**
Kato, J.**
Milanez, A.F.*

*Rioceil - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul, Guaíba, Brasil
**Cenibra - Celulose Nipo Brasileira S.A. Belo Oriente, Brasil

0. Introdução

A produção de celulose kraft branqueada de eucalipto no Brasil alcançou notável desenvolvimento e há firmes perspectivas de que continue a se ampliar. Por outro lado, com a crise mundial de energia, iniciada há cerca de uma década, a madeira do eucalipto passou a ser considerada potencial para suprir parte da demanda energética interna. Paralelamente à implantação de florestas de eucalipto para uso em indústrias de conversão, como produção de celulose, passaram-se a implantar, também, as chamadas florestas energéticas. Estudos têm mostrado, que a forma de se implantar tais povoamentos difere da convencional. Como para a produção da madeira energia interessa o máximo rendimento em biomassa, os plantios tendem a ser realizados a espaçamentos mais apertados e o corte deve ser executado a idades mais jovens.

Os múltiplos usos, que a madeira do eucalipto vem conquistando, associados ao encarecimento gradativo, que a terra para agricultura/reflorestamento tem alcançado, reavivaram uma antiga questão: seria possível se utilizar o eucalipto jovem, com idades inferiores a cinco anos, para produção de celulose?

Existem bem definidas três correntes de opiniões a cerca da melhor idade de aproveitamento do eucalipto, principalmente para as espécies Eucalyptus grandis e E. saligna, para produção de celulose:

a) a idade ideal seria aquela em que o eucalipto, plantado a espaçamentos de 4 a 6 m² por planta, vem sendo normalmente explorado no país, ou seja, entre 7 a 9 anos;

b) a idade mais aconselhada em algumas áreas, poderia ocorrer entre 9 a 11 anos, pois nessa faixa de idade ocorre um máximo no incremento volumétrico anual, além da densidade de aumentar e da forma da árvore tornar-se mais cilíndrica, com maior fator de forma;

Trabajo presentado al II Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel, celebrado en Torremolinos, Málaga, España, del 22 al 26 de junio de 1981.

c) idades economicamente interessantes seriam as mais jovens possíveis, pois com isso se alcançaria um retorno mais rápido do investimento e se ocuparia uma área de terra cara, por menos tempo, pois o período de "ociosidade" da terra, enquanto as árvores crescem, seria menor.

Quanto ao primeiro tipo de opinião, não existem dúvidas de sua boa validade, pois além da sua aceitação, oferece a garantia segura de celuloses de excelentes qualidades e a bons rendimentos. Ensaios vêm sendo realizados também, visando verificar as vantagens e desvantagens de se retardar o ciclo de exploração do eucalipto para produção de celulose, e, brevemente, os resultados serão trazidos à literatura especializada.

O presente estudo visava analisar as possibilidades técnicas de se utilizar eucaliptos a idades jovens, correspondendo então a uma contribuição para se esclarecer o terceiro tipo de opiniões quanto à melhor época de se explorar o eucalipto. A espécie escolhida para o teste foi o Eucalyptus grandis, uma das mais comerciais plantadas no Brasil para a finalidade de conversão a celulose.

1. Metodologia

Em uma plantação de Eucalyptus grandis, localizada em Belo Oriente, Minas Gerais, Brasil, retiraram-se, anualmente, amostras de madeira para a avaliação, em função da idade, do comportamento da espécie para produção de celulose. As árvores amostradas possuíam 1, 2, 3 e 4 anos de idade. A cada ano, retiravam-se duas árvores representativas do desenvolvimento médio do povoamento para a idade. Sobre elas, de uma forma padronizada, realizavam-se determinações anatômicas, químicas, físicas e de habilidade para conversão a celulose kraft. As celuloses obtidas eram avaliadas quanto sua qualidade.

2. Resultados e discussão

2.1. Propriedades da madeira

Os resultados para as principais propriedades, que definem a qualidade da madeira para produção de celulose, estão relatados no Quadro I.

Os dados revelaram uma característica, que é muito mais típica do Eucalyptus grandis, principalmente daqueles oriundos de sementes importadas da Austrália e Rodésia, como é o caso do material dessa pesquisa, do que dos outros eucaliptos comerciais brasileiros: é a sua relativamente baixa densidade básica. Notou-se, inclusive, que a densidade aumentava muito pouco com a idade, alcançando no material com 4 anos, o valor médio de 0,425 g/cm³, quando o ideal, para fins de consumo específico, seriam valores entre 0,50 a 0,60 g/cm³.

O aumento da densidade básica para o E. grandis nessa faixa de idade, não se deveu a um aumento da espessura da parede celular, pois essa, inclusive, decresceu ligeiramente. É possível, que a densidade tenha aumentado pelo aumento da

proporção de fibras em relação a células de parênquima e vasos.

Algumas tendências importantes para melhoria da qualidade da madeira para celulose foram notadas, como por exemplo, o aumento, com a idade, do comprimento da fibra e as diminuições dos teores de lignina, cinzas e extrativos em NaOH 1% e álcool/benzeno. Notou-se, também, uma diminuição do teor de pentosanas, o que leva a suposição, de que, com o envelhecimento da árvore, na faixa estudada, deve ter aumentado o teor de celulose da madeira.

As mais significativas variações nas características médias das fibras ocorreram na passagem do terceiro para o quarto ano de idade do material. Praticamente, no quarto ano, as fibras atingiram a média considerada normal para comprimento e se alcançaram valores razoáveis para índice de enfilamento e coeficiente de flexibilidade e uma notável relação comprimento/espessura da parede.

2.2. Produção de celulose kraft

Cavacos classificados, obtidos em picador industrial, a partir de madeira com e sem casca, foram utilizados para cozimentos. Em geral, a casca representava cerca de 10% do peso total da árvore.

As condições e resultados médios dos cozimentos constam no Quadro II.

Todos os materiais foram facilmente convertidos a polpa pelo processo kraft. Foram encontradas dificuldades ligeiras nos cozimentos de material com casca, conforme atestam os maiores teores de rejeitos para esses casos. O fenômeno era mais pronunciado nas idades mais jovens (1 a 2 anos), porque nessas idades o teor relativo de casca era maior.

De uma forma geral, os resultados dos polpeamentos podem ser considerados normais para o E. grandis. Entretanto, o consumo específico de madeira por tonelada de celulose moída trava-se acima do usual, pois quando se produz celulose industrialmente a partir de madeiras mais velhas (7 a 9 anos) para a mesma espécie, costuma-se consumir 3,4 a 3,6 m³ sólidos/tonelada a.d. de celulose não-branqueada.

2.3. Branqueamento das celuloses

O objetivo do branqueamento era se atingir alta e estável alvura. Para isso, lançou-se mão da sequência CE₁HD₁E₂D₂, por se tratar de uma sequência convencional de relativo sucesso no branqueamento de polpa kraft de eucalipto.

Os resultados médios dos branqueamentos estão relatados no Quadro III.

Em todos os casos, o branqueamento da celulose foi fácil e resultou em polpas com alvuras acima de 91% e viscosidades entre 12,3 a 20,3 cP. A estabilidade da alvura resultou muito boa, com números de cor posterior entre 0,39 a 0,76.

De acordo com a idade do material ensaiado, notaram-se diferenças significativas na facilidade de branqueamento das polpas. O aumento da idade da madeira, na faixa de 1 a 4 anos, resultava em uma maior facilidade de branqueamento

das polpas, com menores consumos de produtos químicos e, com comitadamente, com maiores alvuras finais, a níveis similares de viscosidade em etilenodiamina cúprica. Lembrar, que as madeiras mais jovens eram mais ricas em lignina e pentosanas e, presumivelmente, mais pobres em celulose. Possivelmente, essa razão, bem como a própria distribuição da lignina na parede celular, devem explicar a maior facilidade de se branquear as polpas obtidas de madeiras com 3 a 4 anos.

2.4. Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses

As celuloses, quer na forma não-branqueada, como branqueada, foram submetidas ao refino em moinho PFI e ensaiadas de acordo com o método TAPPI T220. Os resultados dos ensaios foram comparados ao grau de refino de 280 ml de CSF (Canadian Standard Freeess), que para polpas de eucalipto correspondem a 37^o Schopper Riegler.

Os resultados estão relatados nos Quadros IV e V.

Observou-se, que as resistências das celuloses mantiveram-se em um nível apenas regular naquelas obtidas de madeiras de 1 e 2 anos de idade. Entretanto, resultados excelentes foram alcançados para as celuloses de madeiras de 3 a 4 anos, principalmente para as propriedades, que dependem da ligação entre fibras, como as resistências ao estouro, à tração e ao dobramento. Por outro lado, a resistência ao rasgo das celuloses mostrava-se ligeiramente inferior aos valores usualmente encontrados para celuloses comerciais, mas ainda assim, dentro de valores perfeitamente aceitáveis pela indústria papelreira.

As celuloses do *E. grandis* jovens refinavam-se facilmente, dando origem a folhas densas, mas ainda assim, com boa opacidade, conforme atestam os valores do coeficiente de dispersão de luz.

A presença de casca junto a madeira não se refletia em alterações sensíveis de resistência, colaborando, às vezes, para uma melhoria de algumas propriedades. Uma vantagem adicional, além das vantagens práticas do uso da madeira com casca, referia-se a significativamente maior velocidade de refino dessas celuloses.

3. Considerações finais

Os bons resultados encontrados no polpeamento de madeiras com e sem casca de *Eucalyptus grandis* com 3 e 4 anos permitem concluir da sua viabilidade técnica para produção de celulose kraft. Frente aos melhores resultados encontrados para a madeira com 4 anos, sugere-se considerar essa idade como mais interessante, quando o propósito for o de encurtar o ciclo de exploração do eucalipto, nas condições predominantes para a espécie no Brasil. É mesmo possível, que a principal vantagem encontrada para o uso das madeiras jovens, no caso, o mais alto consumo específico de madeira por tonelada de celulose, possa vir a ser minimizado se a idade de exploração se atrasar por mais um ano, ou seja, para ciclos de 5 anos. Uma complementação desse estudo está em andamento para avaliação de madeiras do mesmo povoamento aos 5 anos de idade.

Baseando-se no fato de que a idade de 4 anos fornece madeiras aptas para virem a ser convertidas com sucesso a celulose kraft por procedimentos industriais, decidiu-se realizar um levantamento dendrométrico da plantação nessa idade.

No campo experimental de onde se retiravam as amostras anuais, demarcou-se uma área, que continha 93 árvores. O espaçamento original de plantio era de 3 x 2 metros. Por um criterioso levantamento dendrométrico, chegaram-se às seguintes medidas médias para o povoamento:

- Altura média total	:	15,50 m
- Altura média comercial (atê 7 cm de diâmetro)	:	12,50 m
- DAP médio	:	11,21 cm
- Volume cilíndrico comercial médio por árvore	:	0,12337 m ³
- Volume real comercial médio por árvore (fator de forma adotado igual a 0,55)	:	0,06785 m ³
- Volume real comercial de madeira com casca por hectare (taxa de sobrevivência igual a 90%)	:	101,79 m ³
- Volume real comercial de madeira sem casca por hectare (teor de casca igual a 20% base volume)	:	81,44 m ³
- Incremento médio anual de madeira comercial sem casca (m ³ /ha/ano)	:	20,36 m ³ /ha/ano

Com esse incremento mantido, se o povoamento fosse explorado aos 8 anos, obter-se-iam cerca de 163 m³ de madeira sólida, que equivalem a cerca de 250 metros cúbicos estéreos.

Se o ciclo fosse encurtado de 8 para 4 anos, o objetivo ideal seria a obtenção dos mesmos 250 estéreos no corte raso aos 4 anos, para manter a fábrica de celulose operando normalmente com a metade da área plantada com florestas. Isso significa, que o rendimento volumétrico de madeira por hectare deve dobrar para manter a mesma taxa de produção, ou seja, deve passar a 40,75 m³/ha/ano.

Desde que seja possível se conseguir, por técnicas especiais de manejo e melhoramento florestal, os mesmos DAP e alturas médias obtidos no caso dessa pesquisa, significa a necessidade de se ter que plantar o dobro de árvores por hectare. O espaçamento de 3 x 1 m talvez viesse a ser o mais interessante do ponto de vista de operacionalidade florestal.

Certamente, os resultados das pesquisas, que vêm sendo conduzidas no Brasil, para produção de biomassa energética a partir das florestas de eucaliptos, deverão responder quais as condições ideais de plantio para máxima produtividade.

O importante é que existe potencial para conversão a celulose kraft de madeiras de *E. grandis* jovens, principalmente a partir de 4 anos de idade.

É certo, que resultados tão ou mais promissores poderão vir a ser alcançados com espécies, que reconhecidamente possuem densidade básica maior que o *E. grandis*, como é o caso do *E. saligna* e *E. urophylla*. Com isso, o inconveniente do maior consumo específico de madeira poderá ser atenuado.

A exploração para celulose de povoamentos jovens, em idades a partir de 4 anos, é mais uma vantagem, que essa maravilhosa essência florestal, que é o eucalipto, coloca à disposição do setor celulósico brasileiro.

QUADRO I: Propriedades da madeira do *E. grandis*

Propriedade	Idade (anos)				Unidade
	1	2	3	4	
Densidade básica	0,372	0,392	0,400	0,425	g/cm ³
Fibras					
- comprimento	0,654	0,670	0,698	0,970	mm
- largura	15,20	16,53	16,94	13,88	μ
- lúmen	9,40	10,72	10,26	9,29	μ
- espessura da parede	2,90	2,90	2,50	2,26	μ
Relações entre dimensões das fibras					
- índice de Runkel	0,617	0,542	0,487	0,486	-
- índice de enfieltramento	43,0	40,5	41,2	69,7	-
- coeficiente de flexibilidade	61,8	64,8	60,6	70,0	%
- fração parede	38,2	35,1	39,4	32,6	%
- relação de Mulsteph	0,618	0,579	0,633	0,552	-
- número de Boiler	0,447	0,408	0,463	0,381	-
- comprimento/espessura	225	231	209	429	-
Vasos					
- comprimento	0,283	0,267	0,241	0,313	mm
- largura	0,078	0,062	0,116	0,134	mm
Composição química					
- lignina	28,7	27,1	26,1	25,7	%
- pentosanas	17,4	14,8	15,6	14,6	%
- cinzas	0,87	1,35	0,65	0,61	%
- extrativos em água quente	1,82	3,04	2,85	1,26	%
- extrativos em álcool/benzeno	1,70	1,28	1,15	1,01	%
- extrativos em NaOH 1%	16,7	16,1	15,8	10,8	%

QUADRO V: Propriedades físico-mecânicas e ótica das celuloses branqueadas (a 280 ml CSF)

Propriedades	Idade (anos)			
	1	2	3	4
Nº de revoluções do PFI	sem casca	sem casca	sem casca	sem casca
	com casca	com casca	com casca	com casca
Auto-ruptura, km	7500	4500	8500	7550
	6,2	6,1	8,8	8,9
Elongação, %	3,8	3,9	4,5	4,0
	69	72	81	74
Fator de estouro	69	72	81	74
	75	93	94	104
Fator de rasgo	75	93	94	104
	1190	578	727	378
Dobras duplas, MIT	1190	578	727	378
	0,75	0,72	0,75	0,70
Densidade, g/cm ³	0,75	0,72	0,75	0,70
	360	420	336	379
Coeficiente de dispersão de luz, cm ² /g	360	420	336	379
	0,66	0,66	0,66	0,69

QUADRO IV: Propriedades físico-mecânicas das celuloses não-branqueadas (a 280 ml CSF)

Propriedades	Idade (anos)			
	1	2	3	4
Nº de revoluções do PFI	sem casca	sem casca	sem casca	sem casca
	com casca	com casca	com casca	com casca
Auto-ruptura, km	3500	2500	-	6650
	7,1	8,7	7,5	9,4
Elongação, %	3,9	4,9	3,6	3,2
	48	69	54	93
Fator de estouro	48	69	54	93
	88	80	100	93
Fator de rasgo	88	80	100	93
	1690	588	72	1142
Dobras duplas, MIT	1690	588	72	1142
	0,76	0,67	0,58	0,73
Densidade, g/cm ³	0,76	0,67	0,58	0,73
	0,66	0,66	0,66	0,66

Sección Técnica nº 2, PASTAS

29. Influence of prehydrolysis on the alkaline pulping characteristics of mid-rib including frond of date palm leaves: A potential source of pulp and paper. SABHARWAL, H.S., KASHMOULA, T., ZEDAN K.M., RAHMAN, S.A. y ABBAS, R.F.	5
30. Possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft. FOELKEL, C.E.B., ZVINAKEVICIUS, C., KATO, J. y MILANEZ, A.F.	15
31. Aptitud para el pulpado de salicáceas y eucaliptos argentinos. GARONE, M.J., VELEZ, H.E., CASA BONA, A.M., CASAL, O.F. y TACCONI, R.A.	27
32. Utilização da fibra de eucalipto na produção de kraftliner. TORRES MATOS, I. y CASTRO AMARAL, J.L.	43
33. Polpação kraft de eucalyptus saligna. BUGAJER, S., LIMA, A.F. y PINHO, M.R.R.	55
34. Utilização do eucalipto globulus no fabrico de pastas químico-mecánicas. RIBEIRO, R. y GONZALEZ QUEIROZ	65
35. Los procesos de delignificación no convencionales. XUCLA BAS, A.	73
36. Efectos de la adición de antraquinona en procesos a la soda y kraft, usando madera de pino in signe. PAZ PEÑA, J. y RUEDA MUÑOZ, F.	83
37. Puesta a punto de las técnicas de utilización industrial de antraquinona en tres fábricas de pasta kraft. REINOSO, E., IGLESIAS, F. y SANCHEZ F.	97
38. Estudio de optimización del pulpeo a la sosa-antraquinona de paja de trigo. CARBALLIDO, C.J.	113
39. Investigación del comportamiento fluorescente de los licores kraft-antraquinona. PERFECTO-SEGOVIANO, I.	127
40. Adición de compuestos aromáticos en pastas de altos rendimientos. DELGADO FALCON, D.A. y BERA SATEGUI LARDIZABAL, M.I.	141
41. Primer proceso de pasta TMP/CTMP para el mercado en España. TILA, L. y GONZALEZ SARAGUETA, A.	149
42. Thermo-mechanical pulping technology. GUSTAFSSON, H.	161
43. Kraft type pulps by a new pulping process without reduced sulphur alcaper process. CHAUDENS, C. de, LACHENAL, D., MONZIE, P., MONDIET, P. y BOURSON, L.	171

RIO GRANDE - CIA. DE CELULOSE DO SUL
 Central de Informação e Documentação
 BIBLIOTECA
 N.º 1828 | Data: 13.9.82

44. Fábricas de pasta y papel de pequeña capacidad para países en vías de desarrollo. WESTERN, A.	185
45. Use of non-metals in new and used pulp washers. PASCALE, J.A.	201
46. Aceros inoxidables. Tipos, características y empleo en la fabricación de pasta y papel. RODRIGUEZ GONZALEZ, A.	211
47. Chemi-mechanical pulp (CMP). The latest and rising star on the mechanical pulp horizon and of immediate/utmost importance for the developing countries. SAWHNEY, R.S.	225
48. Utilization of some subtropical softwood and hardwood resources for production of printing papers. ABADIE-MAUMERT, F.A., HAUAN, S. y SOTELAND, N.	239
49. Material losses in the chemimechanical pulping of hardwood. RAHKILA, P., JARVINEN, R., PIMIA, S. y SJOSTROM, E.	253
50. A new type of hydrocyclone. LARSSON, T.	269
51. Comparación de secuencias para blanqueo de pulpas de bagazo de caña. REGALADO RODRIGUEZ, M.A.	285
52. Un sistema con ordenador para el control de la fabricación de pastas. LAGRANGE, R.P.	299
53. A "new" kind of pump -using an "old" principle- is solving many of today's pumping problems. RUPP, W.E.	305
54. Measuring the moisture and bulk density of pulp wood chips for digester control. PREIKSCHAT, E.	315
55. El calentamiento con infrarrojos en el secado de pasta de papel y en la obtención de calidades especiales. GARRIGA SAPERAS, R.	323
56. Optimización del proceso sosa-oxígeno para eucaliptus globulus. POVEDA DIAZ, P.	335
57. Sustitución del cloro por dióxido de cloro en el estadio de cloración del blanqueo de pastas kraft de eucalyptus globulus. VIDAL LLUCIA, T.V. y COLOM PASTOR, J.F.	351
58. Utilización del peróxido de hidrógeno en el primer estadio de la secuencia de blanqueo de pastas kraft. GARCIA HORTAL, J.A. y COLOM PASTOR, J.F.	365
59. Evaluación de la impregnación de las astillas como una función de la relación de licores blanco y negro del proceso al sulfato, utilizando el método de superficie de respuesta. SANJUAN DUEÑAS, R. y SANCHEZ AVILA, E.	381
60. Control de los parámetros físicos de la pasta: Concentración, caudal y grado de refino. SIRVENT FABREGAS, J.M.	397
61. Utilización del peróxido de hidrógeno en el blanqueo de pastas. ESCRIBANO BERGADA, E.	413

Influence of prehydrolysis on the alkaline pulping characteristics of mid-rib including frond of date palm leaves :
A potential source of pulp and paper.

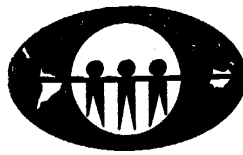
Sabharwal, H.S.
 Kashmoula, T.
 Zedan, K.M.
 Rahman, S.A.
 Abbas, R.F.
 Cellulose Unit,
 Council for Scientific
 Research,
 Baghdad,
 Iraq.

ABSTRACT

A study was undertaken to determine the effect of prehydrolysis on the kraft pulping of mid-rib including base of frond of date palm leaves. Kraft pulping was carried out under various conditions and two sets of conditions were selected for applying the similar conditions to the prehydrolysed samples. Prehydrolysis was affected by water under various conditions and few sets of prehydrolysed samples were utilized for kraft pulping. The pulps obtained from kraft pulping of fresh and prehydrolysed samples were further evaluated for their strength properties. The lower yield of kraft pulps from the prehydrolysed samples was well compensated by their better strength properties than the kraft pulps obtained from fresh samples.

Since the raw material under investigation is a potential source for the manufacture of pulp and paper additional data on proximate analysis, fibre length, filling capacity and specific gravity basic were also obtained during the course of present investigation.

Presented at the II Latin-American Congress on Pulp and Paper held in Torremolinos, Malaga, Spain, from the 22nd to the 26th June, 1981.



**II CONGRESO
LATINOAMERICANO
DE
CELULOSA Y PAPEL**

**"NUEVAS MATERIAS, PROCESOS Y
PRODUCTOS DERIVADOS"**

**Presente y Futuro
de la Industria Papelera
en los países
en vías de desarrollo**

**CONFERENCIAS Y COMUNICACIONES
CONFERÊNCIAS E RELATÓRIOS
LECTURES AND COMMUNICATIONS**

**Sección Técnica nº 2
Secção Técnica nº 2
Technical Section nº 2**

**Pastas
Pastas
Pulps**



**Esta publicación ha contado con ayuda del
INSTITUTO DE COOPERACION IBEROAMERICANA**

Torransolinos, España

22-26 de junio de 1981



artigo técnico

possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft

CELSO EDMUNDO B. FOELKEL
 CESLAVAS ZVINAKEVICIUS
 JORGE KATO
 AUGUSTO F. MILANEZ
 Riocell/Cenibra

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi apresentado no II Congresso Latino-Americano sobre Celulose e Papel, realizado de 22 a 26 de junho, em Torremolinos, Espanha. Nele, os autores analisam as possibilidades técnicas de se utilizar eucaliptos a idades jovens para a produção de polpa kraft, visando contribuir para o esclarecimento daqueles que julgam

que a utilização destes eucaliptos é interessante, visto trazer "um retorno mais do investimento e se ocuparia uma área de terra cara, por menos tempo, pois o período de 'ociosidade' da terra, enquanto as árvores crescem, seria menor".

0. INTRODUÇÃO

A produção de celulose kraft branqueada de eucalipto no Brasil alcançou notável desenvolvimento e há firmes perspectivas de que continue a se ampliar. Por outro lado, com a crise mundial de energia, iniciada há cerca de uma década, a madeira do eucalipto passou a ser considerada potencial para suprir parte da demanda energética interna. Paralelamente à implantação de florestas de eucalipto para uso em indústrias de conversão, como produção de celulose, passaram-se a implantar, também, as cha-

madas florestas energéticas. Estudos têm mostrado que a forma de se implantar tais povoamentos difere da convencional. Como para a produção da madeira energia interessa o máximo rendimento em biomassa, os plantios tendem a ser realizados a espaçamentos mais apertados e o corte deve ser executado a idades mais jovens.

Os múltiplos usos, que a madeira do eucalipto vem conquistando, associados ao encarecimento gradativo, que a terra para agricultura/reflorestamento tem alcançado, reavivaram uma antiga questão: seria possível se utili-

zar o eucalipto jovem, com idades inferiores a cinco anos, para produção de celulose?

Existem bem definidas três correntes de opiniões acerca da melhor idade de aproveitamento do eucalipto, principalmente para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*, para produção de celulose:

a) a idade ideal seria aquela em que o eucalipto, plantado a espaçamento de 4 a 6 m² por planta, vem sendo normalmente explorado no País, ou seja, entre 7 a 9 anos;

b) a idade mais aconselhada em algumas áreas poderia ocorrer

entre 9 a 11 anos, pois nessa faixa de idade ocorre um máximo no incremento volumétrico anual, além da densidade aumentar e da forma da árvore tornar-se mais cilíndrica, com maior fator de forma;

c) idades economicamente interessantes seriam as mais jovens possíveis, pois com isso se alcançaria um retorno mais rápido do investimento e se ocuparia uma área de terra cara, por menos tempo, pois o período de "ociosidade" da terra, enquanto as árvores crescem, seria menor.

Quanto ao primeiro tipo de opinião, não existem dúvidas de sua boa validade, pois além da sua aceitação, oferece a garantia segura de celuloses de excelentes qualidades e a bons rendimentos. Ensaio vêm sendo realizados também, visando verificar as vantagens e desvantagens de se retardar o ciclo de exploração do eucalipto para produção de celulose, e, brevemente, os resultados serão trazidos à literatura especializada.

O presente estudo visava analisar as possibilidades técnicas de se utilizar eucaliptos a idades jovens, correspondendo então a uma contribuição para se esclarecer o terceiro tipo de opiniões quanto à melhor época de se explorar o eucalipto. A espécie escolhida para o teste foi o *Eucalyptus grandis*, uma das mais comerciais plantadas no Brasil para a finalidade de conversão a celulose.

1. METODOLOGIA

Em uma plantação de *Eucalyptus grandis*, uma das mais do Oriente, Minas Gerais, Brasil, retiraram-se, anualmente, amostras de madeira para a avaliação, em função da idade, do comportamento da espécie para produção de celulose. As árvores amostradas possuíam 1, 2, 3 e 4 anos de idade. A cada ano, retiravam-se duas árvores representativas do desenvolvimento médio do povoamento para a idade. Sobre elas, de uma forma padronizada, realizavam-se determinações anatômicas, químicas, físicas e de habilidade para conversão a celulose kraft. As celuloses obtidas eram avaliadas quanto à sua qualidade.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1. Propriedades da madeira

Os resultados para as principais propriedades, que definem a qualidade da madeira para produção de celulose, estão relatados no Quadro I.

Os dados revelaram uma característica, que é muito mais típica do *Eucalyptus grandis*, principalmente daqueles oriundos de sementes importadas da Austrália e Rodésia, como é o caso do material dessa pesquisa, do que dos outros eucaliptos comerciais brasileiros: é a sua relativamente baixa densidade básica. Notou-se, inclusive, que a densidade aumentava muito pouco com a idade, alcançando no material com 4 anos, o valor médio de 0,425 g/cm³, quando o ideal, para fins

de consumo específico, seriam valores entre 0,50 a 0,60 g/cm³.

O aumento da densidade básica para o *E. grandis* nessa faixa de idade não se deveu a um aumento da espessura da parede celular, pois essa, inclusive, decresceu ligeiramente. É possível, que a densidade tenha aumentado pelo aumento da proporção de fibras em relação a células de parênquima e vasos.

Algumas tendências importantes para melhoria da qualidade da madeira para celulose foram notadas, como por exemplo, o aumento, com a idade, do comprimento da fibra e as diminuições dos teores de lignina, cinzas e extrativos em NaOH 1% e álcool/benzeno. Notou-se, também, uma diminuição do teor de pentosanas, o que leva à suposição de que, com o envelhecimento da ár-

QUADRO I: Propriedades da madeira do *E. grandis*

Propriedade	Idade (anos)				Unidade
	1	2	3	4	
Densidade básica	0,372	0,392	0,400	0,425	g/cm ³
Fibras					
— comprimento	0,654	0,670	0,698	0,970	mm
— largura	15,20	16,53	16,94	13,88	μ
— lúmen	9,40	10,72	10,26	9,29	μ
— espessura da parede	2,90	2,90	2,50	2,26	μ
Relações entre dimensões das fibras					
— índice de Runkel	0,617	0,542	0,487	0,486	—
— índice de enfiletramento	43,0	40,5	41,2	69,7	—
— coeficiente de flexibilidade	61,8	64,8	60,6	70,0	%
— fração parede	38,2	35,1	39,4	32,6	%
— relação de Mulsteph	0,618	0,579	0,633	0,552	—
— número de Boiler	0,447	0,408	0,463	0,381	—
— comprimento/espessura	225	231	209	429	—
Vasos					
— comprimento	0,283	0,267	0,241	0,313	mm
— largura	0,078	0,062	0,116	0,134	mm
Composição química					
— lignina	28,7	27,1	26,1	25,7	%
— pentosanas	17,4	14,8	15,6	14,6	%
— cinzas	0,87	1,35	0,65	0,61	%
— extrativos em água quente	1,82	3,04	2,35	1,26	%
— extrativos em álcool/benzeno	1,70	1,28	1,15	1,01	%
— extrativos em NaOH 1%	16,7	16,1	15,8	10,8	%

QUADRO II: Cozimentos kraft de *E. grandis*

Condições e resultados	Idade (anos)							
	1		2		3		4	
	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca
Alcali ativo, % Na ₂ O	14	14	14	14	14	14	14	14
Sulfidez, %	25	25	18	18	25,6	26,2	26,3	25,9
Temperatura, °C	170	170	170	170	170	170	170	170
Tempo até 170°C, minutos	120	120	90	90	91	94	90	91
Tempo a 170°C, minutos	60	82,5	45	45	45	45	45	45
Relação licor/madeira	4	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Rendimento bruto, %	50,2	47,4	51,5	51,7	51,4	50,8	50,5	50,0
Rendimento depurado, %	49,0	43,6	50,8	47,7	50,9	49,6	49,9	49,2
Teor de rejeitos, %	1,2	3,8	0,7	4,0	0,5	1,2	0,6	0,8
Número kappa	18,4	25,7	23,1	19,7	18,5	21,8	16,9	22,4
Viscosidade CED, cP	39,5	41,1	26,3	26,6	36,8	47,2	28,3	36,5
Consumo específico, m ³ sólido/t.a.d. de celulose não-branqueada	4,93	—	4,52	—	4,42	—	4,24	—

vore, na faixa estudada, deve ter aumentado o teor de celulose da madeira.

As mais significativas variações nas características médias das fibras ocorreram na passagem do terceiro para o quarto ano de idade do material. Praticamente, no quarto ano, as fibras atingiram a média considerada normal para comprimento e se alcançaram valores razoáveis para índice de enfiamento e coeficiente de flexibilidade e uma notável relação comprimento/espessura da parede.

2.2. Produção de celulose kraft

Cavacos classificados, obtidos em picador industrial, a partir de madeira com e sem casca, foram utilizados para cozimentos. Em geral, a casca representava cerca de 10% do peso total da árvore.

As condições e resultados médios dos cozimentos constam no Quadro II.

Todos os materiais foram facilmente convertidos a polpa pelo processo kraft. Foram encontradas dificuldades ligeiras nos cozimentos de material com casca, conforme atestam os maiores teo-

res de rejeitos para esses casos. O fenômeno era mais pronunciado nas idades mais jovens (1 a 2 anos), porque nessas idades o teor relativo de casca era maior.

De uma forma geral, os resultados dos polpeamentos podem ser considerados normais para o *E. grandis*. Entretanto, o consumo específico de madeira por tonelada de celulose mostrava-se acima do usual, pois quando se produz celulose industrialmente a partir de madeiras mais velhas (7 a 9 anos) para a mesma espécie, costuma-se consumir 3,4 a 3,6 m³ sólidos/tonelada a.d. de celulose não-branqueada.

2.3. Branqueamento das celuloses

O objetivo do branqueamento era de se atingir alta e estável alvura. Para isso, lançou-se mão da seqüência CE₁HD₁E₂D₂, por se tratar de uma seqüência convencional de relativo sucesso no branqueamento de polpa kraft de eucalipto.

Os resultados médios dos branqueamentos estão relacionados no Quadro III.

Em todos os casos, o branqueamento da celulose foi fácil e resultou em polpas com alvuras acima de 91°GE e viscosidades

entre 12,3 a 20,3 cP. A estabilidade da alvura resultou muito boa, com números de cor posterior entre 0,39 a 0,76.

De acordo com a idade do material ensaiado, notaram-se diferenças significativas na facilidade de branqueamento das polpas. O aumento da idade da madeira, na faixa de 1 a 4 anos, resultava em uma maior facilidade de branqueamento das polpas, com menores consumos de produtos químicos e, concomitantemente, com maiores alvuras finais, a níveis similares de viscosidade em etilenodiamina cúprica. Lembrar que as madeiras mais jovens eram mais ricas em lignina e pentosanas e, presumivelmente, mais pobres em celulose. Possivelmente, essa razão, bem como a própria distribuição da lignina na parede celular, devem explicar a maior facilidade de se branquear as polpas obtidas de madeiras com 3 a 4 anos.

2.4. Propriedades físico-mecânicas e óticas das celuloses

As celuloses, quer na forma não-branqueada como branqueada, foram submetidas ao refino em moinho PFI e ensaiadas de acordo com o método TAPPI

QUADRO III: Branqueamentos das celulosas de *E. grandis*

Condições e resultados	Idade (anos)							
	1		2		3		4	
	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca
% Cloro ativo total								
— aplicado	6,51	6,87	6,64	6,27	5,76	6,25	5,53	6,06
— consumido	5,91	6,59	6,51	6,06	5,58	5,66	5,24	5,72
% NaOH total								
— aplicado	2,62	2,73	2,57	2,52	2,67	2,76	2,38	2,47
— consumido	1,67	1,93	1,66	1,60	1,60	1,56	1,05	1,14
Alvura final, °GE	91,3	91,8	91,9	91,4	92,7	92,6	92,3	93,0
Viscosidade, cP	15,3	20,3	12,3	14,2	16,6	17,8	14,8	15,4
N.º de cor posterior	—	—	0,39	0,40	0,76	0,55	0,52	0,60

T220. Os resultados dos ensaios foram comparados ao grau de refino de 280 ml de CSF (Canadian Standard Freeness), que para polpas de eucalipto correspondem a 37° Schopper Riegler.

Os resultados estão relatados nos Quadros IV e V.

Observou-se que as resistências das celulosas mantiveram-se em um nível apenas regular naquelas obtidas de madeiras de 1 e 2 anos de idade. Entretanto, resultados excelentes foram alcançados para as celulosas de

madeiras de 3 a 4 anos, principalmente para as propriedades que dependem da ligação entre fibras, como as resistências ao estouro, à tração e ao dobramento. Por outro lado, a resistência ao rasgo das celulosas mostrava-se ligeiramente inferior aos valores usualmente encontrados para celulosas comerciais, mas, ainda assim, dentro de valores perfeitamente aceitáveis pela indústria papeleira.

As celulosas de *E. grandis* jovens refinavam-se facilmente, dando origem a folhas densas,

mas, ainda assim, com boa opacidade, conforme atestam os valores do coeficiente de dispersão de luz.

A presença de casca junto a madeira não se refletia em alterações sensíveis de resistência, colaborando, às vezes, para uma melhoria de algumas propriedades. Uma vantagem adicional, além das vantagens práticas do uso da madeira com casca, referia-se à significativamente maior velocidade de refino dessas celulosas.

QUADRO IV: Propriedades físico-mecânicas das celulosas não-branqueadas (a 280 ml CSF)

Propriedades	Idade (anos)							
	1		2		3		4	
	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca
N.º de revoluções do PFI	3500	2500	—	—	6650	4400	4200	1600
Auto-ruptura, km	7,1	8,7	7,5	7,9	9,4	9,6	9,8	9,3
Elongação, %	3,9	4,9	3,6	3,9	3,2	3,3	3,4	3,0
Fator de estouro	48	69	54	53	93	88	79	72
Fator de rasgo	88	80	100	80	93	93	94	92
Dobras duplas, MIT	1690	588	72	140	1142	893	285	341
Densidade, g/cm ³	0,76	0,67	0,58	0,57	0,73	0,69	0,68	0,66

QUADRO V: Propriedades físico-mecânicas e ótica das celuloses branqueadas (a 280 ml CSF)

Propriedades	Idade (anos)							
	1		2		3		4	
	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca	sem casca	com casca
N.º de revoluções do PFI	7500	4500	—	—	8500	6750	7550	3750
Auto-ruptura, km	6,2	6,1	6,5	7,0	8,8	8,9	8,9	8,7
Elongação, %	3,8	3,9	3,4	3,6	4,5	4,5	4,0	4,0
Fator de estouro	69	72	48	53	78	81	74	72
Fator de rasgo	75	93	94	82	94	92	104	97
Dobras duplas, MIT	1190	578	40	70	727	636	378	386
Densidade, g/cm ³	0,75	0,72	0,58	0,55	0,75	0,73	0,70	0,69
Coefficiente de dispersão de luz, cm ² /g	360	420	580	475	336	346	379	410

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bons resultados encontrados do polpamento de madeiras com e sem casca de *Eucalyptus grandis* com 3 e 4 anos permitem concluir da sua viabilidade técnica para produção de celulose kraft. Frente aos melhores resultados encontrados para a madeira com 4 anos, sugere-se considerar essa idade como mais interessante, quando o propósito for o de encurtar o ciclo de exploração do eucalipto, nas condições predominantes para a espécie no Brasil. É mesmo possível que a principal desvantagem encontrada para uso das madeiras jovens, no caso o mais alto consumo específico de madeira por tonelada de celulose, possa vir a ser minimizado se a idade de exploração se atrasar por mais um ano, ou seja, para ciclos de 5 anos. Uma complementação desse estudo está em andamento para avaliação de madeiras do mesmo povoamento aos 5 anos de idade.

Baseando-se no fato de que a idade de 4 anos forneceu madeiras aptas para virem a ser convertidas com sucesso a celulose kraft por procedimentos industriais, decidiu-se realizar um levantamento dendrométrico da plantação nessa idade.

No campo experimental de onde se retiravam as amostras anuais, demarcou-se uma área, que continha 93 árvores. O espaçamento original de plantio era

de 3x2 metros. Por um criterioso levantamento dendrométrico, chegaram-se às seguintes medidas para o povoamento:

— Altura média total	:	15,50 m
— Altura média comercial (até 7 cm de diâmetro)	:	12,50 m
— DAP médio	:	11,21 cm
— Volume cilíndrico comercial médio por árvore	:	0,12337 m ³
— Volume real comercial médio por árvore (fator de forma adotado igual a 0,55)	:	0,06785 m ³
— Volume real comercial de madeira com casca por hectare (taxa de sobrevivência igual a 90%)	:	101,78 m ³
— Volume real comercial de madeira sem casca por hectare (teor de casca igual a 20% base volume)	:	81,44 m ³
— Incremento médio anual de madeira comercial sem casca (m ³ /ha/ano)	:	20,36 m ³ /ha/ano

Com esse incremento mantido, se o povoamento fosse explorado aos 8 anos, obter-se-iam cerca de 163 m³ de madeira sólida, que equivalem a cerca de 250 metros cúbicos estéreos.

Se o ciclo fosse encurtado de 8 para 4 anos, o objetivo ideal seria a obtenção dos mesmos 250 estéreos no corte raso aos 4 anos,

para manter a fábrica de celulose operando normalmente com a metade da área plantada com florestas. Isso significa que o

rendimento volumétrico de madeira por hectare deve dobrar para manter a mesma taxa de produção, ou seja, deve passar a 40,75 m³/ha/ano.

Desde que seja possível se conseguir, por técnicas especiais de manejo e melhoramento florestal, os mesmos DAP e alturas médias obtidos no caso dessa

pesquisa, significa a necessidade de se ter que plantar o dobro de árvores por hectare. O espaçamento de 3x1 m talvez viesse a ser o mais interessante do ponto de vista de operacionalidade florestal.

Certamente, os resultados das pesquisas, que vêm sendo conduzidas no Brasil, para produção de biomassa energética a partir das florestas de eucaliptos, deverão responder quais as condi-

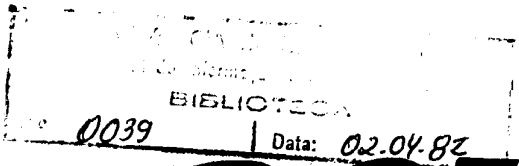
ções ideais de plantio para máxima produtividade.

O importante é que existe potencial para conversão a celulose kraft de madeiras de *E. grandis* jovens, principalmente a partir de 4 anos de idade.

É certo, que resultados tão ou mais promissores poderão vir a ser alcançados com espécies, que reconhecidamente possuem densidade básica maior que o *E.*

grandis, como é o caso do *E. saligna* e *E. urophylla*. Com isso, o inconveniente do maior consumo específico de madeira poderá ser atenuado.

A exploração para celulose de povoamentos jovens, em idades a partir de 4 anos, é mais uma vantagem, que essa maravilhosa essência florestal, que é o eucalipto, coloca à disposição do setor celulósico brasileiro.



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/1981

índice

MENSAGEM

Agradecimento pág. 03

REPORTAGENS

Seminário — Visita à Cenibra pág. 29

Seminário sobre Instrumentação e Controle de Processos pág. 31

III Simpósio Regional de Papel e Celulose do Rio de Janeiro pág. 34

TRABALHOS TÉCNICOS

Influência de alguns parâmetros de processo no consumo de energia pág. 39

Papel com 100% de eucalipto — dez anos de exportação pág. 71

Aplicação do melhor controle tecnológico para satisfazer as condições do meio ambiente pág. 78

Possibilidades do emprego de eucaliptos jovens na produção de polpa kraft pág. 95

NOTICIARIO DA ABCP

Reuniões da Regional Rio, Divisão de Normas e Especificações, da Comissão de Administração, da Divisão Técnica sobre Bambu; Mais um curso realizado pela Divisão de Ensino e a Programação Oficial para 1982; Relação dos novos associados e das novas publicações da Biblioteca pág. 129

NOTICIARIO NACIONAL pág. 141

NOTICIARIO INTERNACIONAL pág. 142

EVENTOS pág. 145

NOTICIARIO DA ANAP pág. 147

XIV CONGRESSO ANUAL DA ABCP pág. 149

Este número contém 156 páginas