

BRANQUEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DAS CELULOSES KRAFT A  
PARTIR DE COZIMENTOS CONJUNTOS DE MISTURAS DE CAVACOS DE  
*Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*

Busnardo, C.A. - CREA 3730-P  
Benfato, C.S.  
Gonzaga, J.V. - CREA 78358-D  
Foelkel, C.E.B. - CREA 33041-D

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul - Guaíba - Brasil



## 1. Introdução

Atualmente no Brasil, a utilização de madeiras de fibras curtas para a produção de celulose é uma realidade inquestionável. A indústria brasileira de celulose e papel apresentou na última década uma evolução enorme, colocando nosso País em posição de destaque no panorama mundial. A crescente demanda mundial por celulose de fibras curtas tem colaborado para que o gênero *Eucalyptus* passasse a se constituir numa das principais fontes de matéria-prima para esse fim. A madeira de *Eucalyptus sp* é caracterizada por apresentar características extremamente favoráveis, tanto do ponto de vista silvicultural como tecnológico, contribuindo dessa forma para uma maximização da utilização dos recursos empregados. No entanto, a elevação da demanda de matérias-primas, aliada às exigências de um mercado consumidor cada vez mais exigente, vem contribuindo acentuadamente para a realização de pesquisas objetivando o estudo de outras matérias-primas potenciais, as quais poderiam ser utilizadas como opções para a obtenção de produtos finais dentro das especificações exigidas.

No estado do Rio Grande do Sul, a madeira de *Acacia mearnsii* é responsável por uma participação significativa nos programas de reflorestamento, tendo em vista a diversidade de aplicações proporcionada pela sua madeira. Contrariamente ao esperado, a madeira de *Acacia mearnsii* é ainda pouco utilizada para a produção de celulose, e quando o é, ocorre em pequenas proporções, com nítida predominância da madeira de *Eucalyptus sp*. Estudos detalhados realizados por PETRIK et alii (1984) comprovaram a potencialidade tecnológica desta importante matéria-prima, através de cozimentos conjuntos com madeira de *Eucalyptus saligna*. Entretanto, as informações relativas à sua branqueabilidade e propriedades físico-mecânicas e óticas necessitam de maiores averiguações. De uma maneira geral, as polpas branqueadas representam hoje em dia um papel preponderante na sociedade moderna, tendo em vista as inúmeras utilizações a que se destinam. Além disso, dentro de um processo dinâmico de evolução, cozimentos conjuntos de madeiras, com posterior branqueamento podem atender solicitações específicas.

O presente estudo tem por objetivo a verificação da branqueabilidade e caracterização das propriedades de resistências físico-mecânicas e óticas, de polpas obtidas a partir de cozimentos de misturas de madeiras de

Trabalho apresentado no XVII Congresso Anual da ABCP - Semana do Papel, realizado em São Paulo - Brasil - de 19 a 23 de novembro de 1.984.

*Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*. Os tratamentos efetuados eram relativos a composições iniciais de madeira conforme segue: 100% *E. saligna*, 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna*, 50% *A. mearnsii*/50% *E. saligna*, 75% *A. mearnsii*/25% *E. saligna* e 100% *A. mearnsii*. As celuloses correspondentes foram branqueadas pela utilização da seqüência C<sub>D</sub> E<sub>H</sub> D H, objetivando atingir alvuras finais superiores a 90% ISO. Para tal, os estágios C<sub>D</sub> e E<sub>H</sub> tinham cargas variáveis de aplicação de produtos químicos, em função da qualidade das polpas não branqueadas. Os resultados dos branqueamentos e propriedades físico-mecânicas e óticas são também comparados, objetivando a verificação das características vantajosas de cada mistura na qualidade final.

## 2. Material

O material utilizado para a realização do presente estudo constituiu-se de polpas não branqueadas, obtidas a partir de composições variáveis de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*, com número kappa na faixa de 16 a 17,5, e deslignificadas pelo processo kraft de acordo com as condições relatadas por PETRIK et alii (1984).

## 3. Metodologia e resultados

### 3.1. Branqueamento das celuloses

As polpas relativas aos cozimentos efetuados foram branqueadas pela utilização da seqüência C<sub>D</sub> E<sub>H</sub> D H, seguida por lavagem com solução de SO<sub>2</sub>. As dosagens dos produtos químicos no estágio C<sub>D</sub> foram efetuadas em conformidade com as fórmulas propostas por FOELKEL et alii (1983), substituindo-se 30% do cloro ativo por dióxido de cloro, relação essa otimizada por MARENCO et alii (1982). Antes do início do branqueamento, para o estágio C<sub>D</sub>, as polpas tiveram o pH ajustado para 9,0 e a dosagem de NaOH no estágio E<sub>H</sub> foi estabelecida tendo em vista a obtenção de um valor de pH inicial de 11,2. O controle destes pH's era efetuado através da adição de uma solução de NaOH 5%. As condições utilizadas e os resultados médios obtidos para cada estágio estão sumarizados nos Quadros I a V. Nas Figuras 1 a 4 encontram-se respectivamente as representações gráficas para alvura, viscosidade intrínseca, número de cor posterior e solubilidade em solução de NaOH 5% para as polpas ensaiadas, antes e após branqueamento.

QUADRO 1 - Condições e resultados médios obtidos para os branqueamentos das polpas ensaiadas para o estágio  $C_D$

PARÂMETRO	COMPOSIÇÃO				
	100%S	25%A/75%S	50%A/50%S	75%A/25%S	100%A
% cloro ativo total aplicado, base polpa	2,66	2,55	2,60	2,74	2,80
-% $Cl_2$ como cloro ativo	1,86	1,78	1,82	1,92	1,96
-% $ClO_2$ como cloro ativo	0,80	0,77	0,78	0,82	0,84
% NaOH aplicado, base polpa (para correção do pH inicial)	0,109	0,117	0,100	0,100	0,100
Consistência, %	10	10	10	10	10
Tempo, min	5	5	5	5	5
Temperatura, °C	35	35	35	35	35
pH inicial	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
pH final	2,1	2,8	2,1	2,1	2,0
pH do licor residual	2,1	2,6	2,0	2,0	1,9
% $Cl_2$ consumido, base polpa					
- total	2,65	2,54	2,59	2,73	2,79
- $Cl_2$ como $Cl_2$	1,86	1,78	1,82	1,91	1,96
- $ClO_2$ como $Cl_2$	0,79	0,76	0,77	0,81	0,83
% $Cl_2$ consumido, base produto químico					
- total	99,56	99,56	99,63	99,59	99,58
- $Cl_2$ como $Cl_2$	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
- $ClO_2$ como $Cl_2$	98,75	98,70	98,72	98,78	98,81
Número kappa após $C_D$	4,51	5,15	5,45	5,50	5,53

QUADRO II - Condições e resultados médios obtidos para os branqueamentos das polpas ensaiadas para o estágio E<sub>II</sub>

PARÂMETRO	COMPOSIÇÃO				
	100%S	25%A/75%S	50%A/50%S	75%A/25%S	100%A
% cloro ativo aplicado, base polpa	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
% NaOH aplicado, base polpa	1,38	1,27	1,45	1,44	1,45
Consistência, %	10	10	10	10	10
Tempo, min	90	90	90	90	90
Temperatura, °C	60	60	60	60	60
pH inicial	11,3	11,1	11,2	11,2	11,2
pH final da polpa	10,9	10,4	10,8	10,8	10,7
pH final do licor residual	11,1	10,7	11,2	11,1	11,1
% NaOH consumido, base produto químico	68,84	77,95	69,66	71,53	73,10
% NaClO como Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
% NaOH global consumido, base polpa	0,95	0,99	1,01	1,03	1,06
% NaClO como Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

QUADRO III - Condições e valores médios obtidos para os branqueamentos das polpas ensaiadas para o estágio D

PARÂMETRO	COMPOSIÇÃO				
	100%S	25%A/75%S	50%A/50%S	75%A/25%S	100%A
% cloro ativo aplicado, base polpa	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
% NaOH aplicado, base polpa (para correção do pH inicial)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Consistência, %	10	10	10	10	10
Tempo, min	180	180	180	180	180
Temperatura, °C	70	70	70	70	70
pH inicial	6,5	6,9	6,3	6,2	6,3
pH final da polpa	4,1	3,8	4,0	4,0	4,1
pH do licor residual	4,2	3,9	4,0	4,1	4,2
% Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	2,20	2,19	2,21	2,20	2,18
% Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	97,78	97,33	98,22	97,78	96,89

QUADRO IV - Condições e valores médios obtidos para os branqueamentos das polpas ensaiadas para o estágio H

PARÂMETRO	COMPOSIÇÃO				
	100%S	25%A/75%S	50%A/50%S	75%A/25%S	100%A
% cloro ativo aplicado, base polpa	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
% NaOH aplicado, base polpa (para correção de pH)	0,21	0,22	0,23	0,21	0,21
Consistência, %	10	10	10	10	10
Tempo, min	30	30	30	30	30
Temperatura, °C	45	45	45	45	45
pH inicial	10,8	10,3	10,7	10,6	10,6
pH final da polpa	10,6	10,0	10,5	10,5	10,4
pH do licor residual	10,7	10,1	10,6	10,4	10,4
% Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	0,077	0,109	0,071	0,073	0,085
% Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	30,80	43,60	28,40	29,20	34,00

QUADRO V - Condições para o estágio de lavagem com solução de SO<sub>2</sub> e resultados médios finais para as polpas ensaiadas

PARÂMETRO	COMPOSIÇÃO				
	100%S	25%A/75%S	50%A/50%S	75%A/25%S	100%A
% SO <sub>2</sub> aplicado, base polpa	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Consistência, %	5	5	5	5	5
Tempo, min	15	15	15	15	15
Temperatura, °C	amb.	amb.	amb.	amb.	amb.
% Cl <sub>2</sub> total aplicado, base polpa	5,66	5,55	5,60	5,74	5,80
% Cl <sub>2</sub> consumido, base polpa	5,41	5,34	5,48	5,50	5,56
% Cl <sub>2</sub> consumido, base produto químico	95,58	96,22	97,86	95,82	95,86
% NaOH total aplicado, base polpa	1,98	1,90	2,07	2,04	2,05
Viscosidade intrínseca, cm <sup>3</sup> /g	899	924	952	1041	1061
Alvura, % ISO	90,3	90,0	89,0	89,2	89,4
Número de cor posterior	0,624	0,749	1,165	1,484	1,511
Solubilidade em solução de NaOH 5%, %	10,58	11,12	11,97	13,62	14,78

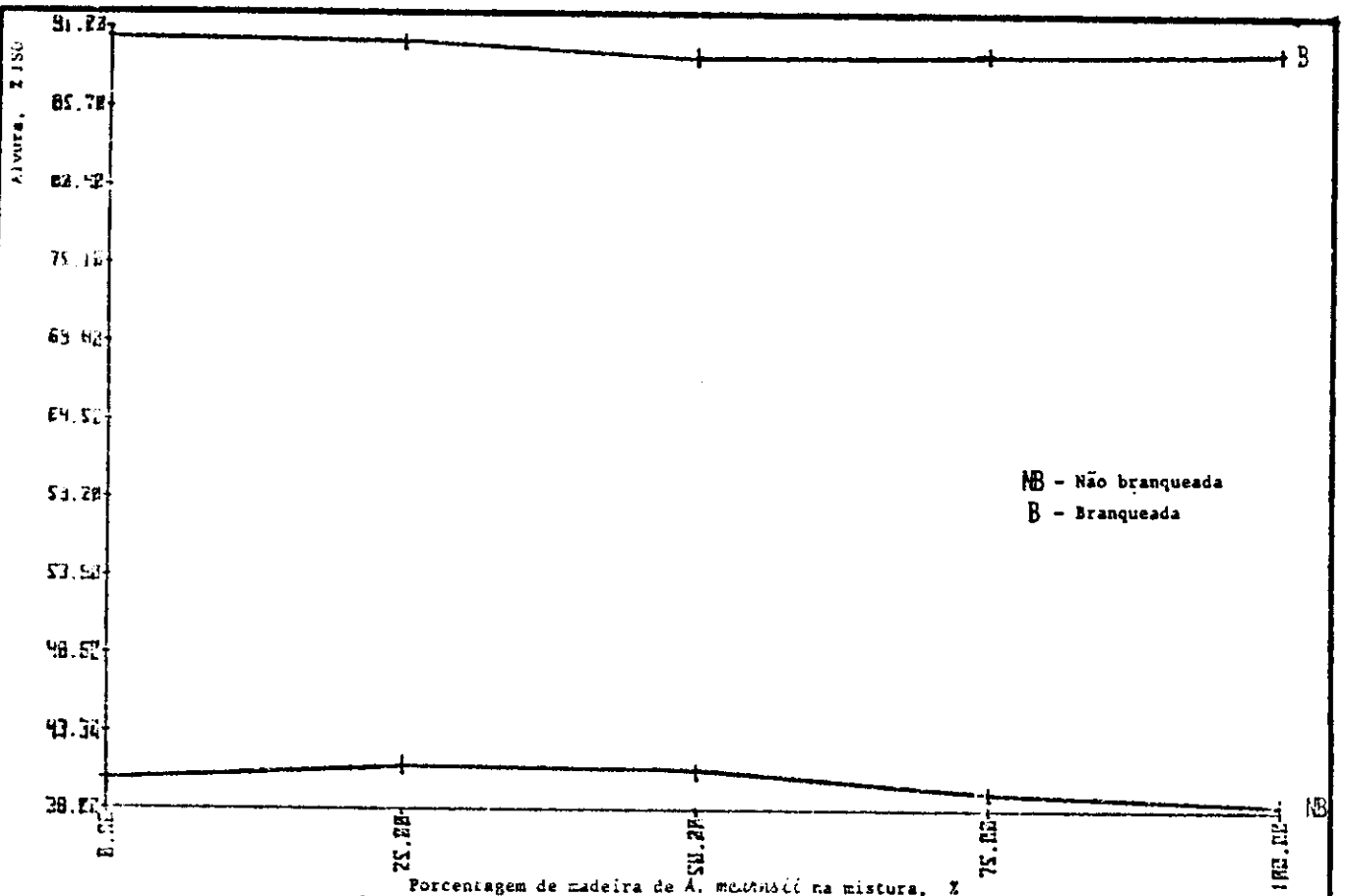


FIGURA 1 - Valores médios para alvura das polpas não branqueadas e branqueadas, na forma não refinada, em função da porcentagem de madeira de *Acacia mangium* na mistura

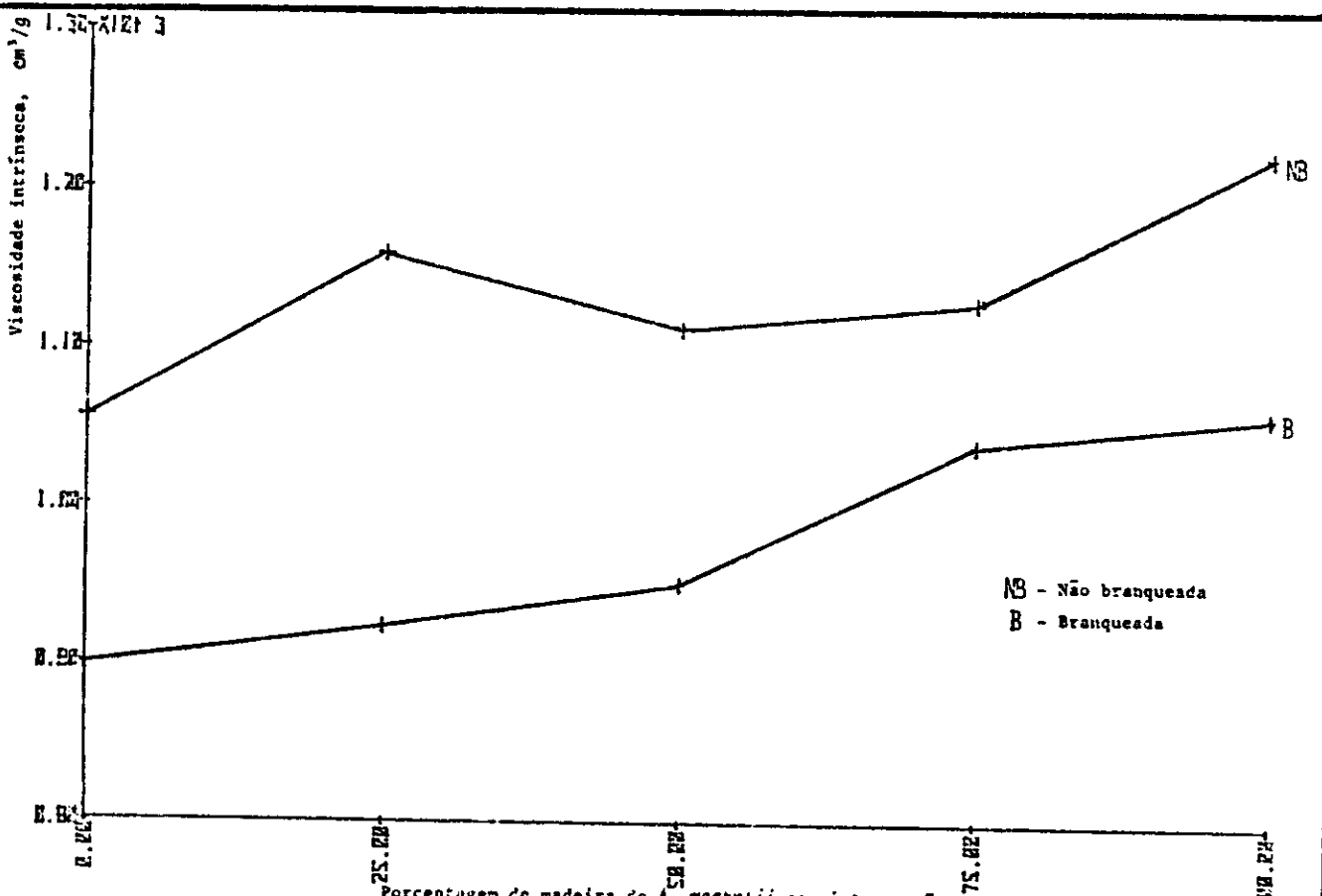


FIGURA 2 - Valores médios para viscosidade intrínseca para as polpas não branqueadas e branqueadas em função da porcentagem de madeira de *Acacia mangium* na mistura

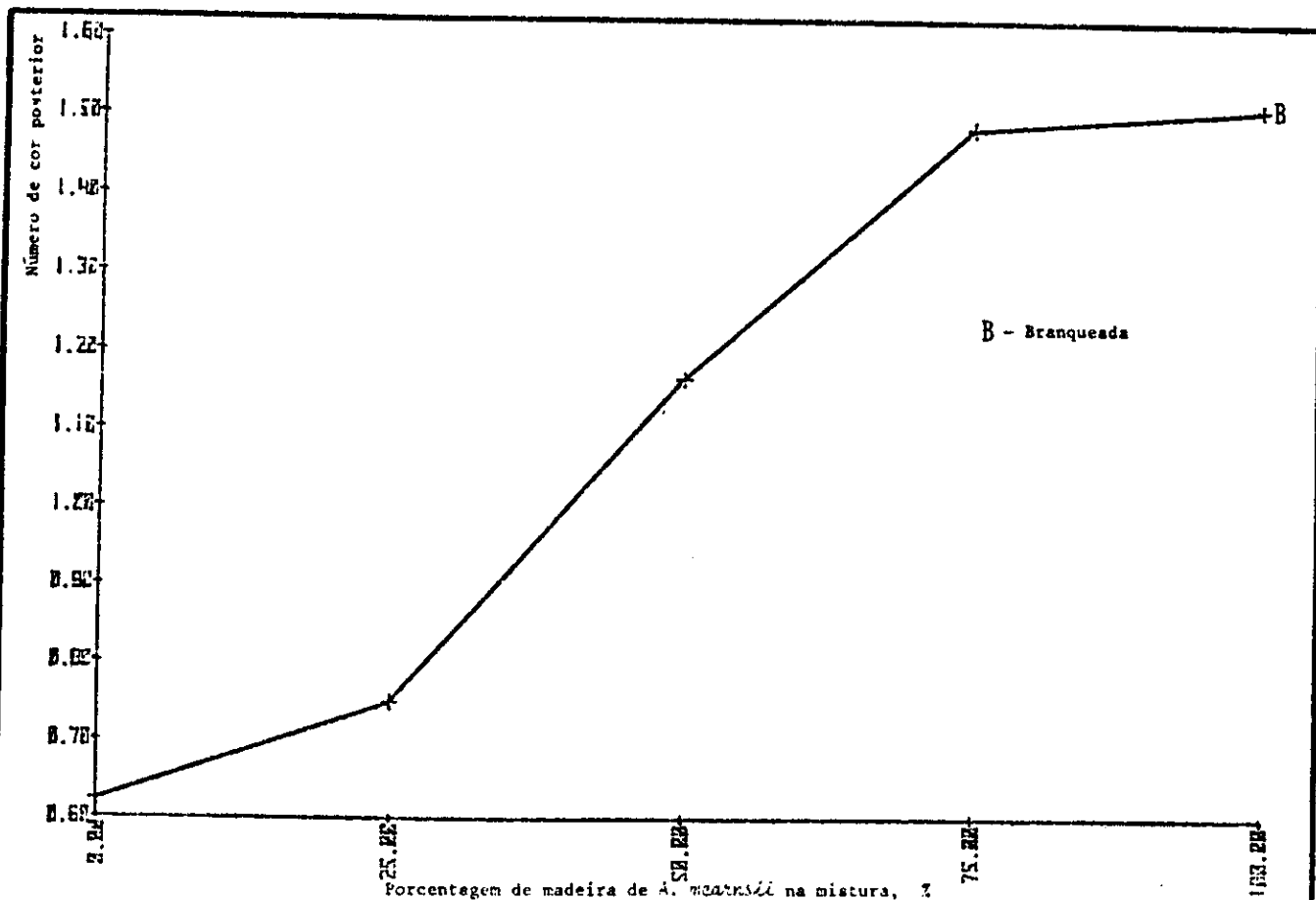


FIGURA 3 - Valores médios para número de cor posterior para as polpas branqueadas em função da porcentagem de madeira de *Acacia mangium* na mistura

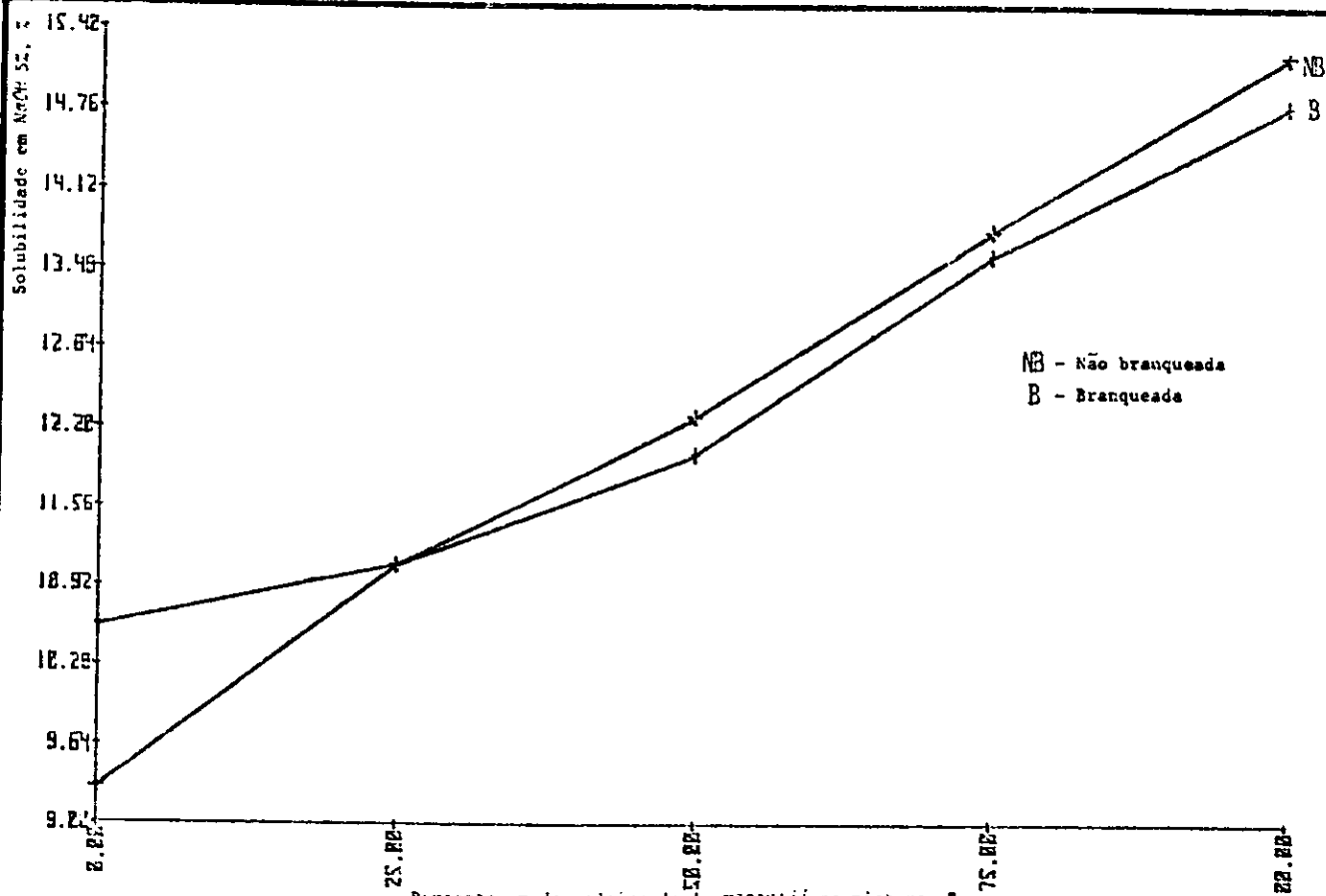


FIGURA 4 - Valores médios para solubilidade em NaOH 5% para as polpas não branqueadas e branqueadas em função da porcentagem de madeira de *Acacia mangium* na mistura

### 3.2. Ensaio físico-mecânico e ótico

As polpas branqueadas anteriormente relacionadas, foram refinadas em um moinho centrífugo Jokro-Mühle, 150 rpm, utilizando-se água deionizada e 16 g s.e. por panela, a uma consistência de 6%. O grau de refino foi avaliado através da determinação do grau Schopper-Riegler, em conformidade com a metodologia C-10 da ABCP, e os resultados dos refinamentos individuais foram graficamente interpolados para 25, 40 e 55°SR. As folhas para os ensaios físico-mecânicos e óticos, com gramatura aproximada de 60g/m<sup>2</sup>, foram formadas em aparelho formador tipo TAPPI, e acondicionadas em ambiente climatizado, nas condições de 50±2% de umidade relativa, e temperatura de 23±2°C. Os ensaios foram realizados conforme a metodologia TAPPI T 220 os 76. Os resultados médios das propriedades físico-mecânicas e óticas das polpas ensaiadas nos graus de refino pré-estabelecidos, encontram-se apresentados no Quadro VI. No Quadro VII está mostrada a variação percentual da elevação ou decréscimo das propriedades físico-mecânicas e óticas nos graus de refino estabelecidos, quando comparada à composição 100% *Eucalyptus saligna*. Objetivando uma visualização do desenvolvimento das propriedades de resistências físico-mecânicas e óticas nos graus de refino estabelecidos, optou-se pela marcação conjunta dos pontos relativos às composições ensaiadas, cujas respectivas representações gráficas estão apresentadas nas Figuras 5 a 14.

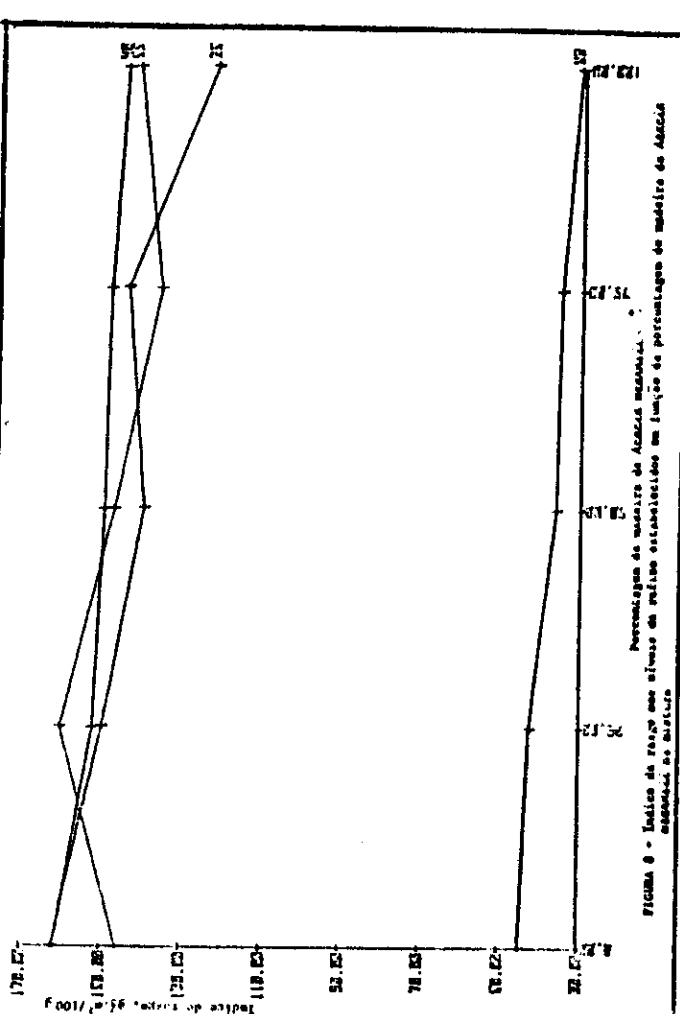
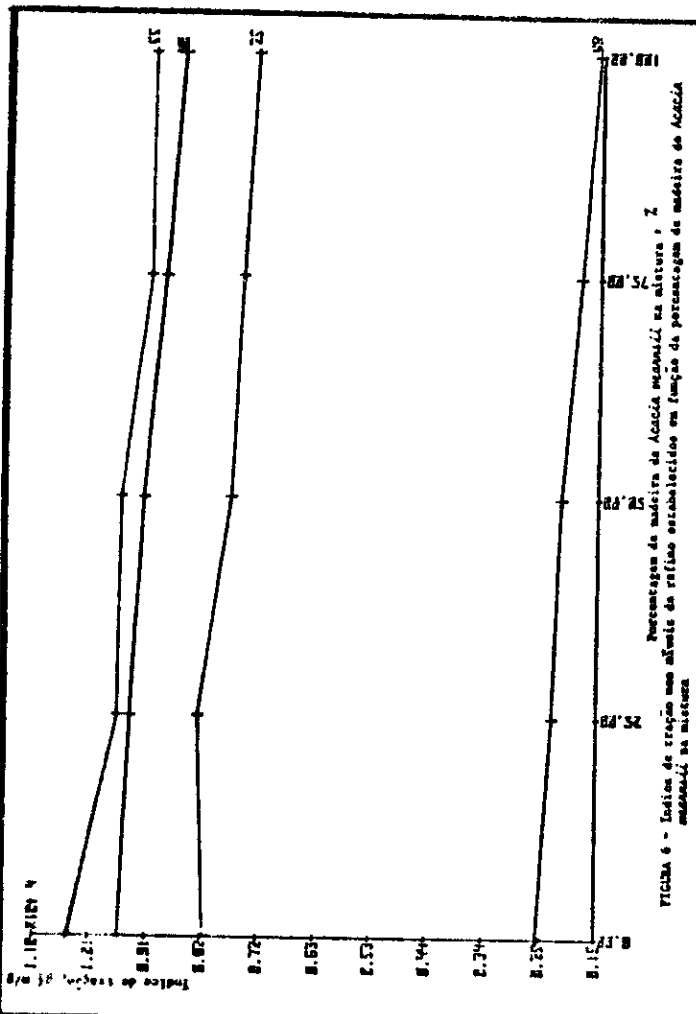
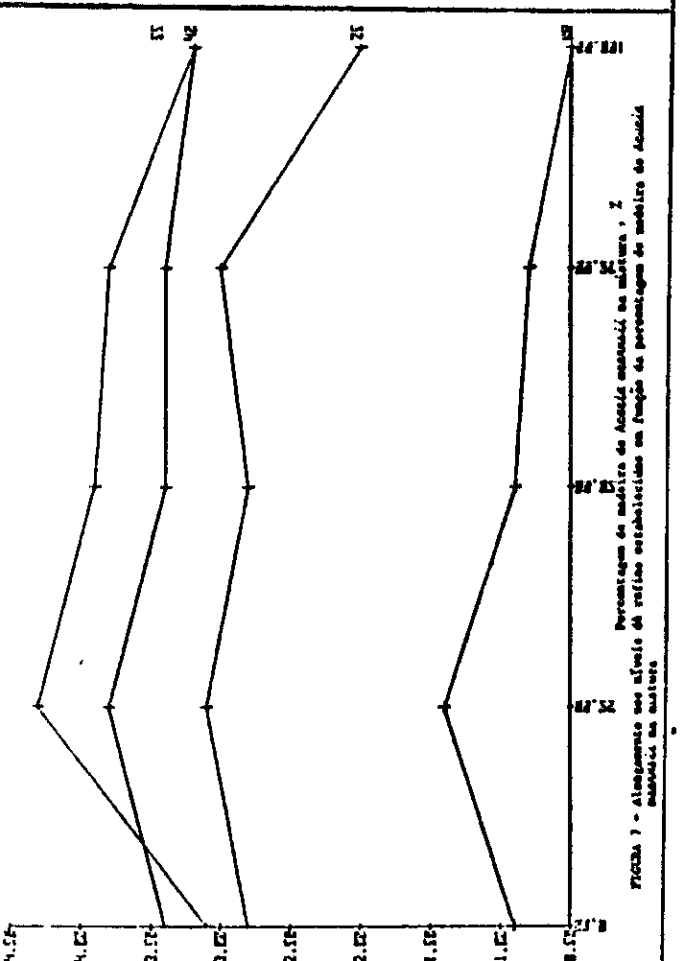
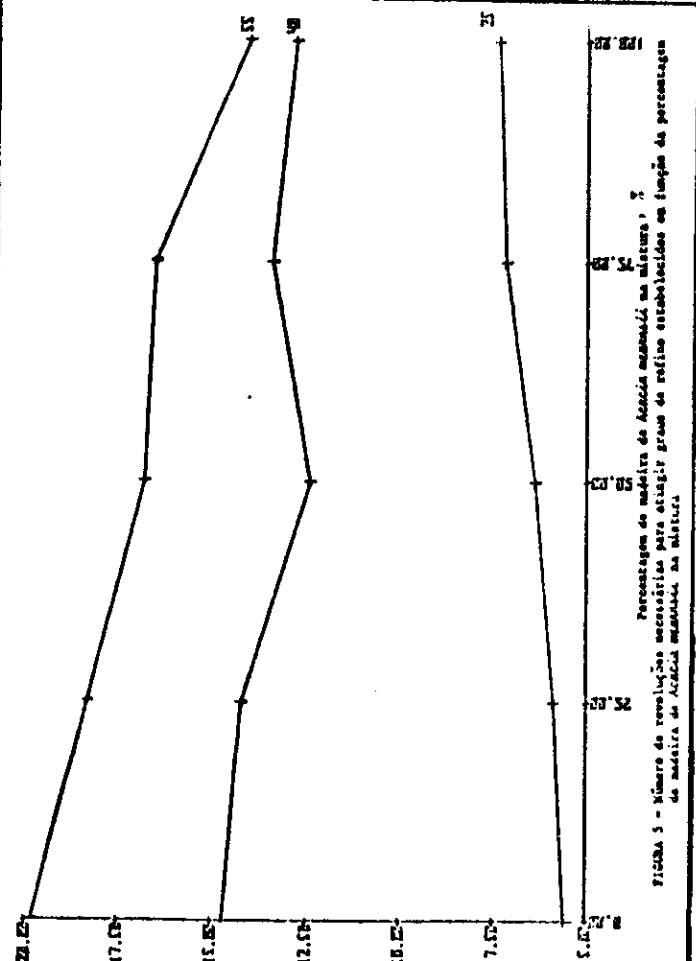


QUADRO VI - Valores médios para as propriedades de resistências físico-mecânicas e óticas para as polpas ensaiadas nos níveis estabelecidos

COMPOSIÇÃO	°SR	Número de revoluções, x 10 <sup>3</sup>	Índice de tração, g.f./m/g	Alongamento, %	Índice de rasgo, g.f.m <sup>2</sup> /100 g	Índice de estouro, g.f/cm <sup>2</sup> /g/m <sup>2</sup>	Volume específico aparente, cm <sup>3</sup> /g	Resistência ao ar, δ/100 cm <sup>3</sup>	Opacidade, %	Coefficiente de dispersão de luz, m <sup>2</sup> /kg	Alvura, % ISO
100% 25%A/75% 50%A/50% 75%A/25% 100%A	25	0 0 0 0 0	2491 2260 2132 1832 1566	0,9 1,4 0,9 0,8 0,5	44,6 42,4 36,2 35,2 30,9	15,4 15,0 4,7 5,8 10,6	2,50 2,64 2,56 2,58 2,70	0,3 0,3 0,3 0,2 0,2	80,8 80,1 80,4 80,0 79,9	51,4 49,8 49,1 48,6 48,7	89,4 88,6 88,4 88,6 88,2
100% 25%A/75% 50%A/50% 75%A/25% 100%A	25	5,6 5,9 6,4 7,2 7,4	8100 8225 7690 7532 7325	2,8 3,1 2,8 3,0 2,0	162,0 150,0 140,0 144,4 122,5	56,0 55,0 45,0 45,6 46,2	1,71 1,80 1,74 1,74 1,80	2,0 1,8 2,2 2,0 1,2	75,6 74,8 75,0 74,3 74,5	36,2 35,2 34,8 33,8 34,5	86,6 86,2 85,4 85,0 85,0
100% 25%A/75% 50%A/50% 75%A/25% 100%A	40	14,7 14,2 12,4 13,4 12,8	9539 9365 9175 8840 8554	3,4 3,8 3,4 3,4 3,2	161,8 152,5 150,0 146,8 145,0	67,8 65,5 60,8 58,8 60,2	1,60 1,62 1,62 1,61 1,62	6,5 8,4 8,0 10,1 8,5	74,8 74,4 74,8 75,0 74,1	34,1 33,8 33,5 33,0 33,2	85,7 85,2 84,1 83,5 83,6
100% 25%A/75% 50%A/50% 75%A/25% 100%A	55	19,8 18,3 16,8 16,5 14,0	10425 9590 9570 9100 9070	3,1 4,3 3,9 3,8 3,2	146,0 160,5 147,5 136,2 142,0	78,5 71,9 68,4 59,8 67,7	1,50 1,54 1,52 1,51 1,54	18,5 24,5 36,9 35,5 31,0	74,6 74,4 74,6 74,5 74,0	33,6 33,0 32,8 31,5 32,6	84,5 83,4 83,2 83,4 83,2

QUADRO VII - Variação percentual das propriedades físico-mecânicas e óticas para as polpas ensaiadas, em relação à posição 100% E. saligna

COMPOSIÇÃO	°SR	Número de revoluções, $\times 10^3$	Índice de tração, $gf./m/g$	Alongamento, %	Índice de rasgo, $gf.m^2/100g$	Índice de estouro, $gf/cm^2/q/m^2$	Volume aparente, $cm^3/g$	Resistência ao ar, $\delta/100cm^3$	Opacidade, %	Coefficiente de dispersão de luz, $m^2/kg$	Alvura, % ISO
100%S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%A/75%S	-3,45	0	-9,27	+55,56	-4,93	-2,60	+5,60	0,00	-0,87	-3,11	-0,89
50%A/50%S	-3,45	0	-14,41	0,00	-18,83	-69,48	+2,34	0,00	-0,50	-4,47	-1,12
75%A/25%S	-6,90	0	-26,46	-11,11	-21,08	-62,34	+3,20	-33,33	-0,99	-5,45	-0,89
100%A	-13,79	0	-37,13	-44,44	-30,72	-31,17	+8,00	-33,33	-1,11	-5,25	-1,34
100%S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%A/75%S	25	+5,36	+1,54	+10,71	-7,41	-3,57	+5,26	-10,00	-1,06	-2,76	-0,46
50%A/50%S		+14,29	-5,06	0,00	-13,58	-19,64	+1,75	+10,00	-0,79	-3,87	-1,39
75%A/25%S		+28,57	-7,01	+7,14	-10,86	-18,57	+1,75	0,00	-1,72	-6,63	-1,85
100%A		+32,14	-9,57	-28,57	-24,38	-13,93	+5,26	-40,00	-1,46	-4,70	-1,85
100%S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%A/75%S	40	-3,40	-1,82	+11,76	-5,75	-3,39	+1,25	+29,23	-0,53	-0,88	-0,58
50%A/50%S		-15,65	-3,82	0,00	-7,29	-10,32	+1,25	+23,08	0,00	-1,76	-1,87
75%A/25%S		-8,84	-7,33	0,00	-8,03	-13,27	+0,63	+55,38	+0,27	-3,23	-2,57
100%A		-12,93	-10,33	-5,88	-10,38	-11,21	+1,25	+30,77	-0,94	-2,64	-2,45
100%S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25%A/75%S	55	-7,58	-8,01	+38,71	+9,93	-8,41	+2,67	+32,43	-0,27	-1,79	-1,30
50%A/50%S		-15,15	-8,20	+25,81	+1,03	-12,87	+1,33	+99,46	0,00	-2,38	-1,53
75%A/25%S		-16,67	-12,71	+22,58	-6,71	-23,82	+1,00	+91,89	-0,13	-6,25	-1,30
100%A		-29,29	-13,00	+3,13	-2,74	-13,76	+2,67	+67,57	-0,81	-2,98	-1,53



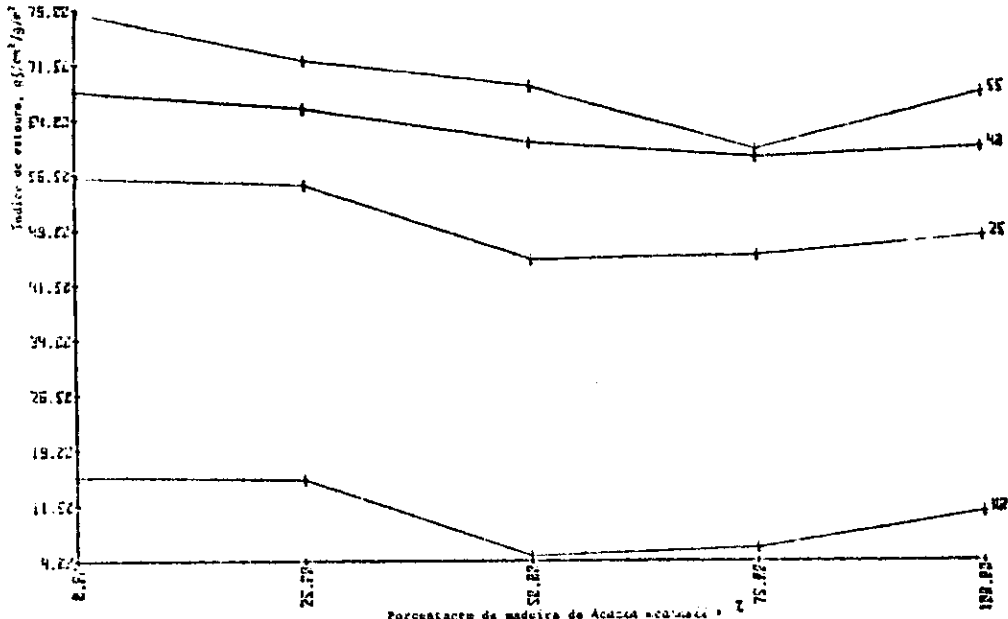


FIGURA 9 - Índice de estouro nos níveis de refino estabelecidos em função da porcentagem de madeira de Acacia mearnsii na mistura

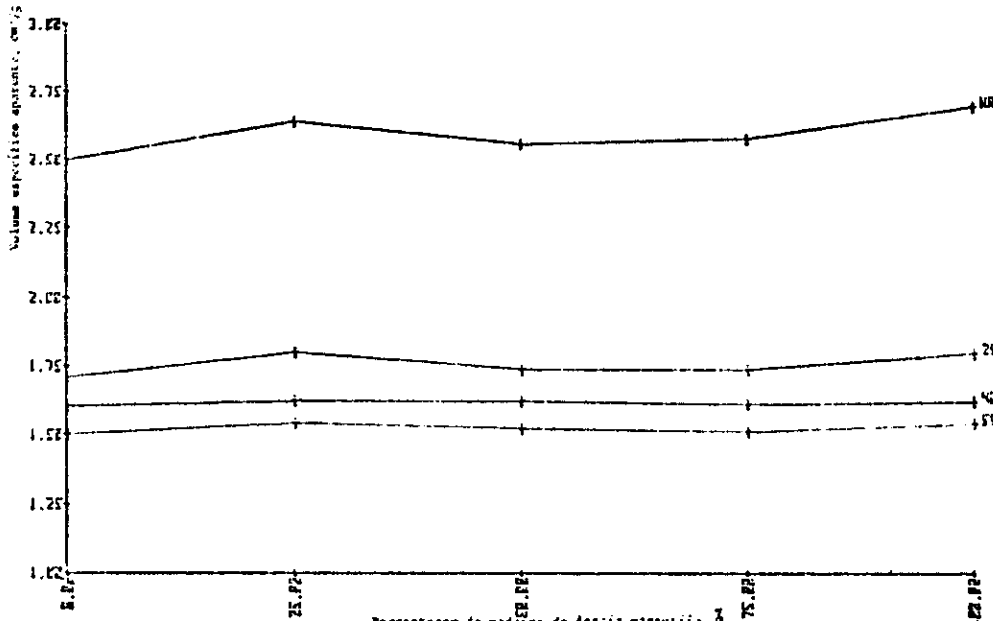
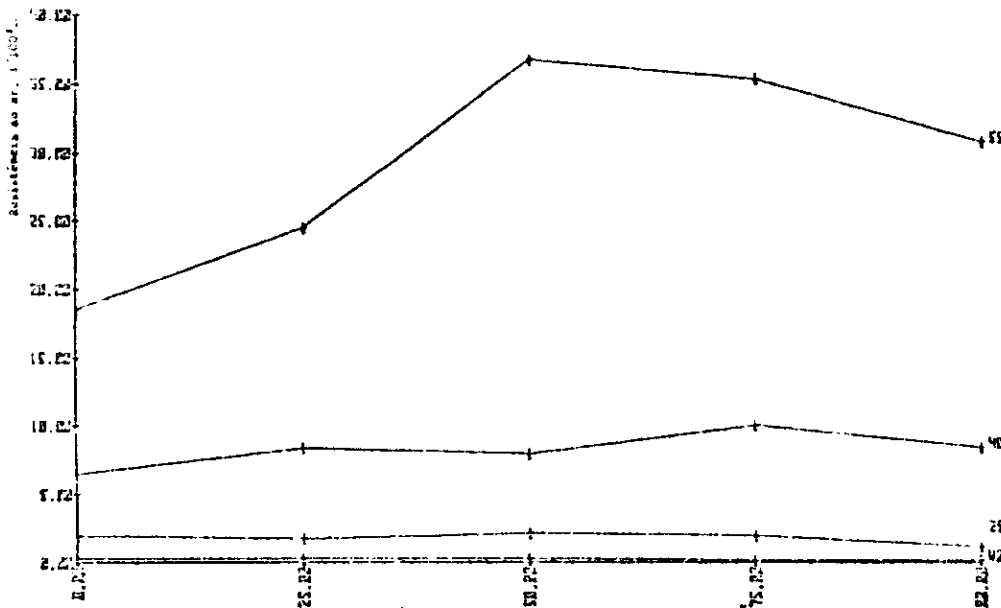


FIGURA 10 - Volume específico aparente nos níveis de refino estabelecidos em função da porcentagem de madeira de Acacia mearnsii na mistura



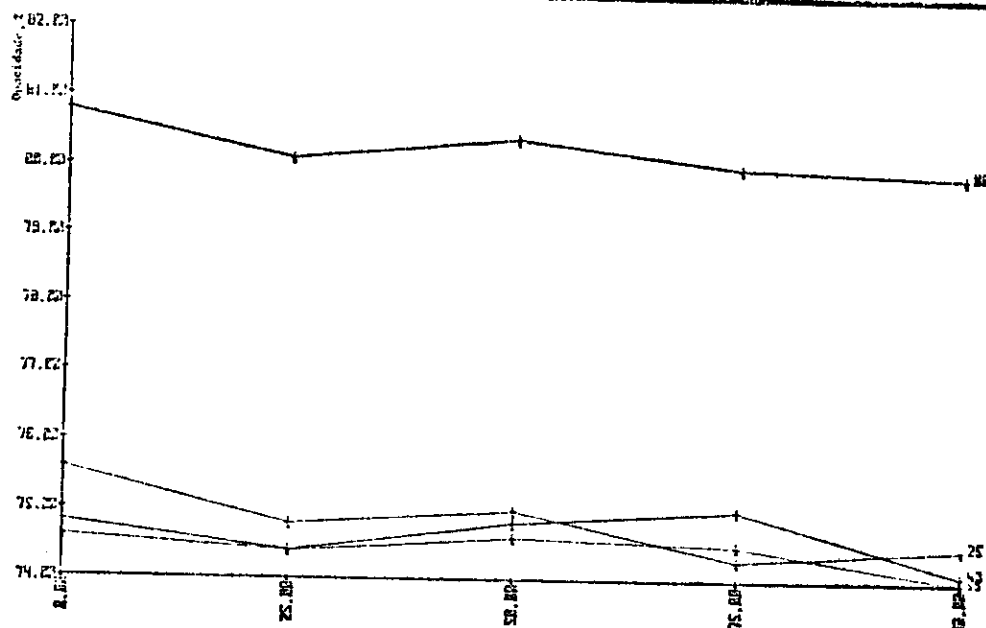


FIGURA 12 - Opacidade nos níveis de refino estabelecidos em função da percentagem de madeira de Acácia mangroveana na mistura

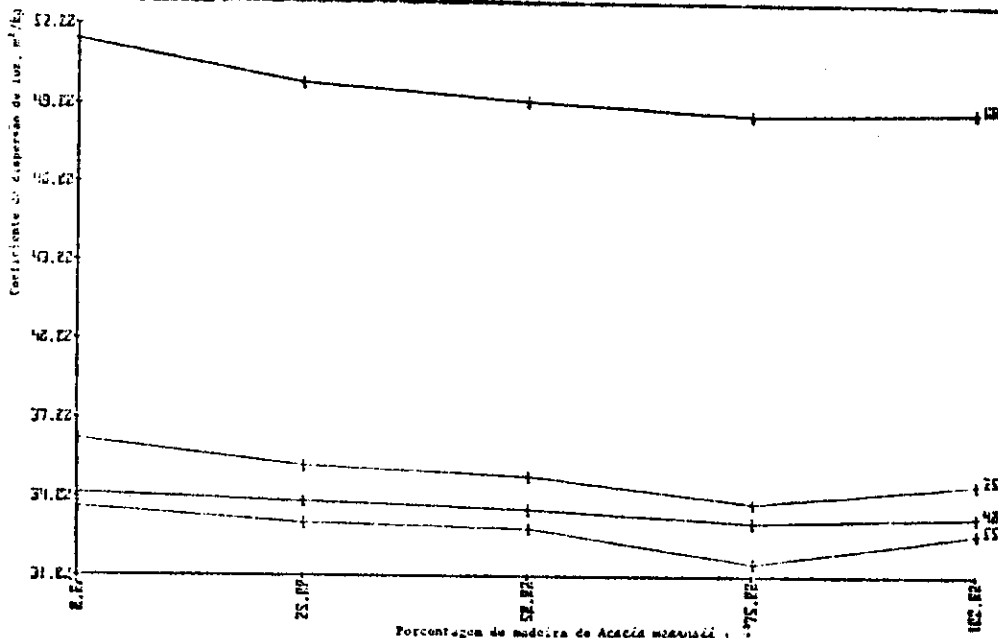
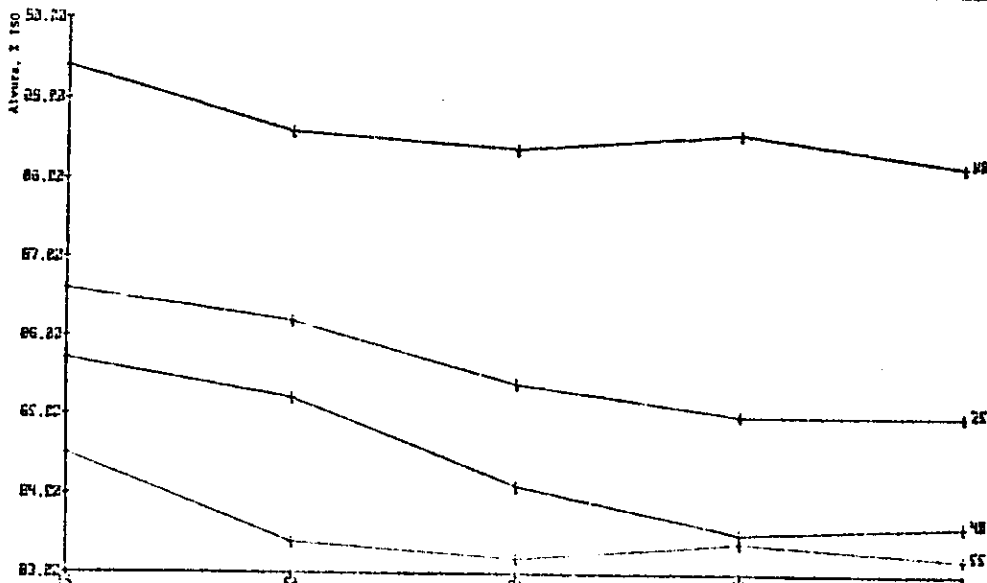


FIGURA 13 - Coeficiente de dispersão de luz nos níveis de refino estabelecidos em função da percentagem de madeira de Acácia mangroveana na mistura



#### 4. Discussão dos resultados

Os resultados apresentados no Quadro I e relativos aos valores médios obtidos para o estágio C<sub>D</sub>, indicam que ocorre uma elevação da porcentagem de cloro ativo total aplicado base polpa, a medida que a porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* na composição inicial de madeira é aumentada. Tal situação pode ser explicada pelos mais elevados valores de número kappa para as polpas quando na forma não branqueada. Em oposto ao esperado, o tratamento referente à composição 100% *Eucalyptus saligna* necessitou da aplicação de teores mais elevados de cloro ativo, quando comparado às composições 25% *E. saligna*/75% *A. mearnsii* e 50% *E. saligna*/50% *A. mearnsii*, situação essa atribuída à variabilidade natural do número kappa. Não foram constatadas diferenças para o teor de NaOH necessário para a elevação do pH inicial das polpas relativas às composições 50% *E. saligna*/50% *A. mearnsii*, 75% *A. mearnsii*/25% *E. saligna* e 100% *A. mearnsii*, sendo que a polpa referente à composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna* caracterizou-se por necessitar de cargas mais elevadas. Estas diferenças são perfeitamente atribuídas às variações naturais do pH quando da etapa de lavagem.

À exceção da composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna*, não foram constatadas diferenças significativas entre os valores de pH's finais das polpas e dos licores residuais. Todos os tratamentos efetuados se caracterizaram por apresentar consumo total do cloro ativo aplicado, não se observando diferenças significativas relativamente ao consumo de dióxido de cloro. Conforme o esperado, observou-se uma nítida elevação do número kappa das polpas após o estágio C<sub>D</sub>, quando da elevação da taxa relativa de madeira de *A. mearnsii* na mistura.

Para o estágio E<sub>II</sub>, a variabilidade observada entre os valores de pH's finais das polpas e licores residuais está relacionada diretamente à porcentagem de NaOH aplicada para elevação do pH. Consumos totais de NaClO, expresso como cloro ativo foram obtidos para todos os tratamentos efetuados, sendo que a composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna* apresentou consumos de NaOH mais elevados, fato esse comprovado pelos mais baixos valores de pH final da polpa e licor residual. No estágio D (dioxidação), todas as polpas ensaiadas apresentaram valores de pH's finais na faixa do esperado (3,5 a 4,2), sendo a composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna* caracterizada por menores valores de pH, embora com valores de pH inicial mais elevados. Para esse particular estágio, independentemente da composição, todos os tratamentos necessitaram idênticas taxas de aplicação de NaOH para correção e manutenção dos valores de pH dentro da faixa estipulada. Os consumos de dióxido de cloro, embora relativamente elevados, não apresentaram diferenças acentuadas entre os tratamentos.

Para o estágio final de hipocloração, consumos de hipoclorito de sódio bastante baixos foram observados. Possivelmente a combinação de taxas mais elevadas para o binômio tempo-temperatura poderia contribuir de uma maneira significativa para a obtenção de valores de alvura final mais elevados, com preservação da viscosidade através de um adequado controle de pH no final do estágio. A polpa referente à composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna* apresentou valores de consumos mais elevados, acarretando em consequência menores valores para pH final da polpa e licor residual.

Os dados apresentados no Quadro V, relativos aos valores médios finais para a polpa branqueada, permitem observar que a elevação da proporção relativa de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura está relacionada diretamente com a porcentagem de aplicação de cloro ativo. Embora necessitem do de dosagens de cloro ativo mais elevadas, os tratamentos relativos à utilização de madeira de *Acacia mearnsii* apresentaram elevados consumos de reagentes, mas as diferenças não foram significativas quando comparadas à utilização integral de madeira de *Eucalyptus saligna*. Relativamente às dosagens de NaOH, a elevação da proporção relativa de madeira de *Acacia mearnsii*

*sii* na mistura acarreta a necessidade de utilização de porcentagens mais e levadas, objetivando a manutenção dos valores de pH dentro das faixas estipuladas. Elevados valores para viscosidade intrínseca foram obtidos para as polpas branqueadas, mais notadamente onde o teor relativo de madeira de *Acacia mearnsii* era maior, fato esse perfeitamente atribuído aos correspondentes valores de viscosidade das polpas quando na forma não branqueada.

A utilização da particular seqüência de branqueamento conduziu a elevados valores de alvura final para a composição integral de madeira de *Eucalyptus saligna*, mas razoáveis valores para os tratamentos que apresentavam madeira de *Acacia mearnsii* na sua composição, indicando ser a polpa de madeira de acácia de mais difícil branqueabilidade. Possivelmente, a redução da alvura possa ser explicada como devida a modificações estruturais da lignina residual da madeira de *Acacia mearnsii*, a qual assumindo uma forma mais condensada, apresentaria um menor grupo de terminais reativos, acarretando em conseqüência, dificuldades adicionais para as reações de oxidação e solubilização. Elevações significativas do número de cor posterior são observadas quando da elevação da proporção de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura, em concordância com estudos anteriores realizados por GONZAGA et alii (1983). A alta instabilidade de alvura, evidenciada pelos elevados valores de número de cor posterior, torna desaconselhável para a confecção de papéis brancos mais nobres, a utilização de polpas contendo alta proporção de fibras de madeira de acácia na sua composição. Conforme o esperado, a solubilidade em solução de NaOH 5% a frio é significativamente afetada pela elevação da proporção relativa de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura. Comportamento similar foi observado para as polpas quando na forma não branqueada, conforme relatado por PETRIK et alii (1984), perfeitamente explicado pelo teor mais elevado de pentosanas apresentado pela espécie. Hannah et alii (1977), citado por MARTINS et alii (1983), trabalhando com três espécies de *Eucalyptus* de rápido crescimento, e duas espécies de *Acacia*, todas polpeadas pelo processo kraft e branqueadas pela seqüência D<sub>0</sub> E H D, concluíram que tanto as espécies de *Acacia* como as de *Eucalyptus* seriam adequadas para a produção de polpas para uso na maioria dos papéis finos encontrados no mercado.

A análise dos Quadros VI e VII mostra que de uma maneira geral, a semelhança do observado para as polpas não branqueadas, as propriedades de resistências físico-mecânicas que dependem mais especificamente das ligações inter-fibras são diminuídas com a elevação da porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura. Os menores valores observados para grau Schopper-Riegler para as polpas na forma não refinada, indicam que as polpas de madeira de *Acacia mearnsii* são de mais fácil drenabilidade quando comparadas às correspondentes de *Eucalyptus saligna*. A energia necessária para atingir o nível de refino correspondente a 25°SR está relacionada diretamente com a proporção de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura, não se observando os possíveis efeitos benéficos de maior plasticidade das fibras devido ao maior teor de hemiceluloses apresentado pela espécie. Entretanto, para os níveis 40 e 55°SR, observa-se um nítido decréscimo da correspondente energia de refinação, quando da elevação da porcentagem de madeira de acácia na mistura. A possível explicação para estas alterações pode estar associada às modificações estruturais das hemiceluloses remanescentes após o processo de branqueamento, bem como a sua distribuição. Em conformidade com MILANEZ et alii (1982), as hemiceluloses de madeiras de folhosas parecem estar mais presentes nas paredes externas das fibras.

A resistência à tração para todos os níveis de refino foi afetada negativamente pela elevação da porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura, sendo as pequenas discrepâncias observadas, atribuídas à variabilidade natural. A não obtenção de elevados valores para a resistência à tração para as polpas de *Acacia mearnsii* pode ser atribuída à natureza química diferenciada das hemiceluloses, associada às próprias caracterís-

ticas individuais das fibras. As hemiceluloses remanescentes deveriam auxiliar nas ligações inter-fibras, não somente por estarem presentes nas suas superfícies, acarretando em consequência maior disponibilidade de ligações por pontes de hidrogênio, mas também pela diminuição da rigidez das fibras ocasionada pela entrada de água preferencialmente pelas regiões amorfas. Isso não ocorreu. Para o alongamento, a polpa correspondente à composição 25% *A. mearnsii*/75% *E. saligna* caracterizou-se por apresentar um ponto de máximo para todos os níveis de refino analisados. Os valores obtidos para as polpas na forma não refinada e nos níveis correspondentes a 25 e 40°SR situam-se dentro do esperado, tendo em vista os menores valores de espessura da parede celular da madeira de *Acacia mearnsii*.

A polpa referente à utilização integral de madeira de *Eucalyptus saligna*, para todos os níveis de refino ensaiados, apresentou valores mais elevados para a resistência ao rasgo, perfeitamente explicados pela maior resistência intrínseca e melhor capacidade de ligação das fibras individuais. Cumpre observar que o desenvolvimento das propriedades de resistência para esse parâmetro foi muito significativa, tendo em vista os valores observados já ao nível 25°SR. Estes valores, por sua vez, são bastante superiores aos relatados por GONZAGA *et alii* (1983), quando da utilização da seqüência de branqueamento  $C_D E_{1H} D_1 E_2 D_2$ , o que pode direcionar a utilização destas polpas para papéis que necessitem de resistência ao rasgo. Relativamente ao volume específico aparente, para as polpas na forma não refinada, a elevação da porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura está relacionada diretamente com a obtenção de valores mais elevados. Em termos industriais, esta elevação é de significativa importância, tanto do ponto de vista econômico, como de qualidade. Economicamente falando, polpas de maior volume específico permitem que para uma determinada espessura de folha de papel, a gramatura possa ser diminuída. Os aspectos favoráveis do ponto de vista qualitativo dizem respeito às estreitas correlações positivas existentes entre o volume específico aparente e propriedades como absorção, porosidade e opacidade das folhas (FOELKEL *et alii*, 1982). Os mais elevados valores para volume específico aparente para as polpas de *Acacia mearnsii* podem ser atribuídos ao menor teor de hemiceluloses da espécie, associado a maior rigidez das fibras da espécie. Infelizmente, as características de alto volume específico são perdidas durante o refino, já ao nível 25°SR, o que leva a concluir que a diminuição do volume específico por ação de achatamento das fibras e vasos se processa de uma maneira mais intensa que a correspondente verificada para as fibras de *Eucalyptus saligna*. Para a confecção de papéis especiais, a mistura de polpas de *Acacia mearnsii* não refinadas com polpas de *Eucalyptus saligna* refinadas poderia contribuir para a obtenção de propriedades desejáveis.

As polpas de *Acacia mearnsii* quando na forma não refinada conduzem à formação de folhas mais porosas. A elevação dos valores para resistência ao ar são perfeitamente compreensíveis, pois durante o refino, concomitantemente a uma diminuição do volume específico, ocorre uma maior formação de finos ocasionada pelo teor mais elevado de hemiceluloses da espécie. As polpas de *Eucalyptus saligna* se caracterizaram por apresentar valores para coeficiente de dispersão de luz mais elevados em todos os níveis de refino, em concordância com os dados apresentados por GONZAGA *et alii* (1983). Conforme o esperado, situação análoga foi verificada para a alvura das polpas, não obstante o fato das polpas de *Acacia mearnsii* necessitarem de dosagens de cloro ativo total mais elevadas.

## 5. Conclusões

Os estudos realizados permitiram observar que:

- A possibilidade de realização de branqueamentos de polpas obtidas a partir de cozimentos conjuntos de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *A*



*Acacia mearnsii* é plenamente viável.

- A seqüência C<sub>D</sub> E<sub>II</sub> D H conduz a elevados valores de alvura final para a composição 100% *E. saligna*, mas a razoáveis valores para as composições de *Acacia mearnsii*,

- A elevação da proporção relativa da madeira de *Acacia mearnsii* está relacionada diretamente com a porcentagem de aplicação de produtos químicos no branqueamento. Embora as diferenças não sejam apreciáveis, representam desvantagem econômica para a *Acacia mearnsii*,

- Porcentagens de madeira de *Acacia mearnsii* mais elevadas estão associadas diretamente a valores mais elevados de viscosidade intrínseca,

- Elevações significativas do número de cor posterior são obtidas quando da elevação da proporção relativa de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura, tornando desaconselhável a sua utilização isolada para papéis onde alta estabilidade de alvura seja necessária (p.e., papel fotográfico, papel decorativo, etc),

- A solubilidade das polpas branqueadas em soluções de NaOH 5% a frio é significativamente influenciada pela composição original da madeira,

- De uma maneira geral, as propriedades de resistências físico-mecânicas são diminuídas ao longo dos níveis de refino, a medida que a proporção relativa de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura é elevada,

- Na forma não refinada, as polpas de *Acacia mearnsii* são de mais fácil drenabilidade quando comparadas às correspondentes de *Eucalyptus saligna*,

- A polpa referente à composição 100% *E. saligna* caracterizou-se por apresentar elevados valores para resistência ao rasgo em todos os níveis de refino, com significativos incrementos já ao nível correspondente a 25°SR,

- Para as polpas na forma não refinada, a elevação da porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* acarreta significativas elevações no volume específico aparente, mas estes ganhos são perdidos já ao nível 25°SR, o que indica diminuições diferenciadas para as polpas de *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus saligna*,

- As polpas de *Acacia mearnsii* na forma não refinada e 25°SR conduzem à formação de folhas mais porosas, apresentando comportamento inverso para os níveis 40 e 55°SR,

- Menores valores para opacidade, coeficiente de dispersão de luz e alvura em todos os níveis de refino são observados quando da elevação da porcentagem de madeira de *Acacia mearnsii* na mistura original.

Como conclusão geral, pode-se afirmar que, respeitadas as diferenças existentes entre as matérias-primas *E. saligna* e *A. mearnsii*, essa última mostra-se como excelente complemento à fabricação de celulose kraft de fibra curta em nosso país, onde domina o uso de espécies de eucalipto. Ressalte-se que a comparação da acácia foi feita com uma das melhores espécies de eucalipto para celulose que é o *E. saligna*.

## 6. Literatura citada

FOELKEL, C.E.B. & VESZ, J.B.V. Volume específico aparente na polpa Rio cell branqueada como uma função da viscosidade, S<sub>5</sub> e °SR. Guaíba, Rio cell, 1982. n.pag. (Relatório técnico DIQUA, 070. Circulação interna).

- FOELKEL, C.E.B., CABRERA, A.C.A. & VESZ, J.B.V. Novas fórmulas para do sagens de cloro ativo e soda cáustica nos estágios C&E, do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. O Papel, São Paulo, 44:43-47, jul. 1983.
- GONZAGA, J.V., BUSNARDO, C.A. & BENFATTO, C.S. Estudo comparativo da branqueabilidade e propriedades físico-mecânicas e óticas de polpas kraft obtidas de cavacos industriais de madeiras de acácia sadia, acácia fungada, *E. saligna* e *E. tereticornis*. Guaíba, Riocell, 1983. n.pag. (Relatório técnico SPQ, 091. Circulação interna).
- MARENGO, J.V., FOELKEL, C.E.B., BUTTURE, N.S. & SACON, V.M. Cloração/dioxidação como estágio inicial do branqueamento de polpa kraft de eucalipto: um estudo de otimização. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 15., São Paulo, 1982, Trabalhos técnicos ..., São Paulo, ABCP, 1982. p. 263-277.
- MARTINS, M.A.L., FOELKEL, C.E.B., GOMIDE, J.L. & VITAL, B.R. Estudo tecnológico da polpação kraft de *Acacia mearnsii* De Wild. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 16./CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 3., São Paulo. Trabalhos técnicos ..., São Paulo, ABCP, 1983. p.
- MILANEZ, A.F., BARTH, P.P.O., PINHO, N.C. & VESZ, J.B.V. Influência das hemiceluloses nas propriedades óticas e físico-mecânicas da polpa. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 15., São Paulo, 1982. Trabalhos técnicos..., São Paulo, ABCP, 1982. p. 155-170.
- PETRIK, A.W., BUSNARDO, C.A., GONZAGA, J.V. & MILANEZ, A.F. Produção de celulose kraft a partir de misturas de madeiras de *Eucalyptus saligna* e *Acacia mearnsii*. Guaíba, RIOCELL, 1984. (A ser apresentado no XVII CONGRESSO ANUAL DA ABCP).