

oaks in the northern Appalachians. *Journal of Forest Science*, 2:162-73, 1956.

13. TYRON, C.P.; BEERS, T.W.; MERRITT, C. The measurement of site quality for yellow poplar. *Journal of Forestry*, 58: 968-9, 1960.

CELULOSE KRAFT  
MADEIRA  
PINUS  
EUCALIPTO

INDEXADO

PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT A PARTIR DE MISTURAS DE MADEIRAS DE *Pinus strobus* var. *chiapensis* E *Eucalyptus urophylla*, DE ORIGEM HÍBRIDA\*

Rubens Chaves de Oliveira  
Celso E. B. Foelkel  
José Lívio Gomide\*\*

Resumo

Este estudo teve como objetivo verificar a viabilidade de produção de celulose kraft a partir de misturas de cavacos de madeira de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida. Foram utilizadas, nos cozimentos, quatro dosagens de madeira de *P. strobus* e *E. urophylla* (0%; 33,33%; 66,66% e 100%).

Para estudo de rendimentos, teores de rejeitos, números kappa e viscosidade, os tratamentos foram dispostos segundo um esquema fatorial 4 x 2 x 2, para os fatores percentagem de *Pinus*, fator H e álcali ativo, com três repetições.

As misturas de madeiras de *P. strobus* e *E. urophylla* para cozimento kraft são viáveis e permitem a obtenção de polpas com diferentes qualidades, sendo que a proporção ideal de cada espécie na mistura depende das características desejadas do produto final. Em razão das diferenças de características químicas e anatômicas entre as madeiras, ambas se comportam de modo diferente durante a deslignificação, e transmitem suas características à polpa final. A madeira de *Pinus strobus*, que contém mais lignina, é de mais difícil deslignificação que a de *Eucalyptus urophylla*, necessitando de condições mais drásticas de cozimento. A madeira de *Pinus strobus*, por apresentar menor densidade e menores rendimentos, quando deslignificada em mistura com *Eucalyptus urophylla*, ocasiona maior consumo de madeira por tonelada do produto final.

\* Recebido para publicação em 12/09/1979. Pesquisa financiada pelo Convênio CENIBRA/UFV.

\*\* Respectivamente, Auxiliar de Ensino, Professor Colaborador e Professor Adjunto da U.F.V.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, algumas espécies tropicais de *Pinus* têm sido introduzidas na Região Sudeste do Brasil, com sucesso, para suprir a demanda de madeira de coníferas. Entretanto, a oferta de madeira de coníferas deverá ser menor que a demanda. Essa situação ocorre, também, a nível internacional, e deverá agravar-se em futuro próximo, quando as reservas florestais tornarem-se mais escassas e a demanda de produtos madeireiros e de papel aumentar. Esses fatores têm forçado as indústrias de celulose e papel a obterem as matérias-primas vegetais essenciais ao seu funcionamento em maior quantidade e de forma mais econômica.

O sucesso alcançado, no Brasil, pelas espécies do gênero *Eucalyptus*, na produção de celulose e papel, é hoje uma realidade. Entretanto, por tradição, a fibra curta ainda não é totalmente aceita no mercado mundial. Aos poucos, a situação vai-se revertendo, e, atualmente, muitas indústrias papelarias, na Europa, no Japão e nos Estados Unidos, vêm substituindo, gradativamente, a matéria-prima tradicional de fibra longa por proporção variável de fibra curta.

O menor teor de lignina nas madeiras de folhosas possibilita uma deslignificação mais rápida, exigindo menores quantidades de produtos químicos e resultando em rendimentos mais elevados que os das madeiras de coníferas.

Considerando as características das madeiras de coníferas e folhosas, seria justificável conduzir um estudo da viabilidade de cozimentos conjuntos desses dois tipos de madeiras para a produção de celulose kraft, no qual poderiam ser combinadas as propriedades desejáveis das duas madeiras.

O objetivo desse experimento foi avaliar as celuloses kraft obtidas de cozimentos conjuntos de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

KOSAYA *et alii* (8) executaram, em laboratório, uma série de cozimentos kraft de madeiras de *Pinus* e de álamo, em conjunto e em separado. Os resultados obtidos indicaram que a produção de celulose a partir de cozimentos de misturas dessas madeiras resulta em celulose com boas características de rendimento e resistência.

BARRICHELO e FOELKEL (1) estudaram as variações nas propriedades físico-mecânicas das pastas celulósicas resultantes de cozimentos sulfato, nos quais proporções de 5 e 10% de cavacos de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta* eram misturados a cavacos de *Eucalyptus saligna*. A substituição da madeira de *E. saligna* por *B. vulgaris* elevou sensivelmente os rendimentos e a resistência ao rasgo da celulose resultante. O tempo de moagem, a densidade aparente e a resistência à tração e ao arrebentamento não foram alterados.

HATTON (7) procurou otimizar o cozimento kraft de misturas de madeiras de bétula (folhosa) e de "hemlock" (conífera), na proporção, em peso, de 20% e 80% respectivamente. O rendimento depurado foi maximizado, o teor de rejeitos minimizado e um menor número de permanganato foi obtido, quando cavacos de bétula, com 2 a 4 mm de espessura, foram deslignificados em mis-

turas com cavacos de "hemlock" da mesma espessura.

CHEN *et alii* (2) estudaram a produção de celulose kraft a partir de cozimentos conjuntos de madeiras de folhosa (*Populus tremuloides*) e de conífera (*Picea glauca*). A adição de madeira de folhosa à de conífera resultou em aumentos de 2 a 4% no rendimento, em menores teores de rejeitos, em menor consumo de álcali ativo e em melhor deslignificação. A adição das menores porcentagens de madeira de folhosa não causou alteração perceptível na resistência a úmido da celulose. Os autores relataram a vantagem econômica de se misturarem cavacos de folhosas, 50% mais baratos que os de coníferas, em geral.

FOELKEL *et alii* (6) analisaram a potencialidade de algumas espécies folhosas nativas para a produção de celulose kraft em mistura com *Eucalyptus grandis*, em proporções de 5, 10 e 15%, ou isoladamente. Os resultados dos cozimentos mostraram superioridade para as misturas, quando comparados com os das madeiras isoladas, em termos de rendimentos, resistência ao rasgo, ao arrebentamento e ao dobramento, e que a branqueabilidade das polpas não foi alterada.

FOELKEL e BARRICHELO (4) estudaram as variações das propriedades físico-mecânicas de misturas de celuloses sulfato de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Houve aumento pronunciado da resistência ao rasgo e decréscimo linear da espessura da folha em consequência do aumento do teor de celulose do *Pinus*. Misturas de fibras de características diferentes parecem, segundo os autores, oferecer grandes possibilidades de produção de papéis com propriedades preestabelecidas.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

A madeira de folhosa foi obtida em plantação de *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida, com 7 anos de idade, localizada na região de Santa Bárbara, Minas Gerais. A amostra de madeira coletada representava uma média de dez árvores, tomadas ao acaso na plantação. A madeira de conífera foi obtida em plantação de *Pinus strobus* var. *chiapensis*, com 10 anos de idade, localizada em Viçosa, MG. Foram amostradas cinco árvores que representavam o desenvolvimento médio da plantação.

Na determinação da densidade básica das madeiras foram utilizados: o método da balança hidrostática, para a madeira de *P. strobus*, e o método do máximo teor de umidade, para a madeira de *E. urophylla*. Foram medidas 300 fibras de cada espécie para determinação de suas dimensões e das relações entre as dimensões.

As análises químicas das madeiras foram realizadas de acordo com as normas TAPPI, à exceção do teor de holocelulose, que foi determinado por deslignificação com dióxido de cloro.

Os cavacos, produzidos em picador industrial, foram misturados em diferentes proporções ponderadas para produção de celulose. Foram estudadas quatro proporções de misturas: 0% de *Pinus* (100% de eucalipto), 33,33% de *Pinus* (66,66% de eucalipto), 66,66% de *Pinus* (33,33% de eucalipto) e 100% de *Pinus* (0% de eucalipto). As diferentes proporções de misturas foram codificadas, respectivamente, como 0%, 33,33%, 66,66% e 100% de *Pinus*.

Foi utilizado o processo kraft para produção de celulose.

Por serem as madeiras diferentes quanto à anatomia e composição química, foram utilizadas diferentes condições de álcali ativo (14 e 16%) e de fator H (900 e 1100). As demais variáveis de cozimento foram mantidas fixas: sulfidez = 25%, temperatura máxima = 170°C, tempo até temperatura máxima = 90 min e relação licor/madeira = 4:1.

Os cozimentos foram realizados em digestor rotativo (2-3 rpm), com capacidade de 20 litros, aquecido eletricamente e dotado de termômetro e manômetro. A quantidade de cavacos por cozimento foi a equivalente a 500 gramas de madeira seca. Foram adotadas três repetições para cada um dos dezesseis tratamentos (4 misturas x 2 níveis de álcali ativo x 2 níveis de fator H), tendo sido utilizado um total de 48 parcelas.

Depois do cozimento, os cavacos foram desfibrados num refinador laboratorial de discos e a celulose foi depurada numa peneira com malhas de 0,9 x 0,9 mm, para a determinação dos rejeitos.

Foram determinados o teor de rejeitos, o rendimento total e o rendimento depurado. O número kappa e a viscosidade das celuloses foram determinados de acordo com as normas TAPPI.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Densidade Básica

Os valores médios determinados para as densidades básicas das madeiras de *P. strobus* e *E. urophylla* foram: 0,361g/cm<sup>3</sup> e 0,503 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente.

A densidade básica encontrada para o *P. strobus* está de acordo com valores relatados para madeiras de outras pináceas exóticas plantadas no Brasil (5). Como era esperado, a madeira de *E. urophylla* apresentou densidade superior à de *P. strobus*.

##### 4.2. Características das Fibras

Os resultados de dimensões e relações das fibras encontram-se no Quadro 1.

O *P. strobus* é constituído de fibras longas, largas, de paredes delgadas e alta flexibilidade, ao passo que o *E. urophylla* apresenta fibras curtas, estreitas e de menor flexibilidade.

O índice de enfieltramento, para as fibras de *P. strobus*, foi algo superior ao de *E. urophylla*. Em geral, essa relação apresenta baixa amplitude de variação, pois, normalmente, fibras mais longas são também mais largas. Há, entretanto, referências que associam o índice de enfieltramento com a resistência ao rasgo e ao arrebentamento (3).

O coeficiente de flexibilidade mostrou-se bem superior para as fibras de *P. strobus*, em comparação com as de *E. urophylla*, o que indica boa capacidade de interligação das fibras, por ocasião da formação das folhas de papel. As fibras de *E. urophylla*, com menor coeficiente de flexibilidade e maior fração parede, deverão mostrar-se mais rígidas e formar folhas mais porosas e volumosas. Entretanto, essas características dependem muito do comportamento das fibras durante o refinamento.

QUADRO 1 - Características das fibras (dimensões e relações) de *P. strobus* e *E. urophylla*

Características	<i>P. strobus</i>	<i>E. urophylla</i>
Comprimento, mm	4,23	0,99
Largura, $\mu$	66,68	17,50
Diâmetro do lúmen, $\mu$	56,43	9,65
Espessura da parede, $\mu$	5,12	3,92
Índice de enfieltramento	63,4	56,6
Índice de Runkel	0,18	0,81
Coefficiente de flexibilidade, %	84,6	55,2
Fração parede, %	15,4	44,8

##### 4.3. Composição Química das Madeiras

Os resultados das análises químicas das madeiras encontram-se no Quadro 2.

A madeira de *P. strobus* caracterizou-se por: menor solubilidade em NaOH a 1%, menores teores de holocelulose, pentosanas e cinzas e maior teor de lignina, quando comparada à madeira de *E. urophylla*. O maior teor de lignina do *P. strobus* indica que essa madeira deve ser deslignificada mais dificilmente que a de *E. urophylla*, conduzindo a menores rendimentos em celulose.

O baixo valor de holocelulose encontrado para a madeira de *P. strobus* pode ser explicado, possivelmente, pela degradação dos carboidratos ocorrida no processo de deslignificação com dióxido de cloro.

##### 4.4. Deslignificação das Madeiras

Para estudar a deslignificação das madeiras, foram analisados: o rendimento total, o rendimento depurado, o teor de rejeitos, o número kappa e a viscosidade das polpas. Os resultados encontram-se no Quadro 3. Dados estatísticos referentes aos valores dessas características encontram-se no Quadro 4.

##### 4.4.1. Rendimento Total

A análise da variância e a comparação das médias dos valores do rendimento total, expresso em porcentagem, encontram-se nos Quadros 4 e 5.

A análise da variância do rendimento total, apresentada no

QUADRO 4, não mostrou efeito significativo da porcentagem de cavacos de *Pinus*. Entretanto, a interação P x H e a interação P x H x A foram significativas.

O desdobramento da interação de terceira ordem permitiu a individualização de efeitos da porcentagem de *Pinus*. Quando se variou a porcentagem de cavacos de *Pinus*, dentro de níveis pré-fixados de álcali ativo e fator H, observou-se que o rendimento total era alterado significativamente apenas quando se trabalhava com fator H 1100 na deslignificação. Observa-se, no Quadro 5, que, na condição de cozimento pré-fixado, com 14% Na<sub>2</sub>O e fator H 1100, os rendimentos foram maiores para os tratamentos em que foi utilizado 100% de cada tipo de madeira. Nos cozimentos realizados com 16% Na<sub>2</sub>O e H 1100, observou-se uma queda progressiva do rendimento total, à medida que era aumentada a proporção de cavacos de *Pinus*. Efeitos significativos da porcentagem de *Pinus* para os cozimentos com fator H 900 não foram alcançados, possivelmente porque essa condição era favorável aos cavacos de eucalipto, mas insuficiente para os cavacos de *Pinus*.

QUADRO 2 - Composição química das madeiras de *P. strobus* e *E. urophylla*

Características	<i>P. strobus</i>	<i>E. urophylla</i>
Solubilidade em:		
- água fria	1,9	0,8
- água quente	2,2	1,8
- NaOH 1%	10,9	11,4
- álcool/benzeno	4,3	2,2
Teor de:		
- holocelulose	56,8	74,2
- pentosanas	8,0	14,8
- lignina	24,9	18,0
- cinzas	0,18	0,26

#### 4.4.2. Rendimento Depurado

A análise da variância e a comparação das médias dos valores do rendimento depurado são apresentadas nos Quadros 4 e 6, respectivamente.

Vê-se, no Quadro 4, o efeito significativo da porcentagem de *Pinus* sobre o rendimento depurado.

Tendo em vista a significância da interação P x H x A, seu desdobramento permitiu a determinação da alta influência da porcentagem de cavacos de *Pinus* sobre o rendimento depurado, uma vez que seu efeito foi significativo em todos os níveis de fator H e álcali ativo. Os maiores rendimentos depurados foram

QUADRO 3 - Valores médios de rendimento bruto, rendimento depurado, teor de rejeitos, número kappa e viscosidade das polpas celulósicas

Tratamentos	Rendimento bruto, %	Rendimento depurado, %	Teor de rejeitos, %	Número kappa	Viscosidade Cp
14% Na <sub>2</sub> O; H 900					
- 0% <i>Pinus</i>	52,7	50,6	2,2	28,9	29,2
- 33,33% <i>Pinus</i>	52,9	46,5	6,4	39,0	27,3
- 66,66% <i>Pinus</i>	52,4	43,2	9,0	62,7	16,0
- 100% <i>Pinus</i>	51,7	43,7	8,0	81,7	15,4
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100					
- 0% <i>Pinus</i>	50,7	47,9	2,8	21,0	30,9
- 33,33% <i>Pinus</i>	49,6	44,6	4,9	40,6	25,9
- 66,66% <i>Pinus</i>	49,2	43,8	5,4	52,0	25,4
- 100% <i>Pinus</i>	52,9	42,7	10,2	94,6	17,9
16% Na <sub>2</sub> O; H 900					
- 0% <i>Pinus</i>	48,9	48,2	0,7	23,7	24,8
- 33,33% <i>Pinus</i>	48,8	45,8	3,0	43,7	22,5
- 66,66% <i>Pinus</i>	50,2	44,2	6,0	66,8	21,8
- 100% <i>Pinus</i>	50,5	43,4	6,4	77,5	14,4
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100					
- 0% <i>Pinus</i>	49,8	49,2	0,6	21,2	22,6
- 33,33% <i>Pinus</i>	47,7	45,9	1,7	33,0	21,4
- 66,66% <i>Pinus</i>	44,1	41,9	2,3	33,0	14,0
- 100% <i>Pinus</i>	44,5	41,8	2,7	41,9	16,4

QUADRO 4 - Análise da variância e do efeito da porcentagem de *Pinus* sobre rendimento bruto, rendimento de fibra, teor de rejeitos, número kappa e viscosidade, de acordo com o desdobramento da interação P x H x A.

Fonte de Variação	G.L.	Rendimento total	Rendimento depurado	Teor de rejeitos	Nº kappa	Viscosidade
1 <i>Pinus</i> (P)	3	4,7931	91,6401**	63,2146**	5473,30**	282,6820**
Fator H (H)	1	72,1043**	12,5456**	22,7287**	1395,80**	2,5071
Alcali ativo (A)	1	145,2900**	0,7154	121,4440**	1243,18**	169,3130**
P x H	3	8,4033**	0,3329	8,2021**	201,02**	6,3736
P x A	3	3,5049	0,4496	3,6769**	456,98**	14,6704**
H x A	1	4,4105	0,4294	7,7844**	1105,15**	86,6449**
P x H x A	3	16,3722**	6,5231**	27,0711**	4892,60**	158,7583**
1 <i>Pinus</i> /14% Na <sub>2</sub> O; H 900	(3)	0,8380	34,3873	6,2652**	409,78**	49,7766**
1 <i>Pinus</i> /14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	(3)	8,3400**	14,8187**	29,4117**	8718,79**	86,6656**
1 <i>Pinus</i> /16% Na <sub>2</sub> O; H 900	(3)	2,0000	12,0062**	22,2614**	5372,45**	59,8433**
1 <i>Pinus</i> /16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	(3)	21,9300**	37,7105**	2,5793**	654,51**	49,7177**
Erro	32	1,1714	1,1740	0,2432	2,82	2,0246
Total	47					
C.V. (%)		2,17	2,39	10,91	3,53	6,58

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

obtidos para os cozimentos com 100% de cavacos de eucalipto. A medida que se aumentava o teor de madeira de *Pinus* na mistura, o rendimento depurado diminuía sensivelmente (Quadro 6).

QUADRO 5 - Comparação das médias dos valores do rendimento total de celulose na interação P x H x A: Influência da porcentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% Na <sub>2</sub> O; H 900	52,7 a*	52,9 a	52,4 a	51,7 a
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	50,7 ab	49,6 b	49,2 b	52,9 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 900	48,9 a	48,8 a	50,2 a	50,3 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	49,8 a	47,7 a	44,7 b	44,5 b

\*Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 6 - Comparação das médias dos valores do rendimento depurado na interação P x H x A: Influência da porcentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% Na <sub>2</sub> O; H 900	50,6 a*	46,5 b	43,2 bc	43,7 bc
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	47,9 a	44,6 b	43,8 b	42,7 b
16% Na <sub>2</sub> O; H 900	48,2 a	45,8 ab	44,2 b	43,9 b
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	49,2 a	45,9 b	41,9 c	41,8 c

\*Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

## 4.4.3. Teor de Rejeitos

A análise da variância e a comparação das médias dos valores do teor de rejeitos são apresentadas nos Quadros 4 e 7, respectivamente.

QUADRO 7 - Comparação das médias dos valores do teor de rejeitos na interação P x H x A: Influência da porcentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% Na <sub>2</sub> O; H 900	2,2 c*	6,4 b	9,0 a	8,0 a
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	2,8 c	4,9 b	5,4 b	10,2 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 900	0,7 c	3,0 b	6,0 a	6,4 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	0,6 c	1,7 ab	2,3 a	2,7 a

\*Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

No Quadro 4, pode-se verificar a influência significativa da porcentagem de *Pinus*. Igualmente, foram constatadas interações de segunda e de terceira ordem, também significativas. O desdobramento da interação de terceira ordem demonstrou a influência da porcentagem de *Pinus*, quando relacionada com os outros dois fatores, em todos os níveis de álcali ativo e fator H preestabelecidos.

A análise do Quadro 7 permite verificar que, em condições idênticas de cozimento, o teor de rejeitos aumentava à medida que se aumentava a proporção de cavacos de *P. strobus*. Como essa madeira era mais rica em lignina que a de *E. urophylla*, sua conversão em polpa celulósica era mais difícil.

Teores aceitáveis de rejeitos foram alcançados para todos os cozimentos com 100% de eucalipto. De acordo com o aumento da dosagem de cavacos de *Pinus*, eram necessárias condições mais drásticas para reduzir o teor de rejeitos a níveis adequados.

Quando foram utilizados 33,33% de *Pinus* e apenas 16% Na<sub>2</sub>O, para quaisquer dos dois níveis de fator H, foram obtidos teores aceitáveis de rejeitos. Para 66,66% e 100% de *Pinus*, foi necessário utilizar condições de cozimento mais drásticas (16% Na<sub>2</sub>O e H 1100) para reduzir os rejeitos a valores admissíveis para uma fábrica de celulose.

## 4.4.4. Número Kappa das Celuloses

A análise da variância e a comparação das médias dos valores do número kappa são apresentadas nos Quadros 4 e 8, respectivamente.

QUADRO 8 - Comparação das médias dos valores do número kappa das celuloses na interação P x H x A: Influência da porcentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% Na <sub>2</sub> O; H 900	29,9 d*	39,0 c	62,7 b	81,4 a
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	21,0 d*	40,6 c	52,0 b	94,6 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 900	22,7 d	43,7 c	66,8 b	77,5 a
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	21,2 c	33,0 b	33,0 b	41,9 a

\*Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

No Quadro 4, pode-se observar que a porcentagem de *Pinus* mostrou efeito significativo sobre o número kappa, ocorrendo interações de segunda e de terceira ordem, também significativas. O desdobramento da interação de terceira ordem mostrou que a proporção de cavacos de *Pinus* na mistura influenciava significativamente o número kappa, independentemente das condições de cozimento adotadas.

No Quadro 8, pode-se verificar que, para quaisquer das condições de cozimento, o aumento da proporção de cavacos de *Pinus* resultava em aumento do número kappa. Essa alteração era bastante expressiva, pois o número kappa médio variou de 21,0 a 94,6. Pequenas adições de cavacos de *Pinus* (33,33%) eram suficientes para provocar significativa elevação do número kappa. A recíproca também era verdadeira, ou seja, adicionando-se 33,33% de cavacos de eucalipto aos de *Pinus*, o número kappa diminuía significativamente.

A madeira de eucalipto era desdesignificada com relativa facilidade. Apenas a condição de 14% Na<sub>2</sub>O e fator H 900 não se mostrou totalmente eficiente para produção de polpas com número kappa que permitissem branqueamento econômico. As outras condições foram suficientes para produzir polpas com números kappa próximos de 20 (Quadro 3 e 8).

Contrariamente, as madeiras de *Pinus* mostraram-se de difícil desdesignificação. Mesmo as condições mais drásticas estudadas, 16% Na<sub>2</sub>O e H 1100, não foram suficientes para obtenção de polpas com números kappa inferiores a 40. Deduziu-se que, para

a madeira de *Pinus*, as condições de cozimento deveriam ser ainda mais drásticas, a fim de que fosse possível deslignificar o produto até número kappa de cerca de 30, valor aceitável para branqueamento de celulose de conífera.

#### 4.5. Viscosidade das Celuloses

A análise da variância e a comparação das médias dos valores da viscosidade das celuloses são apresentadas nos Quadros 4 e 9, respectivamente.

QUADRO 9 - Comparação das médias dos valores da viscosidade das celuloses na interação P x H x A: Influência da porcentagem de *Pinus*

Tratamentos	<i>Pinus</i> (%)			
	0	33,33	66,66	100
14% Na <sub>2</sub> O; H 900	29,2 a*	27,3 a	16,0 b	15,4 b
14% Na <sub>2</sub> O; H 1100	30,9 a	25,9 b	25,4 b	17,9 c
16% Na <sub>2</sub> O; H 900	24,8 a	22,3 a	21,8 a	14,4 b
16% Na <sub>2</sub> O; H 1100	22,6 a	21,4 a	14,0 b	14,4 b

\*Na mesma linha, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

A observação do Quadro 4 permite verificar que a porcentagem de madeira de *Pinus* na mistura teve efeito significativo sobre a viscosidade das celuloses.

O desdobramento da interação de terceira ordem permitiu verificar que a proporção da madeira de *Pinus* na mistura influenciou significativamente a viscosidade, independentemente das condições de cozimento adotadas (Quadro 4).

No Quadro 9, observa-se que, à medida que se aumentava a proporção de cavacos de *Pinus*, a viscosidade das celuloses resultantes diminuía. Entretanto, poder-se-ia cometer um erro ao afirmar que as fibras de *Pinus* prejudicavam a viscosidade, uma vez que as viscosidades diminuíam à medida que os números kappa das celuloses aumentavam. É possível que tenha ocorrido um mascaramento da viscosidade, em razão da presença de um teor relativamente alto de lignina residual nas celuloses.

#### 5. SUMMARY

This study was conducted to verify the feasibility of kraft pulp production using mixtures of *Pinus strobus* and *Eucalyptus urophylla* chips. Four different levels of chips for each

species were used (0, 33,33, 66,66, and 100 percent).

Yield, reject, kappa number, and viscosity data were analyzed using a 4 x 2 x 2 factorial (percent *Pinus*, H factor, and active alkali, respectively) according to a completely randomized design with three replications.

The following conclusions could be drawn, based on the results obtained. Mixtures of *P. strobus* and *E. urophylla* woods are feasible for kraft pulping, the characteristics of the final product depending on the proportion used each species. Due to differences in chemical and anatomical features, these species present different cooking characteristics and impart their properties to the final product. The *P. strobus* wood requires more intense cooking conditions, due to its higher lignin content, than the *E. urophylla* wood. Mixture of *P. strobus* wood with *E. urophylla* wood for kraft pulping results in higher wood consumption per ton of pulp due to the lower density and lower yield of the former.

#### 6. LITERATURA CITADA

- BARRICHELO, L.E.G. & FOELKEL, C.E.B. Produção de celulose sulfato a partir de misturas de madeira de *Eucalyptus saligna* com pequenas proporções de cavacos de *Bambusa vulgaris* var. *vitatta*. IPEF, Piracicaba, 11:93-9, 1975.
- CHEN, R.; GARCEAU, J.J.; KOKTA, B.V. Hardwood mixed with softwood in kraft pulping; optimization of utilization. TAPPI, Atlanta, 61(7):35-8, 1978.
- FOELKEL, C. E. B. *Estrutura da madeira*. Belo Oriente, CENIBRA, 1977. 84 p.
- FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Misturas de celulose de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *caribaea*. IPEF, Piracicaba, 11:63-76, 1975.
- FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. *O Papel*, São Paulo, 38(9):49-53, 1975.
- FOELKEL, C.E.B.; KATO, J.; ZVINAKEVICIUS, C.; SILVA, A.R. da. O uso de misturas de madeira de *Eucalyptus grandis* com pequenas proporções de madeiras de espécies nativas para produção de celulose kraft. *Revista Árvore*, Viçosa, 2(2):200-13, 1978.
- HATTON, J.V. Thin chips give highest screened yields in mixed softwood/hardwood kraft pulping. TAPPI, Atlanta, 60(5):116-7, 1977.
- KOSAYA, G.S.; KARPOVA, E.V.; KASATKINA, A.V. Kraft pulping of softwood/hardwood blends. *Bumash. Prom.*, 39(2):3-5, 1964.

SUMÁRIO

- Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I. Efeitos da calagem e dos nutrientes N, P e K - Roberto Ferreira de Novais, José Mauro Gomes, Danilo Rocha e Eduardo Euclides de Lima e Borges ..... 121
- Determinação de equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nichols) armazenadas em diferentes umidades relativas - Silvânia Chagas de Freitas, José Flávio Cândido, Alcides Reis Condé e Tetuo Hara ..... 135
- Efeito do sombreamento, do tamanho e peso de sementes na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e no seu crescimento inicial no campo - Agostinho Gomes da Fonseca, Renato Mauro Brandi, Francisco de Paula Neto e José Flávio Cândido ..... 145
- Enraizamento de estacas de *Eucalyptus saligna* Sm. e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden - José Aldo A. Ferreira, Arno Brune e Eduardo Euclides de Lima e Borges ..... 160
- Manutenção de aceiros em povoamentos florestais pelo uso de herbicidas - João Massayuki Miyasaki, Aloísio Rodrigues Pereira, José Francisco da Silva e Alair Lopes de Freitas ..... 172
- Crescimento de povoamento de *Pinus caribaea* nos sítios avaliados por características fisiográficas - R. D. Ayling ..... 182
- Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Pinus strobus* var. *chiapensis* e *Eucalyptus urophylla*, de origem híbrida - Rubens Chaves de Oliveira, Celso E. B. Foelkel e José Lívio Gomide ..... 195
- Eficiência da antraquinona na polpação alcalina de eucalipto - José Lívio Gomide e Rubens Chaves de Oliveira ..... 208
- Ocorrência de *Paecilomyces fumoso-roseus* (Wize) Brown & Smith em lagartas e pupas de *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lepidoptera: Riodinidae) - Francisco Alves Ferreira ..... 221



revista

SOCIEDADE  
DE INVESTIGAÇÕES  
FLORESTAIS

